

- Redes móviles
 - Evolución histórica del mercado
 - Liberalización del mercado
 - Operadores Móviles Virtuales (OMV)
- Generaciones de redes móviles
 - ¿Qué es una generación?
 - ¿Qué implica un cambio de generación?
 - Estado actual
- Red móvil 1G
 - Antenas de Telefonía Móvil
 - Red celular
 - Handover (cambio de celda)
 - Red de antenas
 - Comunicación inalámbrica
 - Frecuencias y espectro electromagnético
 - Bandas de frecuencia para móviles
 - Gestión del espectro
 - Bandas de frecuencia y operadores
- Red móvil 2G – Principios de los 90
 - Contratos
 - Evolución de los datos en 2G
 - Tarjeta SIM
 - Formatos físicos
 - eSIM (Embedded SIM)
 - Dual SIM
 - Identificadores en la red
 - Proceso de autenticación en GSM
 - Roaming
 - ¿Qué es el roaming?
- Red móvil 3G (desde 2004)
 - ¿Qué trajo de nuevo?
 - ¿Qué hizo posible la 3G?
 - Relación con otras generaciones
- Red móvil 4G (desde 2010)
 - ¿Qué trajo de nuevo?
 - ¿Qué hizo posible la 4G?
 - Relación con generaciones anteriores
- Red móvil 5G (desde ~2020)
 - ¿Qué trajo de nuevo?
 - ¿Qué hizo posible la 5G?
 - Relación con generaciones anteriores

Redes móviles


Evolución histórica del mercado

1986: Entrada de España en la UE

- UE: Organización supranacional
- Países ceden parte de soberanía. Comparten reglas comunes.
- Evitar conflictos entre estados (interdependencia económica). Proceso de privatización (Felipe González y José María Aznar)
- España tenía empresas públicas
- Sectores estratégicos: transporte, energía y telecomunicaciones
- Normas de la UE: No se permiten grandes empresas públicas deficitarias.
- Obligación: España privatizó empresas para evitar distorsiones en el mercado.
- Empresas públicas: Algunas se mantuvieron bajo control estatal, pero con limitaciones.
- Capital extranjero: La entrada de inversores en empresas como Telefónica y Seat fue posible gracias a negociaciones con otros países.

Liberalización del mercado

Telefónica: Posición monopolística (1924-1990)

- Telefónica dominaba el mercado de telecomunicaciones en España.
- Privatización de Telefónica (1995-1997)
- 1994: Liberalización mercado telecomunicaciones.
- Desarrollo de la red digital GSM.
- Nuevas licencias a través de concursos. Cambio de marcas y operadores
- Telefónica se convierte en Movistar.
- Airtel pasa a ser Vodafone (1995).
-  Retevisión > Amena > Orange (1998).
- En 2006: Nacen los operadores móviles virtuales.

Proveedores de servicio Objetivo de la liberalización

- Aumentar la competencia en el sector.
- Mejorar servicios para los consumidores.
- Comisión Europea impulsó la liberalización del mercado.
- CNMC y otras entidades facilitaron la entrada de Operadores Móviles Virtuales (OMV).

Operadores Móviles Virtuales (OMV)

- No tienen red propia
- Usan redes de Movistar, Vodafone, Orange y Yoigo.
- Pagan por usar sus redes
- Ofrecen servicios con su propia marca.

Nichos de mercado de los OMV:

- Tarifas prepago para usuarios que prefieren pagar por adelantado.
- Servicios para inmigrantes con planes específicos.
- Planes de bajo coste con precios más competitivos
- Servicios a medida e innovadores.
- Atracción de diversos segmentos de la población.

- Impacto en el mercado
- Mayor competencia en el mercado de telecomunicaciones.
- Diversidad de opciones para los consumidores.

Generaciones de redes móviles

¿Qué es una generación?

- Cada **generación** representa un conjunto de tecnologías móviles con mejoras importantes respecto a la anterior.
- Se identifican con números: **1G, 2G, 3G, 4G, 5G**.
- Cada salto generacional supone:
 - Más velocidad de transmisión.
 - Nuevas funcionalidades.
 - Mejor calidad de servicio.

¿Qué implica un cambio de generación?

- Las **antenas** y estaciones base deben **actualizarse** para soportar las nuevas tecnologías.
- Los **móviles** también deben ser **compatibles** para poder aprovechar la nueva red.
- Por eso, no todos los móviles pueden usar redes 5G, por ejemplo.

Estado actual

- Hoy en día, la **5G** ya está desplegada en muchas ciudades.
- Aún convive con 4G, 3G e incluso algunas zonas con 2G.
- Las generaciones anteriores **no desaparecen de golpe**, sino que se van retirando poco a poco.

Red móvil 1G



Transmisión analógica

- Utilizaban señales analógicas para transmitir voz.
- Comunicaciones por modulación de frecuencia (FM) (radio).
- Susceptibles a interferencias, ruido y escuchas no autorizadas.



Baja eficiencia energética

- Baterías de níquel-cadmio (NiCd), con poca autonomía y pesadas.
- Algunos modelos (como el Ericsson "Hotline") eran grandes y se llevaban como maletines.

Funcionamiento básico

- **Conexión inicial:** Al encender el teléfono, se conectaba a la antena más cercana.
- **Central conmutadora (MSC):** La antena se comunicaba con la central conmutadora.
- **Llamada:** Al hacer una llamada, esta se dirigía desde el teléfono a la torre, y de ahí por línea terrestre a la red telefónica fija.

- **Solo voz:** No había datos ni SMS (eso llegó con 2G).

Antenas de Telefonía Móvil

- **Ubicación en ciudades:** Se colocan en edificios altos.
- **Cobertura:** Cada antena cubre un área determinada.
- El teléfono se conecta a la antena más cercana mientras se mueve.
- Las antenas están conectadas entre sí y a Internet, lo que permite enviar información a través de la red de la operadora.

Red celular

- La cobertura se divide en **celdas** con forma hexagonal.
- Cada celda tiene una **antena propia** (estación base).
- **Celdas:** Zonas geográficas pequeñas con una antena base (torre) que daba cobertura.
- Al moverse de una celda a otra, se realizaba el "handover" (transferencia) para mantener la llamada.
- Cada antena emite en **frecuencias distintas** para evitar interferencias.

Handover (cambio de celda)

- Cuando el usuario se mueve, el móvil **pierde señal** de una celda y **gana señal** de otra.
- El sistema cambia automáticamente la conexión a la nueva antena: esto se llama "handover".
- En 1G, este proceso era **lento y con posibles cortes**, ya que no había buena gestión digital.

Red de antenas

- Las **antenas** emiten ondas electromagnéticas en una **banda de frecuencia concreta**.
- Estas ondas se **propagan por el aire**, pero pierden potencia con la distancia y los obstáculos.
- Se colocan antenas en lugares altos (tejadados, torres) y en función de la **densidad de población**.

Comunicación inalámbrica

- El móvil recibe la señal con su **antena interna**.
- Detecta solo las ondas de la frecuencia que le interesa, y **descarta otras señales** del entorno (TV, radio, wifi...).
- Así se asegura que solo se conecta con su operador móvil.

Frecuencias y espectro electromagnético

- El **espectro electromagnético** incluye todas las frecuencias posibles.
- Cada tipo de onda (radio, microondas, rayos X...) tiene propiedades diferentes.
- Ejemplo: los rayos X atraviesan el cuerpo, pero no los huesos.
- En medicina, se usan rayos X o gamma para destruir células cancerosas (radioterapia).

Bandas de frecuencia para móviles

- Las redes móviles usan **frecuencias concretas**, según lo que se necesite:
 - Mayor cobertura, menor velocidad.
 - Menor cobertura, mayor velocidad.

- Las bandas **bajas (700-900 MHz)** llegan más lejos.
- Las bandas **altas (2-3 GHz)** dan más velocidad pero cubren menos área.

Gestión del espectro

- El **espectro radioeléctrico** es un recurso **limitado y público**.
- En España lo gestiona la **Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales**.
- Asignan las frecuencias a los operadores (Movistar, Vodafone, etc.) para que no se solapen.

Bandas de frecuencia y operadores

- Las compañías como **Movistar o Vodafone compran o alquilan bandas de frecuencia** al Estado.
- Con esas bandas:
 - Instalan **antenas** que emiten en esas frecuencias.
 - Los** móviles se conectan** a esas frecuencias para poder llamar, enviar mensajes o navegar por internet.

Red móvil 2G – Principios de los 90

- Digitalización de la red
- Con 2G llega la digitalización de la voz y los datos.
- El estándar más usado fue GSM (Global System for Mobile Communications).

Principales mejoras:

- Introducción de la **tarjeta SIM**.
- Uso de canales compartidos (TDMA: división en el tiempo).
- **Cifrado** de las comunicaciones.
- Envío de **SMS** entre usuarios.
- Transmisión de datos, aunque a baja velocidad.

Popularización de los primeros teléfonos móviles

- Los teléfonos eran sencillos, y se ofrecían en modalidad de contrato o tarjetas prepago.
- Permitían llamar y enviar SMS, pero no la conexión a Internet.
- La mensajería consistía en enviar SMS, a un coste fijo.

Contratos

- Las tarifas más habituales eran de **tarjetas prepago**, con una cantidad de dinero asignada.
- Permitían recargar el saldo de la tarjeta.
- También existía la opción de **contrato**, donde se pagaba una tarifa mensual.



Tarjetas prepago

- Las **tarjetas prepago** permitían a los usuarios tener control sobre su gasto, ya que solo se podía gastar el saldo cargado.



Evolución de los datos en 2G

- **GPRS (2001)**
 - Aumenta la **velocidad de transmisión de datos**.
 - Permite el uso de **MMS** (mensajes multimedia) y **navegación web básica**.
- **EDGE**
 - Mejora la velocidad y **ancho de banda**.
 - Soporta aplicaciones multimedia más avanzadas.

Tarjeta SIM

- **SIM:** *Subscriber Identity Module*.
- Introducida con GSM.
- Contiene información que **identifica al usuario en la red**.

¿Qué guarda una SIM?

- IMSI: número único del usuario en la red.
- Ki: clave secreta para autenticar al usuario.
- Agenda de contactos, SMS, y algunos datos del operador.

¿Qué ventaja tiene?

- El número está en la **tarjeta**, no en el teléfono.
- Puedes cambiar de móvil y **mantener tu número y contactos**

Formatos físicos

- Existen **diferentes tamaños**: SIM, microSIM, nanoSIM.
- **Sin SIM**, no puedes conectarte a la **red móvil**.
- Sí puedes conectarte a una **red Wi-Fi** si está disponible.

eSIM (Embedded SIM)

- SIM **digital integrada** en el dispositivo.
- No necesita tarjeta física.
- Permite cambiar de operador **sin cambiar la SIM**.
- Ahorra espacio y ofrece **más flexibilidad** al usuario.

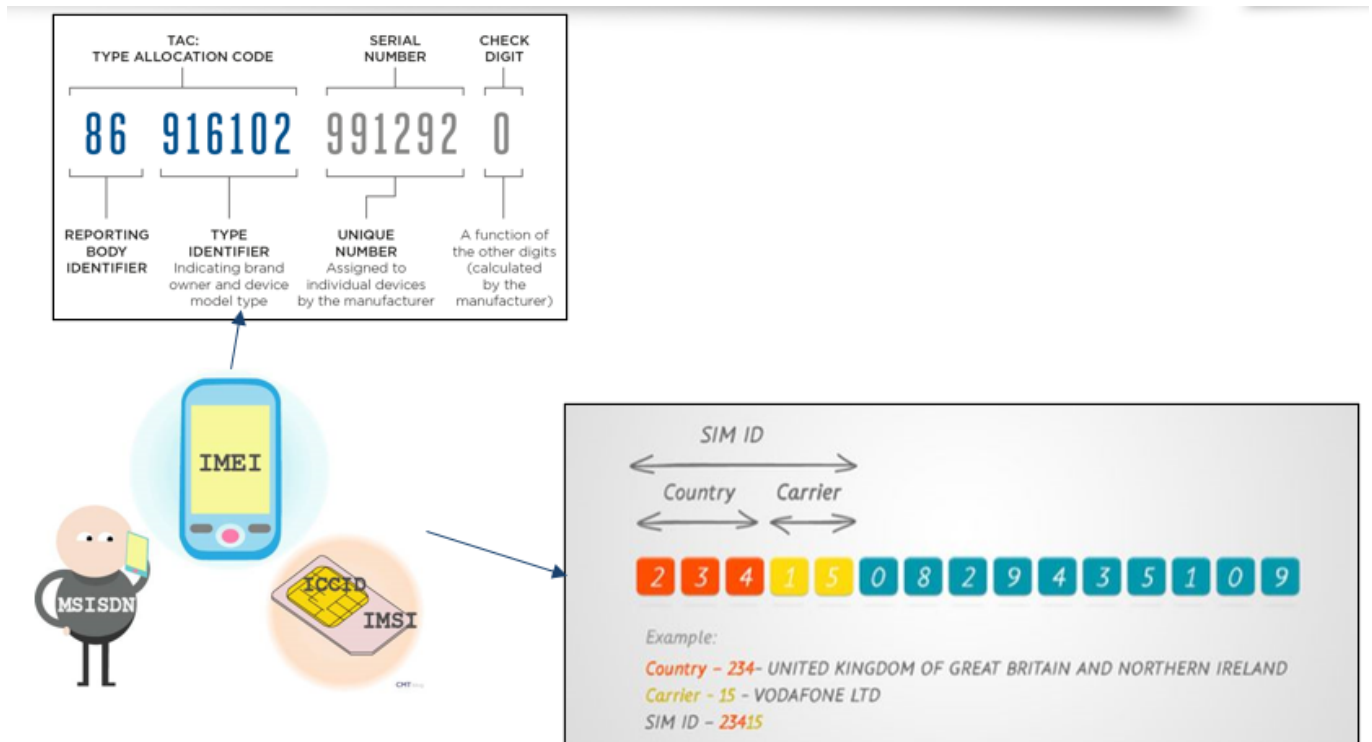
Dual SIM

- Permite usar **dos SIM** en el mismo teléfono.

Usos frecuentes:

- **Separar trabajo y vida personal** (dos números en un dispositivo).
- **Combinar operadores**: aprovechar distintas coberturas o tarifas.
- **Viajes**: usar una SIM local y mantener la de tu país.

Identificadores en la red



Concepto	Significa	Para qué sirve	Dónde se guarda
----------	-----------	----------------	-----------------

Concepto	Significa	Para qué sirve	Dónde se guarda
IMSI	<i>International Mobile Subscriber Identity</i> (Identidad Internacional de Suscriptor Móvil)	Identifica al usuario (la SIM) dentro de la red del operador	En la tarjeta SIM
IMEI	<i>International Mobile Equipment Identity</i> (Identidad Internacional del Equipo Móvil)	Identifica al dispositivo (el teléfono)	En el hardware del móvil (y no se puede cambiar fácilmente)

Proceso de autenticación en GSM

- Móvil envía su IMSI a la red
- Luego usa un TMSI (identificador temporal) para proteger su identidad. Challenge-Response
- Red envía número aleatorio (RAND) al móvil.
- SIM, usando su clave secreta (Ki), calcula una respuesta (SRES) con el algoritmo A3.
- Red hace el mismo cálculo y compara respuestas. Si coinciden → autenticado. Generación de clave de cifrado
- A partir de RAND y Ki, la SIM genera una clave de sesión Kc con el algoritmo A8.
- Clave se usará para cifrar los datos entre el móvil y la red. Cifrado de la comunicación
- Se activa el cifrado usando la clave Kc y el algoritmo A5/x.

Roaming

¿Qué es el roaming?

Permite que una **SIM se conecte a redes extranjeras** cuando estás fuera de tu país.

¿Cómo funciona?

1. Al encender el móvil en el extranjero, este **escanea redes disponibles**.
2. Consulta a la **SIM** para saber con qué operadores tiene acuerdos de roaming.
3. El teléfono intenta registrarse en una de esas redes y **envía el IMSI** (identificador único del usuario).
4. La red extranjera pregunta a tu **operadora original** si puede aceptar al usuario.
5. Si es aceptado, se **autoriza el acceso**.
6. Se realiza una **autenticación segura** entre tu SIM y la operadora original (proceso *challenge-response*), con la red extranjera como intermediaria.

☑ Si todo va bien: puedes **llamar, enviar SMS y usar datos** como si estuvieras en tu país.

eu Roaming en la Unión Europea

- **Sin recargos adicionales** al viajar por la UE.
- Usas tu tarifa habitual: llamadas, mensajes y datos **al mismo precio que en España**.



Roaming fuera de la UE

- En países como **Marruecos, Ecuador o Filipinas**:
 - Algunas SIMs tienen **datos limitados**.
 - Se conectan a **redes locales**, que pueden tener costes más altos.
 - Es recomendable consultar las condiciones con tu operador antes de viajar.

<https://o2online.es/ayuda/paises-por-zonas-zona-1-zona-2-y-zona-3/>



Red móvil 3G (desde 2004)

¿Qué trajo de nuevo?

1. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

- Evolución del estándar GSM.
- Usa **WCDMA** (Wideband Code Division Multiple Access) en lugar de TDMA.
- Todos los usuarios comparten **la misma frecuencia**, pero con **códigos únicos**.
- ☒ Permite más usuarios a la vez y mejor rendimiento en zonas densas.

2. HSPA y HSPA+ (2006)

- Mejoras sobre 3G estándar.
- Velocidades de hasta **42 Mbps**.
- Permite usar apps con más datos: **YouTube, redes sociales, videollamadas, navegación GPS**, etc.

¿Qué hizo posible la 3G?

- **Nacieron los smartphones reales**: iPhone, Android.
- Acceso completo a **Internet móvil** (ya no solo WAP).
- Popularización de apps como:

- WhatsApp
- Mapas con GPS
- Correo electrónico en tiempo real
- Streaming y redes sociales



Relación con otras generaciones

- La 3G fue un **gran salto respecto a la 2G**: voz y datos digitales más rápidos.
- Prepara el camino para la llegada del **4G** y las apps modernas.

Red móvil 4G (desde 2010)

¿Qué trajo de nuevo?

LTE (Long Term Evolution)

- Tecnología principal de 4G.
- Basada completamente en **datos IP**, incluso para llamadas (VoIP).
- Velocidades mucho más altas: **hasta 100 Mbps o más**.
- Baja latencia → ideal para contenido en tiempo real.

¿Qué hizo posible la 4G?

- **Streaming de música y vídeo** fluido (Netflix, Spotify, etc.).
- **Videollamadas en HD** (Skype, FaceTime...).
- Apps más avanzadas: juegos online, trabajo en la nube, apps de transporte (Uber, Google Maps en tiempo real).
- **Tethering** (compartir conexión con otros dispositivos).

Relación con generaciones anteriores

- Mucho más rápida que 3G.
- Transición a la era de los **datos móviles masivos**.
- Puente entre smartphones y el inicio de los dispositivos conectados.

Red móvil 5G (desde ~2020)

¿Qué trajo de nuevo?

Características principales

- **Velocidades ultrarrápidas:** hasta 10 Gbps en teoría.
- **Latencia muy baja:** menos de 1 ms.
- Conexión de **muchos dispositivos al mismo tiempo** (IoT, ciudades inteligentes).
- Tres tipos de bandas:
 - **Banda baja** → cobertura amplia, velocidad moderada.
 - **Banda media** → equilibrio entre cobertura y velocidad.
 - **Banda alta (mmWave)** → velocidad máxima, pero poca cobertura.

¿Qué hizo posible la 5G?



- **Realidad aumentada y virtual** en tiempo real.
- **Vehículos autónomos** con comunicación instantánea.
- **Telemedicina** con cirugía remota.
- **Streaming 4K/8K** y experiencias inmersivas.
- Desarrollo de **smart cities** y **IoT masivo**.

Relación con generaciones anteriores

- No solo mejora la velocidad: **transforma sectores enteros** (industria, salud, transporte).
- Supone el paso de un **móvil conectado** a un **mundo conectado**.