

# T5-Redes móviles celulares

***43740 Redes de Comunicaciones  
Móviles***

Curso 2025-2026



# ¿Qué son las comunicaciones móviles?

- Comunicaciones entre estaciones que se mueven libremente, en entornos...
  - Terrestre
  - Marítimo
  - Aeronáutico
- Desarrollo en paralelo a las comunicaciones cableadas
  - Necesidades complementarias [Ser capaces de comunicarse en movimiento]
  - A día de hoy es mayor el número de usuarios de telefonía móvil que el de telefonía fija
- Inicialmente privadas (emergencia, policía, etc), sin conexión con la red pública
- Servicios
  - Busca personas
  - Telefonía móvil
  - Transmisión de datos, imágenes, etc

## Red de área personal inalámbrica (WPAN)

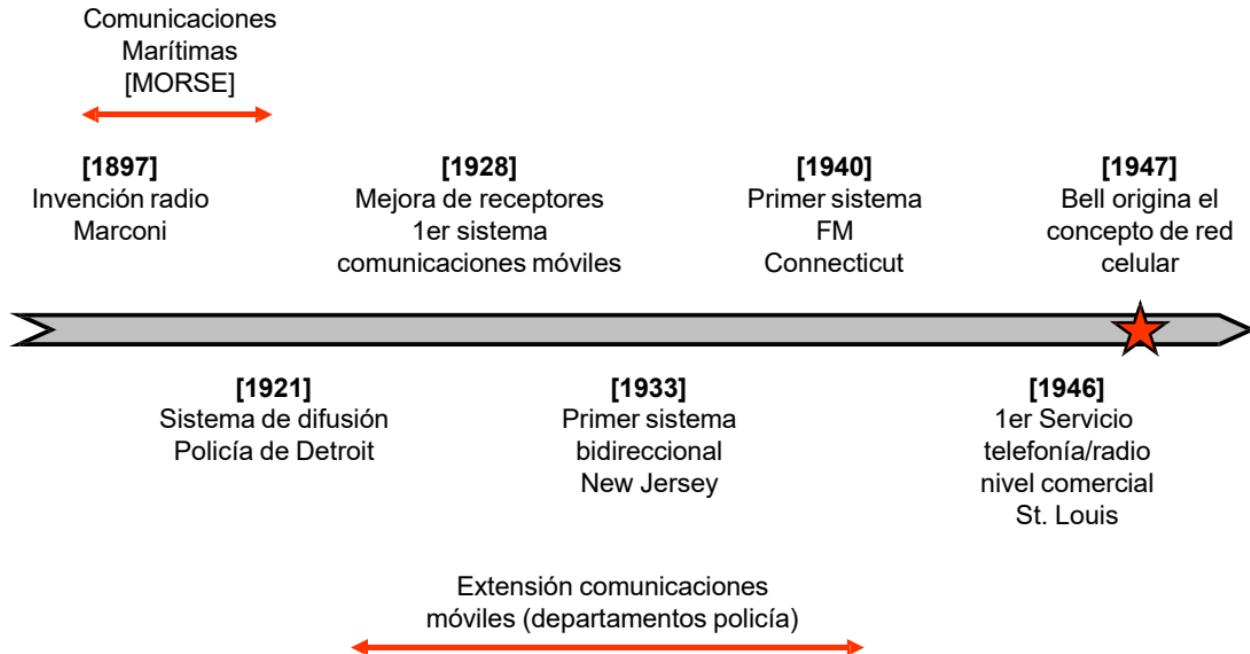
## Redes de área metropolitana inalámbricas (WMAN)



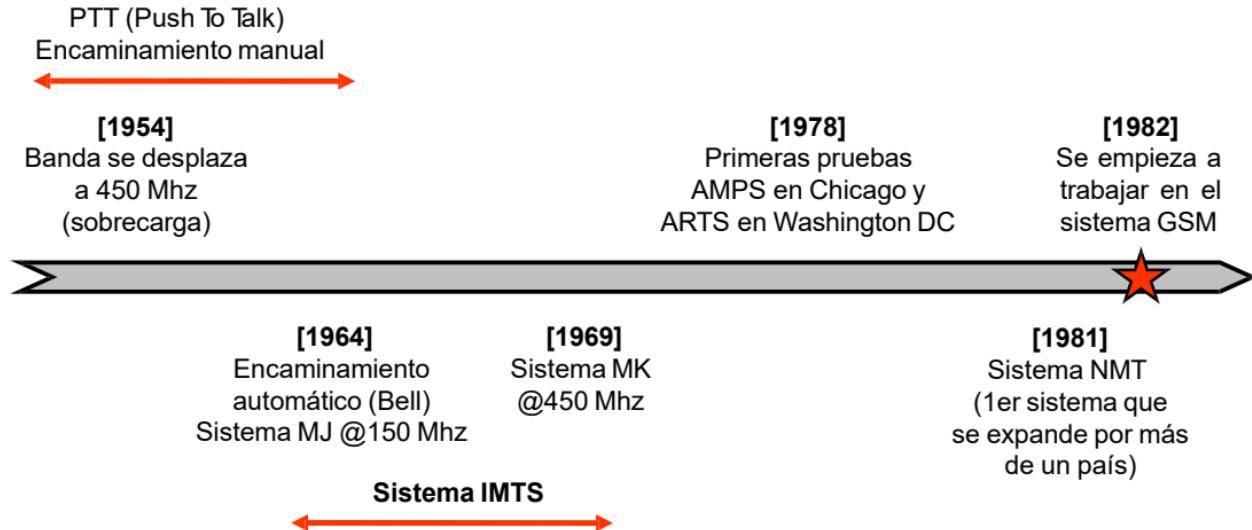
## Redes de área local inalámbricas (WLAN)

## Redes de área extendida inalámbricas (WWAN)

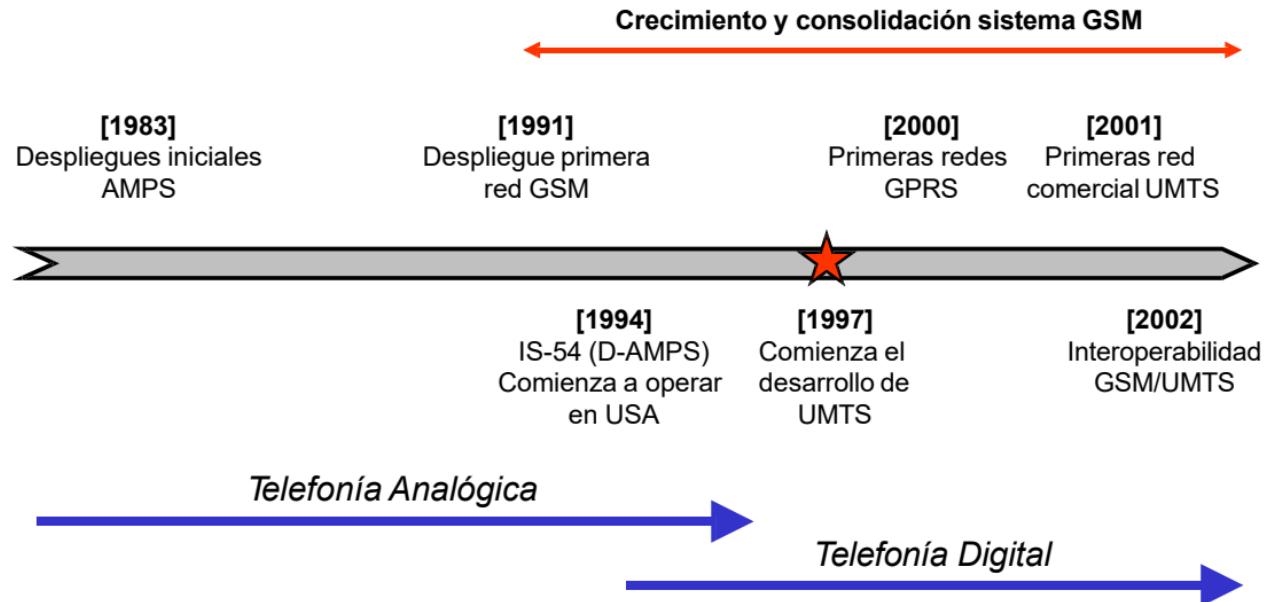
# Historia de las comunicaciones móviles



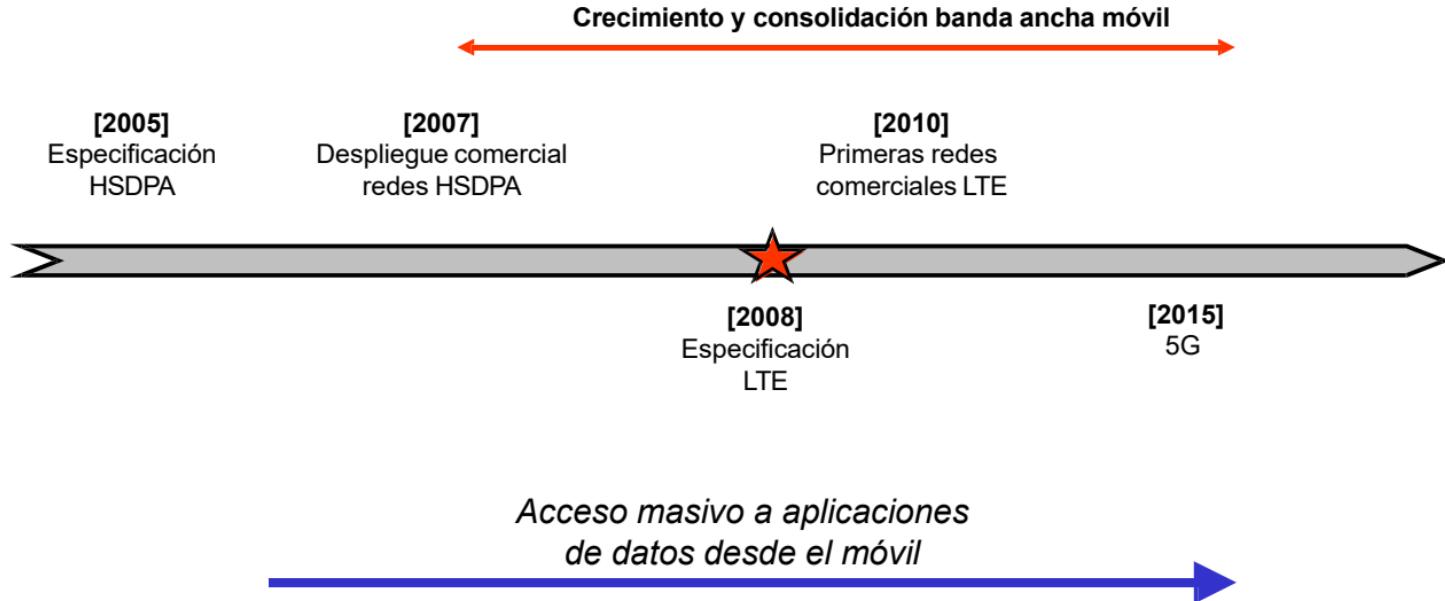
# Historia de las comunicaciones móviles



# Historia de las comunicaciones móviles



# Historia de las comunicaciones móviles



# Redes móviles analógicas (1<sup>a</sup> generación)

- AMPS (*Advanced Mobile Phone System*)
  - USA en 1983-2008 y Australia en 1987-2000
  - Banda de 800 Mhz
- NMT (*Nordisk MobilTelefoni, Nordic Mobile Telephony*)
  - Se inició en los países nórdicos (Dinamarca, Noruega, Suecia y Finlandia)
  - Se ha empleado en otros países europeos (Holanda, Suiza, Polonia, Hungría, Chequia,...)
  - NMT450 (@450 Mhz) y NMT900 (@900 Mhz)
  - Prácticamente desaparecido en la actualidad (GSM)
- TACS (*Total Access Communication System*)
  - Versión de AMPS empleada en Reino Unido, España, Italia, etc...
  - Banda de 900 Mhz
  - No se emplea en la actualidad
  - En Japón se denominó JTACS

# Redes móviles digitales (2<sup>a</sup> generación)

- GSM (*Global Systems for Mobile Communications*)
  - Tecnología con cobertura prácticamente global
  - Frecuencias de 900 Mhz y 1800 Mhz
- IS-54 (*Interim Standard*)
  - Versión digital de AMPS (D-AMPS)
  - Usado en Estados Unidos
  - TDMA
- IS-95
  - USA
  - Basado en AMPS
  - Usa CDMA (*Code Division Multiple Access*)
- Evolución hacia la commutación de paquetes
  - GPRS (*General Packet Radio Service*)

# Presente (y futuro)...

- Expansión de la 3G o UMTS (*Universal Mobile Telephone System*)
  - Sistema de banda ancha con cobertura global
  - Completamente basado en conmutación de paquetes e IP
  - Basado en CDMA
- El 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) se encarga de las especificaciones de los sistemas de comunicaciones móviles actuales y futuros
- HSPA (*High Speed Packet Access*)
  - Aparece en tráfico de bajada (downlink) en Release-5
  - Comercialmente disponible en 2005
  - En 2013 >1500 M usuarios HSPA
- LTE (*Long Term Evolution*)
  - Primeras especificaciones en Release-8
  - Primeros despliegues en 2010
  - En 2014, 335 redes en 118 países
  - >500 M de suscripciones LTE en 2014

# Historia de las comunicaciones móviles

- En la actualidad existen...<sup>(1)</sup>
  - $\sim 3.6 \cdot 10^9$  usuarios comunicaciones móviles ( $7.1 \cdot 10^9$  conexiones)
  - > 800 operadores (en 219 países)
  - > 600 operadores virtuales
- Importancia de la zona de Asia Pacífico<sup>(1)</sup>
  - Crecimiento notable en la penetración entre 2002 y 2011
    - El número de conexiones en 2014 es aproximadamente igual al del resto del mundo
  - En China:  $+1200 \cdot 10^6$  usuarios en 2013 (más de todos los que hay en Europa y USA)
  - En India:  $\sim 900 \cdot 10^6$  usuarios en 2013
- Nuevos mercados: África<sup>(1)</sup>
  - 2º mercado en importancia (tras Asia) -  $\sim 650$  M de conexiones (+50% penetración)
  - Crecimiento del 20% anual durante los últimos 5 años
- Banda ancha: acceso a datos desde el móvil
  - En 2014 se han superado las  $2.5 \cdot 10^9$  conexiones UMTS
  - Se espera que el total de conexiones 3G/4G pasen del 39% en 2015 al 69% en 2020
- 4G (LTE)
  - [2013] >Las conexiones LTE subirán de  $\sim 800$  M (2014) a  $\sim 2800$  M (2020)
  - [2013] 335 redes en  $\sim 120$  países
  - Velocidad hasta 150 Mbps
- 4G+ (LTE Advanced. 4.5G)
  - Velocidad hasta 300 Mbps
  - Disminuye latencia
  - Equipo usuario debe ser compatible con LTE categoría 6
- 5G
  - [2015-2021] >Frecuencia – Banda de 700Mhz y 3.5 Ghz
  - Características: rendimiento de tiempo real - de respuesta rápida, de baja fluctuación, latencia y retardo
  - Se orienta ahora a conectar personas, pero también objetos (Internet de las Cosas, IoT) con latencias (retardo en la transmisión) mínimas de 1 msg y velocidades de hasta 20 Gbps
  - 5G NSA (No StandAlone) usar red 4G. Velocidad hasta 1 Gbps
  - 5G SA (StandAlone) red 5G pura. Velocidad hasta 20 Gbps

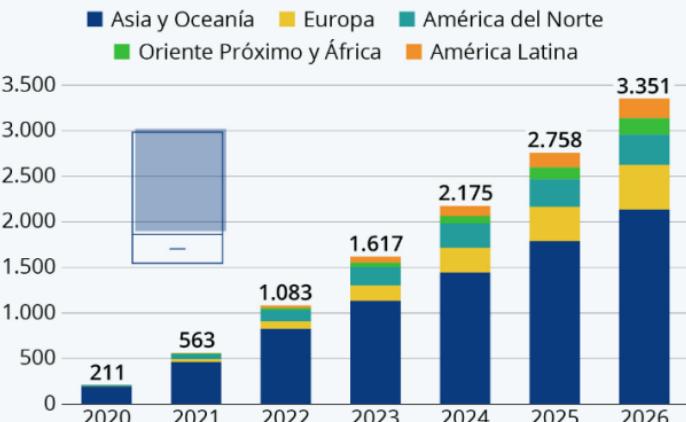
(1) Notas de prensa en GSM World ([www.gsm.org](http://www.gsm.org))  
“The Mobile Economy 2015”. GSMA  
Disponible en [www.gsmobileeconomy.com](http://gsmobileeconomy.com)

# Presente (y futuro)...

- 5G
  - 5G NSA (No StandarAlone). Utiliza red 4G y velocidad hasta 1 Gbps (es la que estamos utilizando en estos momentos)
  - 5G SA (StandarAlone). Red 5G nativa y velocidad hasta 20 Gbps
  - Ya asignada, en 2021, las bandas de frecuencia a los operadores en España (Movistar, Vodafone, Orange, Yoigo)
  - Utiliza las bandas de frecuencias de 700 Mhz y 3.5 Ghz

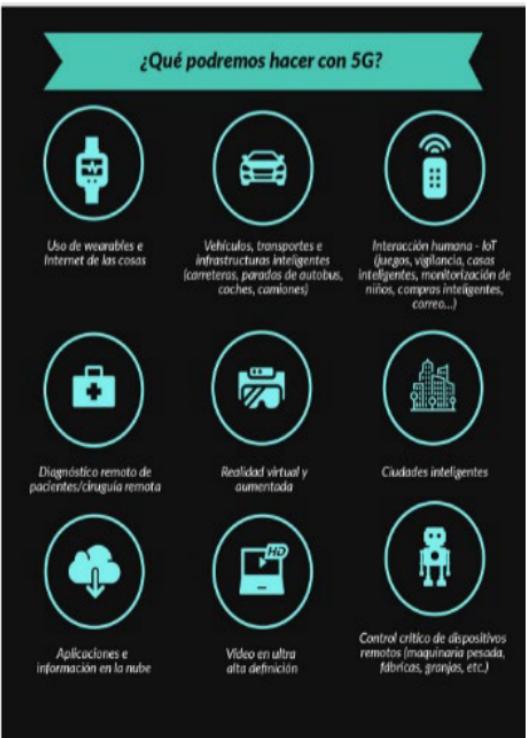
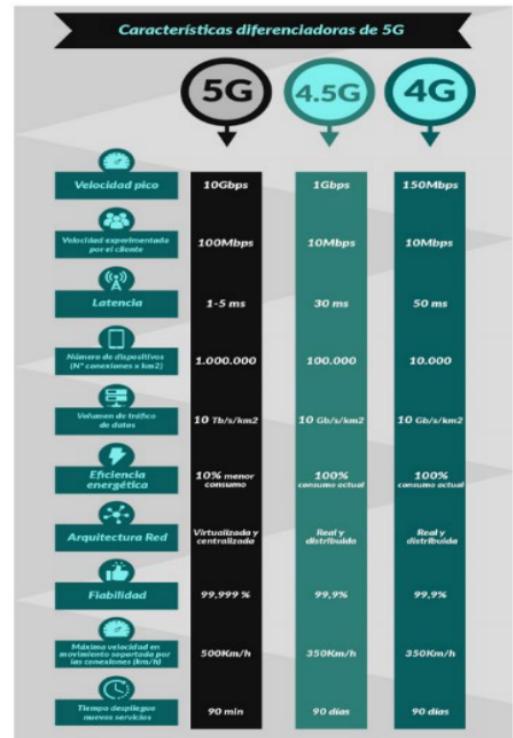
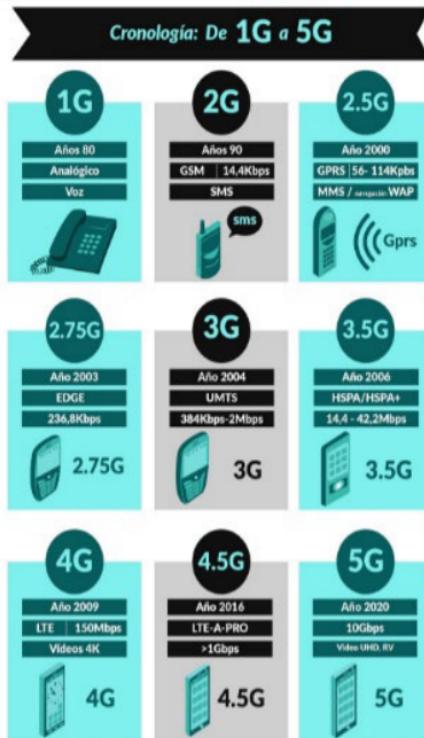
## El futuro de la 5G

Número estimado de suscripciones móviles a redes 5G por región (en millones)



Previsión realizada en junio de 2021.  
Fuente: Ericsson

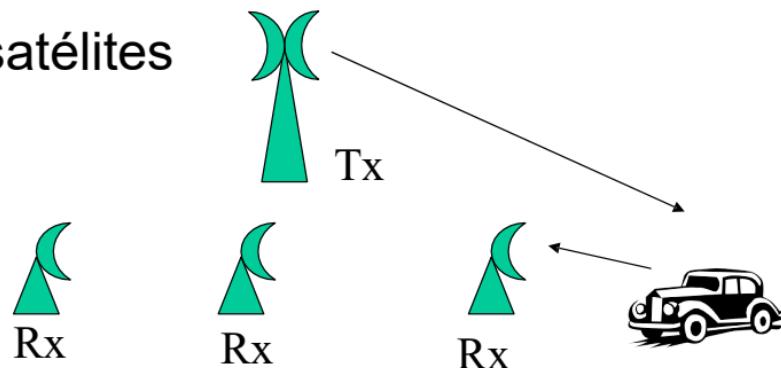
# Resumen de las redes celulares



# Concepto y arquitectura de red celular

## Introducción

- Primeros Sistemas de la Telefonía Móvil Pública:
  - Zona de Cobertura exclusivamente Urbana
  - Tecnología FDMA
  - Una estación base con varios transmisores
  - Varios receptores satélites



# Concepto y arquitectura de red celular

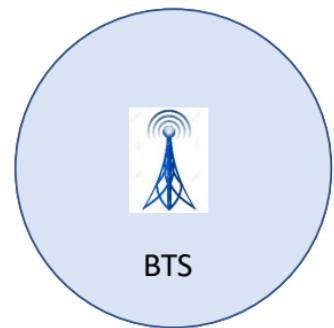
## Introducción

- Limitaciones de los primeros sistemas de la Telefonía Móvil Pública:
  - Limitaciones de espacio para antenas
  - No había viabilidad práctica de combinadores de Tx y Rx en un único sistema radiante
  - El tráfico que soporta esta configuración es mucho menor que lo que realmente se necesita.

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Concepto Celular

- Ideado por D.H.Ring en 1947
- División de la zona de cobertura en regiones pequeñas llamadas **células** (tamaño variable en función de la demanda de tráfico)
- Las células pueden usar las mismas frecuencias, pero distanciadas lo suficiente para evitar interferencias.
- Aparece un elemento esencial, la estación base (BS) o BTS (Base Transceiver Station).



# Fundamentos de los sistemas celulares

## Concepto Celular

- *Ventajas:*
  - El tráfico atendido es proporcional a la superficie de la zona (zonas pequeñas y tráfico pequeño se atienden con menos recursos)
  - La reutilización de canales hace que se puedan usar muchos más canales de frecuencias.
  - Un canal se emplea para cursar varias llamadas de celdas distintas.



# Fundamentos de los sistemas celulares

## Concepto celular. Definiciones

- ***Indice de reutilización:***
  - n. de radiocanales ofrecidos
  - n. de frecuencias disponibles
- ***Distancia de Reutilización:***

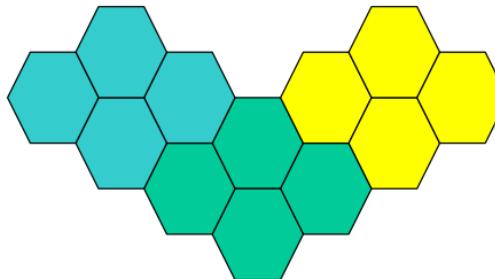
Es la distancia mínima que separa dos celdas que usan el mismo canal (**celdas cocanal**). Esto se hace para evitar interferencias entre las celdas.

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Concepto celular. Definiciones

- ***Cluster:***

- También llamado *Agrupación celular*
- Grupo de celdas que emplean n canales diferentes.
- Cada cluster tiene un conjunto de n canales.



# Fundamentos de los sistemas celulares

## Concepto celular. Definiciones

- **Cluster:**

- Cuanto menor es el tamaño del cluster, será menor el número de frecuencias que requiera ya que las celdas reciben menos tráfico
- Hay un compromiso entre el tamaño Optimo del cluster respecto a:
  - Capacidad de tráfico (**Se debe maximizar**)
  - Rendimiento espectral (**Se debe minimizar el BW**)
  - Interferencia (a menor n. de celdas/cluster más interferencia)

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Concepto celular. Definiciones

- **Celda** (Otra definición más práctica):
  - Es la superficie en que la estación base atiende mejor las llamadas que otras bases de alrededor (radio de cobertura < 15Km).

### Ejemplo:

Suponiendo un clúster de 4 celdas y cada celda con  $k$  canales, entonces cada celda debe soportar  $k$  canales y cada móvil debe soportar  $(4*k)$  canales para conectarse a cualquier celda del cluster y de la zona de cobertura total.

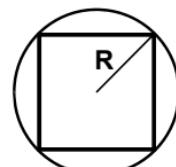
# Fundamentos de los sistemas celulares

## Concepto celular

- El área de cobertura de una BS es sin forma
- Al comienzo de los sistemas celulares: necesidad de utilizar una forma geométrica regular
- La elección inmediata (cobertura circular) no es válida: zonas de solapamiento
  - Se necesita que se tessela completamente el terreno
- Elegir entre el triángulo, el cuadrado y el hexágono
  - El hexágono es el que tiene un área mayor: se necesitan menos BS para cubrir un terreno



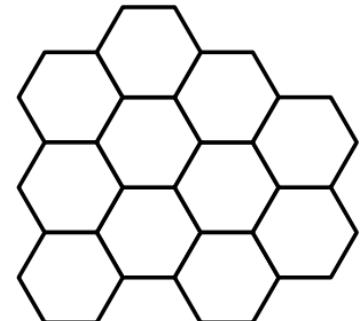
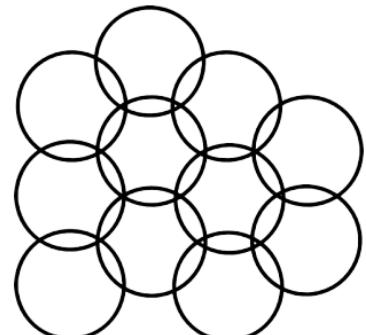
$$A_{\text{triángulo}} = \frac{3\sqrt{3}}{4} R^2$$



$$A_{\text{cuadrado}} = 2R^2$$



$$A_{\text{hexágono}} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2$$



# Fundamentos de los sistemas celulares

## Reuso de frecuencias

- El elemento diferenciador de los sistemas celulares es el reuso de frecuencias
  - Mediante este proceso se asignan los diferentes canales a todas las células
- El grupo de células que *conjuntamente* usan todas las frecuencias disponibles se denomina **cluster**
  - El número de células por cluster (N) se denomina *factor de reuso*
  - Algunos autores llaman factor de reuso al inverso de N
- Usuarios de diferentes clusters pueden usar simultáneamente el mismo canal

### ▪ Eficiencia

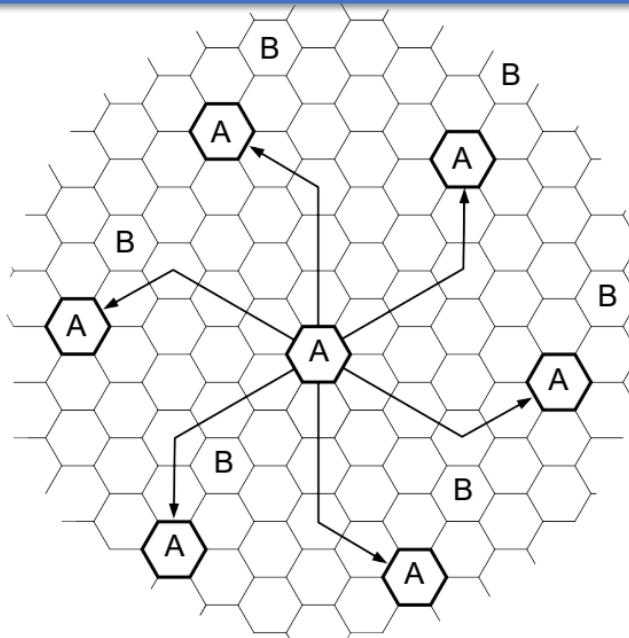
$$\eta_c = \frac{K/N}{S/N_c} \frac{1}{B_T} = \frac{K}{S B_T} \frac{N_c}{N} = \eta \frac{N_c}{N}$$

[canales / km<sup>2</sup>·Hz]

- K: # de canales ( $B_T/B_R$ )
- S: Superficie
- $B_T$ : Ancho de banda total
- $B_R$ : Ancho de banda de cada canal
- N: factor de reuso
- $N_c$ : # total de células

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Reuso de frecuencias



- Para asignar canales a las diferentes células se emplean dos parámetros:  $i, j$ 
  - Desplazamiento de  $i$  células
  - Rotación de  $60^\circ$
  - Desplazamiento de  $j$  células
- En el ejemplo de la figura
  - $i = 3, j = 2$
- A partir de  $i, j$  se obtiene el factor de reuso
- $N(i,j) = i^2 + j^2 + i \cdot j$
- Como  $i, j$  son enteros no todos los valores de  $N$  son geométricamente realizable

V.H. MacDonald, "The Cellular Concept" The Bell System Technical Journal. Vol 58, no 1. Enero 1979

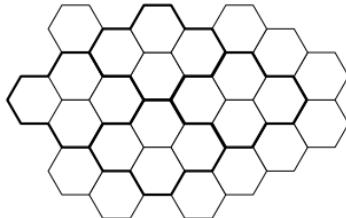
# Fundamentos de los sistemas celulares

## Reuso de frecuencias

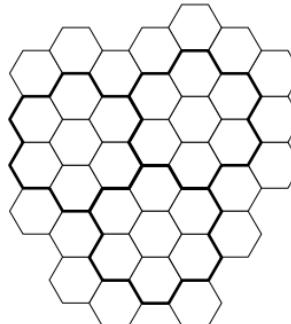
	0	1	2	3	4	5	6
1	1	3					
2	4	7	12				
3	9	13	19	21			
4	16	21	28	37	48		
5	25	31	39	49	61	75	
6	36	43	52	63	76	91	108

- En la tabla se muestran algunos factores de reuso factibles, para diversas combinaciones de  $i, j$

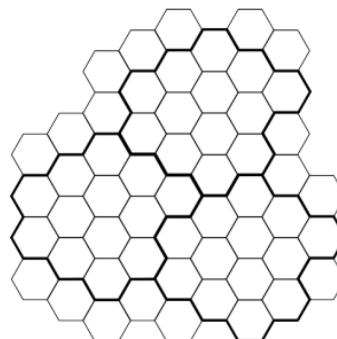
$$N(i,j) = i^2 + j^2 + i \cdot j$$



$i = 2, j = 0$



$i = 1, j = 2$

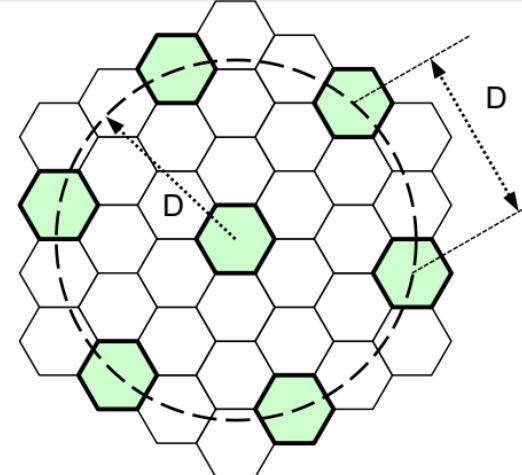


$i = 3, j = 1$

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Interferencia co-canal

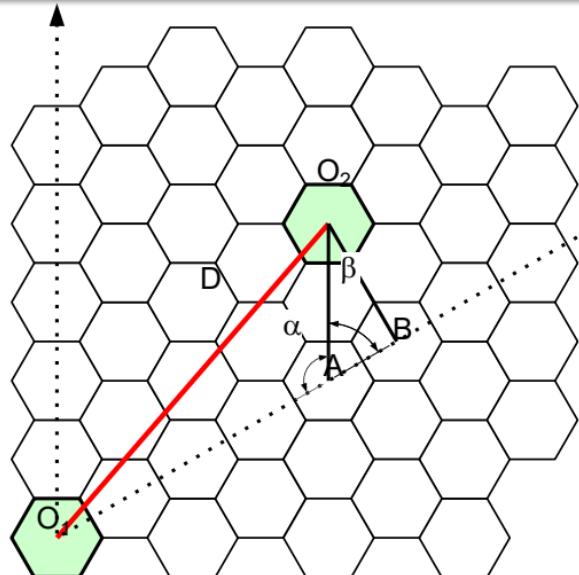
- La interferencia es el factor que en mayor medida limita el rendimiento de los sistemas celulares
- Hay varias fuentes de interferencia, pero la más relevante es la denominada co-canal
- Es consecuencia del reuso de frecuencias: hay células que trabajan en el mismo conjunto de canales
- No se puede reducir incrementando la potencia de transmisión
  - También se incrementaría la de las BS interferentes



- Depende de la distancia de reuso ( $D$ )
  - A la que se encuentran las células interferentes (entre las localizaciones de las estaciones base)

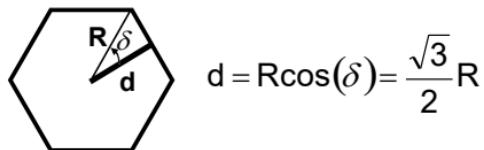
# Fundamentos de los sistemas celulares

## Distancia de reuso



Ejemplo ilustrativo:  $i = 4, j = 2$

- En un hexágono...



$$d = R \cos(\delta) = \frac{\sqrt{3}}{2} R$$

- Por el teorema del coseno (triángulo  $O_1AO_2$ )

$$D^2 = \overline{O_1A}^2 + \overline{O_2A}^2 - 2\overline{O_1A}\overline{O_2A}\cos(\alpha)$$

$$\overline{O_1A} = 2di$$

$$\overline{O_2A} = 2dj$$

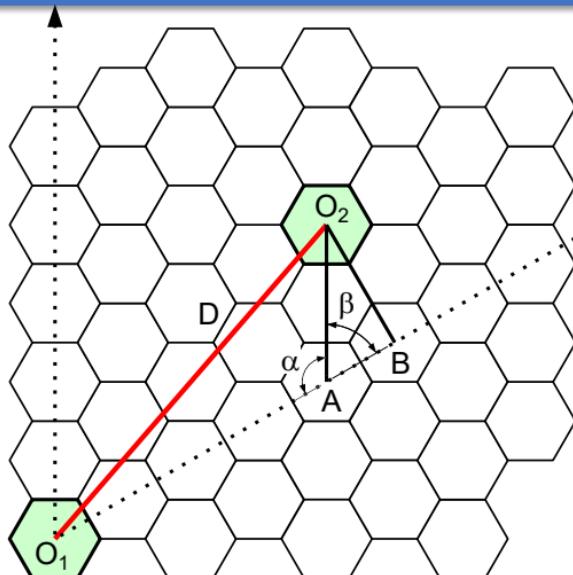
- Luego ( $\alpha = 120^\circ$ ):

$$D = \sqrt{(2di)^2 + (2dj)^2 - 2(2di)(2dj)\left(-\frac{1}{2}\right)} =$$

$$= \sqrt{(2d)^2(i^2 + j^2 + i \cdot j)} = 2d\sqrt{N} = R\sqrt{3N}$$

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Distancia de reuso



Ejemplo ilustrativo:  $i = 4, j = 2$

- Alternativamente:

$$D^2 = \overline{O_1B}^2 + \overline{O_2B}^2$$

- $O_1B = O_1A + O_2A \cos(\beta)$
- $O_2B = O_2A \sin(\beta)$

- Teniendo en cuenta que  $\beta = 60^\circ$

$$D = \sqrt{(2di + 2dj \frac{1}{2})^2 + (2dj \frac{\sqrt{3}}{2})^2}$$

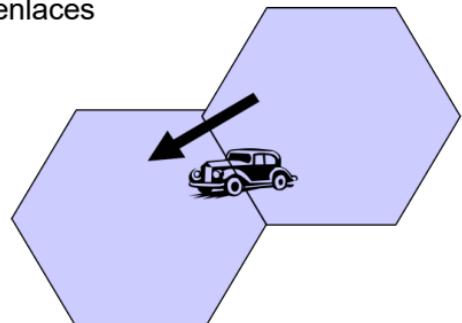
$$= \sqrt{(2d)^2 (i^2 + j^2 + i \cdot j)} = 2d\sqrt{N} = R\sqrt{3N}$$

- Al cociente  $D/R$  (Q) a veces se le denomina como **cociente de reuso co-canal**

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Handovers

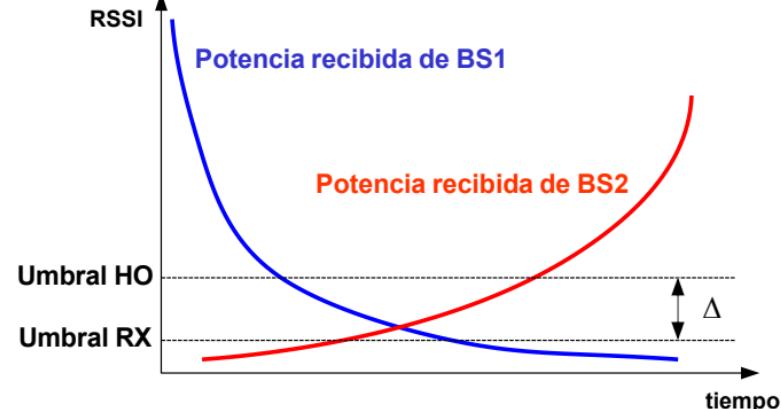
- Es el proceso de transferir una llamada en curso entre dos celdas cuando el terminal móvil (**MS:Mobile Station** en GSM o **UE: User Equipment** en 3G/4G) se desplaza/encuentra en la zona de cobertura de dos frecuencias/canales.
- Cuando la calidad del enlace con la BS actual baja o se supera el número de suscriptores soportados, la comunicación pasa:
  - A una nueva celda (*inter-cell handover*)
  - A otro canal de la misma BS (*intra-cell handover*)
- Hay varios parámetros que se pueden utilizar para caracterizar la calidad de los enlaces
  - RSSI (Received Signal Strength Indicator)
  - BER (Bit Error Rate)
  - C/I (Carrier/Interferente)
  - Carga (Tráfico actual), ...
- Depende de la posibilidad de medida del sistema
- Puede no ser suficiente realizar medidas puntuales



# Fundamentos de los sistemas celulares

## Realización de Handovers

- Los *handovers* (HO) deben realizarse de manera automática, **sin la intervención directa del usuario**
- Llevan asociado un incremento de la señalización y consumen tiempo
- Seleccionar un umbral a partir del cual iniciar el proceso de traspaso
  - Normalmente se selecciona un valor ligeramente superior al mínimo necesario para que una comunicación sea factible: **Umbral HO = Umbral RX +  $\Delta$**
- Si  $\Delta$  es grande: se producirían un número elevado (innecesario) de traspasos
- Si  $\Delta$  es pequeño: habría poco tiempo para completar el traspaso antes de alcanzar el umbral de RX



# Fundamentos de los sistemas celulares

## Tipos de Handovers

- Puede haber diferentes **clasificaciones de los traspasos**; la más habitual atiende a la entidad que toma la decisión de realizar el HO
- **Network Controlled HandOff (NCHO)**
  - La red es la que tiene la responsabilidad completa en el proceso de traspaso
  - También se encarga de realizar las medidas para conocer la calidad de los enlaces
  - Se utilizó en los sistemas celulares de 1<sup>a</sup> generación: AMPS, NMT, TACS
- **Mobile Assisted HandOff (MAHO)**
  - Para reducir la responsabilidad de la red, el móvil se encarga de monitorizar el estado de los enlaces
  - Envío periódico de la información a la red
  - Se emplea en los sistemas celulares de 2<sup>a</sup> generación: GSM, IS-95
- **Mobile Controlled HandOff (MCHO)**
  - El móvil controla completamente el proceso de traspaso
  - La red puede enviar medidas de calidad a los terminales
  - Se emplea en sistemas de telefonía sin hilos (DECT: Digital Enhanced Cordless Telecommunications)

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Estrategia en Handovers

- Hay sistemas que tratan las peticiones de traspaso como si fuera una nueva llamada
  - En este caso la probabilidad de no aceptar un HO es igual a la de bloqueo de nuevas peticiones
- Otros sistemas priorizan los HO
  - Se considera que para el usuario es más molesto el terminar una llamada de manera abrupta una vez que ha comenzado
  - **Canal de guarda (Guard channel)**
    - Una fracción de los recursos totales se reserva únicamente para las peticiones de HO
    - El resto de recursos se emplea tanto para las nuevas llamadas como para los HO
    - Incrementa la probabilidad de bloqueo de nuevas llamadas
    - Se puede emplear con esquemas de gestión dinámica de recursos
  - **Encolamiento de traspasos (Queuing of handoffs)**
    - Se mantienen las peticiones en el sistema (cuando no hay recursos) durante cierto tiempo
    - Se puede llevar a cabo en el intervalo que va desde el Umbral\_HO hasta el Umbral\_RX

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Medidas de rendimiento en Handovers

- Probabilidad de bloqueo de nuevas llamadas
- Probabilidad de bloqueo de un traspaso
  - Terminación anómala de una llamada
- Probabilidad de realizar un traspaso
  - Tasa de cruce de fronteras entre células
- Tasa de HO por unidad de tiempo
  - La probabilidad de HO se puede determinar a partir de este parámetro y de la duración media de la llamada
- Probabilidad de HO no necesarios
- Retardo entre el momento en el que se inicializa y se completa el HO

# Fundamentos de los sistemas celulares

## Eficiencia: sectorización

- Esta técnica se emplea desde los primeros despliegues de sistemas de telefonía celular
- Consiste en **emplear antenas directivas en lugar de omnidireccionales**, con lo que se consigue reducir la C/I (hay menos señales interferentes)
- Las configuraciones más habituales son **sectorización a  $120^\circ$  y a  $60^\circ$**
- Este método presenta ciertas **desventajas**
  - Se necesita un **número mayor de antenas** por estación base
  - Al reducir el tamaño 'real' de las células, **incrementa** el número de handovers
    - Hay sistemas que consiguen reducir la penalización de los traspasos entre dos sectores de una misma BS
  - Al reducirse el número de recursos por célula, disminuye la eficiencia (desde el punto de vista de los operadores)
- **Sistemas reales**
  - Analógicos ( $C/I > 18$  dB):  $N = 12$  ó  $N = 7$  con sectorización a  $120^\circ$
  - Digitales, GSM ( $C/I > 11$  dB):  $N = 4/3$  y sectorización a  $120^\circ$

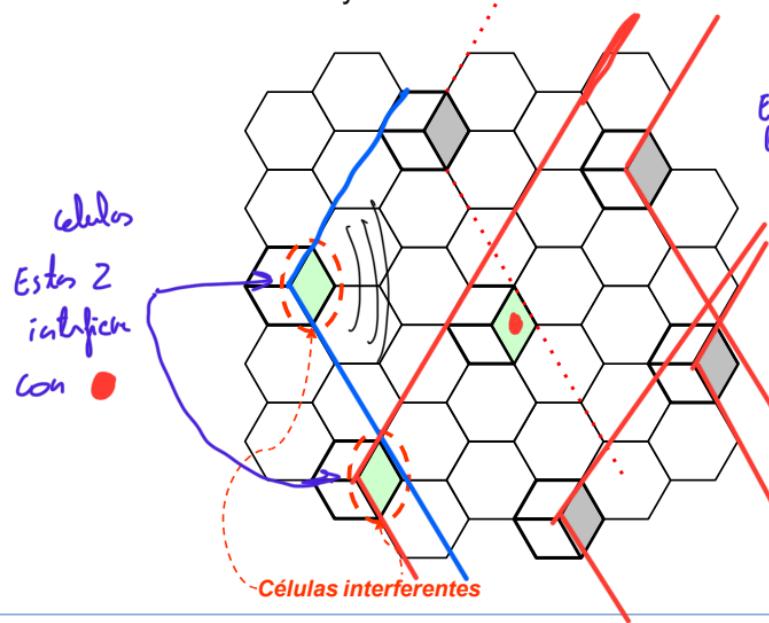


# Fundamentos de los sistemas celulares

## Eficiencia: sectorización

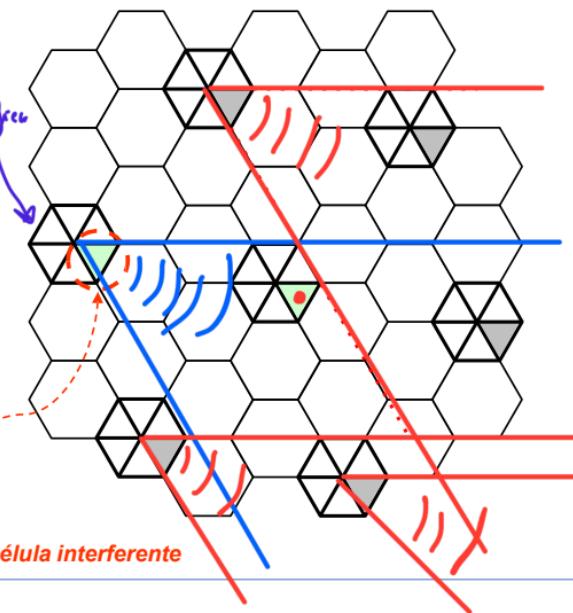
- Sectorización a 120°

- Hay dos BS interferentes



- Sectorización a 60°

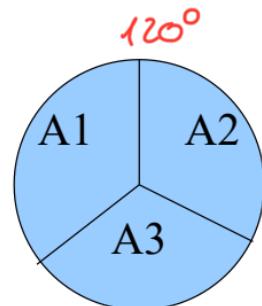
- Sólo hay una BS interferente



# Fundamentos de los sistemas celulares

## División de celdas por sectores

- Se usa en entornos de cobertura difícil
- Busca mejorar la ganancia en el up-link
- Cada celda se divide en 3 o 6 subzonas mediante 3 o 6 antenas directivas (patrón de radiación de  $120^\circ$  o  $60^\circ$  c/u)
- Las subzonas se denominan **sectores**
- Cada sector tiene sus propias frecuencias y equipos transceptores
- Se disminuyen las interferencias (hacia atrás de las antenas)



Celda A

# Características de los sistemas celulares

## Aspectos de calidad

- Calidad del servicio:
  - Objetiva (parámetros medibles: Throughput, n. conexiones, etc.)
  - Subjetiva (Percepción del usuario)
- Aspectos de Calidad:
  - Cobertura
  - Capacidad
  - Fidelidad
  - Movilidad

# Características de los sistemas celulares

## Calidad de cobertura

- Se expresa mediante porcentajes (superficial y poblacional) de prestación del servicio.
- Para conseguir mayor calidad de cobertura se emplean celdas de diversos tamaños y configuraciones.
- *Porcentaje de cobertura zonal:* Porcentaje de zona que supera un determinado umbral de señal.
- Porcentaje en que la relación C/I rebasa un cierto valor de referencia.

# Características de los sistemas celulares

## Entornos de cobertura

Característica	Entorno Rural	Entorno Urbano
Densidad de tráfico	Pequeña	Elevada
Velocidad de desplazamiento del móvil	Grande (van a bordo de un vehículo)	Pequeña (Puede ser nula)
Características de propagación	Desvanecimiento Lognormal, absorción por árboles, ecos con retardos elevados	Topologías muy variadas (casos especiales en interiores, túneles, etc), Desvanecimiento multirayecto, elevada atenuación

# Características de los sistemas celulares

## Calidad de capacidad

- Capacidad de la red para *cursar la demanda de tráfico* de cada zona manteniendo un *grado de servicio* o una *probabilidad de bloqueo* determinada.
- Limitaciones por el número de frecuencias por célula.
- Se reduce el tamaño de las celdas para disminuir la demanda de tráfico (también las pérdidas de propagación).
- Parámetros: Llamadas perdidas, llamadas interrumpidas (interferencias, fallos en traspasos).

# Características de los sistemas celulares

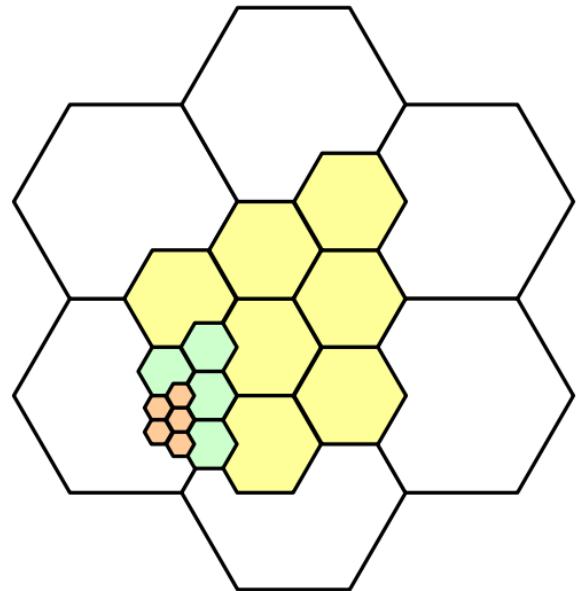
## Calidad de capacidad. Clasificación de las celdas

Tipo de celda	Rango del radio	Cobertura
Macrocelda	1.5Km-20Km	Rural (carreteras, poblaciones cercanas)
Miniceldas	0.7Km-1.5Km	Urbana (medios urbanos importantes)
Microceldas	0.3Km-0.7km	Urbana (zonas de ciudades con elevada densidad de tráfico y penetración en interiores de edificios)
Picoceldas	0,03Km-0.2Km (30m-200m)	Urbana (Interiores: Aeropuertos, centros comerciales, etc)

# Características de los sistemas celulares

## Calidad de capacidad. Clasificación de las celdas

- Macrocélula
  - Radios entre 1.5 y 20 km
  - Zonas de baja densidad (rurales)
- Minicélula
  - Radios entre 0.5 y 1.5 km
  - Zonas de densidad media (núcleos urbanos de importancia media)
- Microcélula
  - Radios de 0.2 a 0.5 km
  - Zonas de densidad alta (núcleos urbanos)
- Picocélula
  - Radios < 250 m
  - Zonas interiores con gran densidad (aeropuertos, etc)



# Características de los sistemas celulares

## Calidad de fidelidad

- Se expresa en dos formas:
  - Calidad del operador (BER)
  - Calidad Final :
    - S/N o Indice de nitidez de señal percibida por el usuario (voz)
    - BER para señales de datos

# Características de los sistemas celulares

## Calidad de movilidad

- Cuantifica el grado de dificultad que experimenta el móvil para registrarse o ser localizado.
- Cuantifica la bondad de los algoritmos de Handover (La lentitud de señalización de Handover puede producir que se caigan las llamadas entre células pequeñas).

2G - GSM  
3G - UMTS  
4G - LTE  
5G - NR

XG = X generación  $\rightarrow$  2G = Segunda Generación  
- GSM  $\rightarrow$  2G = GSM  
Red GSM

## Redes 4G-LTE

### ¿Qué es LTE?

- LTE son las siglas de **Long Term Evolution**, estándar de comunicación promovido por el *3rd Generation Partner Ship Project 3GPP* que se propone como la primera alternativa que cumple con las características requeridas por *IMT-Advanced* como tecnología de cuarta generación.
- La especificación inicial LTE fue **3GPP Release 8**.
- Actualmente se dispone de la **Release 10** de manera mayoritaria.
- La **3GPP Release 15** especifica las redes celulares **5G**

# Redes 4G-LTE

## Objetivos LTE

- Solamente *Packet-Domain-Services* (ej. VoIP)
  - con LTE, capas basadas en TCP/IP
- Mayor tasa de pico de datos / *throughput* usuario
  - 100 Mbps DL/50 Mbps UL @20MHz de ancho de banda
- Reduce retardo/latencia en el plano de usuario < 5ms
- Mejora la eficiencia del espectro
  - por encima de 200 usuarios activos en una celda @5MHz de ancho de banda
- Movilidad
  - optimizada para baja movilidad (hasta 15Km/h), alto rendimiento para movilidad media (hasta 120 Km/h), soporte para alta movilidad (hasta 500 Km/h)
- Servicios multimedia *broadcast* y *multicast*
- Espectro flexible
- Configuración de multi-antenas
- Cobertura por encima de 30 Km

# Redes 4G-LTE

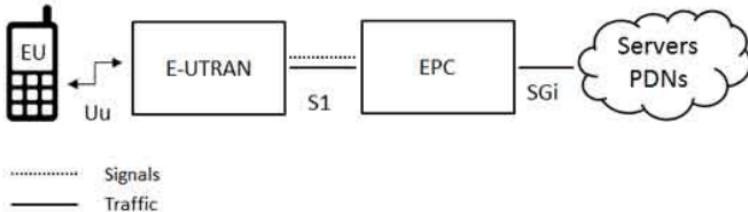
## Arquitectura de una red LTE

- La tecnología **LTE** mejora la tasa de datos, la eficiencia del *espectro radioeléctrico* y la latencia basándose en OFDMA en el enlace descendente y en SC-FDMA para el enlace ascendente.
- Ambas permiten altas tasas en canales móviles afectados por el multirayecto y el efecto doppler derivado del movimiento.
- Además el uso de MIMO (múltiples antenas tanto en transmisión como en recepción) permite un aumento notorio en la capacidad.
- El CORE de conmutación de paquetes para las redes **4G** del 3GPP ha sido rediseñado y llamado *System Architecture Evolution* (SAE) o también EPS (*Evolved Packet System*).
- SAE logra interconectar diversas redes de acceso, que en algunas ocasiones pueden ser heterogéneas entre ellas.

# Redes 4G-LTE

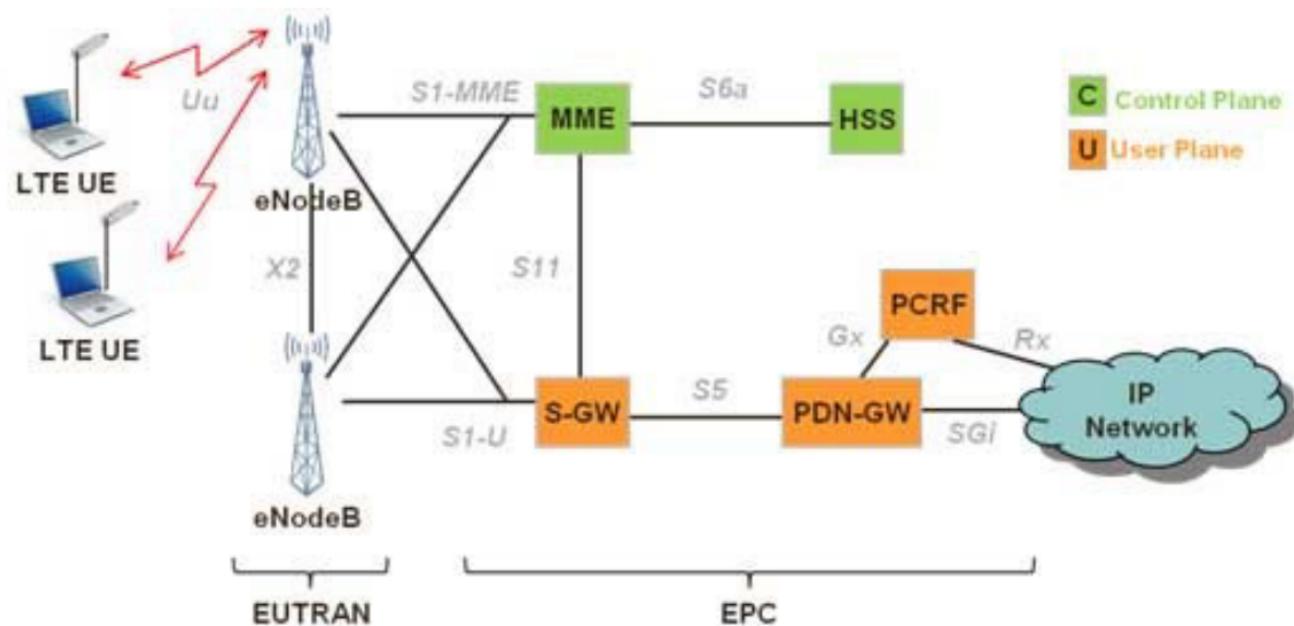
## Arquitectura de una red LTE

- La arquitectura de un sistema **LTE** la componen un equipo de usuario (**UE, User Equipment**) que accede a la red LTE a través de un sistema de acceso radio evolucionado, o también llamado "[Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network \(EUTRAN\)](#)", el cual consiste en un único elemento, la estación base llamada en LTE **eNodeB**. El conjunto de **eNB** constituye la red de acceso..
- Todo el sistema radio LTE está controlado por el **EPC** ([Evolved Packet Core](#)) que lo forman generalmente cinco elementos, clasificados en el **plano de control (Control Plane)** y el **plano de usuario (User Plane)** dependiendo de la función que cada elemento desarrolla.
- Existen múltiples interfaces, destacando en **Uu** (entre UE y eNBs) y el **S1** (entre la EUTRAN y EPC).



# Redes 4G-LTE

## Arquitectura de una red LTE



De Aquí a Abajo NADA,  
lo siguiente es la parte 2

## Redes 4G-LTE

### Arquitectura de una red LTE

- **Equipo de usuario (UE)**

Smartphone, Computers, Outdoor CPE

(Customer Promises Equipment, Indoor CPE, etc.)



- **Evolved Node B (eNB) cuyas funciones**

- 1) Gestión de recursos (asignación y traspasos)
- 2) Control de admisión
- 3) Aplicación de negociación QoS del UL
- 4) Información broadcast en la célula
- 5) Cifrado/descifrado de usuario y datos del plano de control



# Redes 4G-LTE

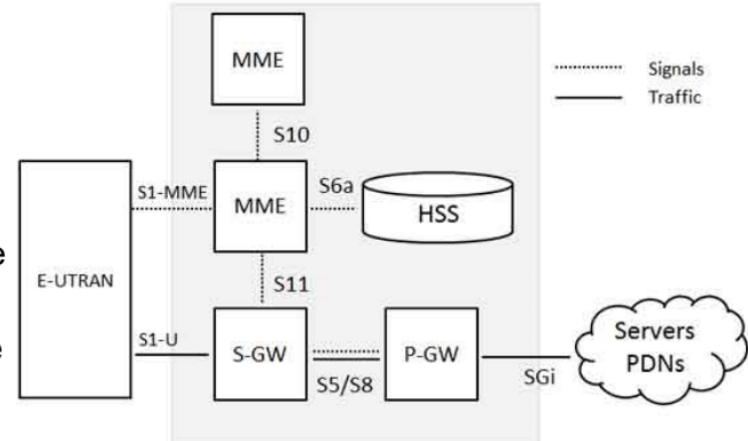
## Arquitectura de una red LTE

- Evolved Packet Core (Núcleo) (i)

- S-GW: Serving Gateway

Funciones:

- 1) Encaminamiento y reenvío de paquetes de datos de los usuarios.
- 2) Actúa como elemento de movilidad para el plano de usuario durante los *inter-eNB handovers* y para la movilidad entre LTE y otra red 3GPP.
- 3) Para los estados inactivos de UEs, desactiva el camino de datos DL y los envíos de *paging* cuando llega datos en DL al UE.
- 4) Realiza la replicación del tráfico de usuario en caso de intercepción legal.



# Redes 4G-LTE

## Arquitectura de una red LTE

- **Evolved Packet Core (Núcleo) (ii)**

- **MME: Entidad de gestión de la movilidad**

- Nodo de control clave para el acceso a la red LTE

*Funciones:*

- 1) Procedimiento de seguimiento en modo inactivo del UE y procedimiento de *paging* incluyendo retxs.
- 2) Procesos portadores de activación/desactivación y elección del SGW por un UE en la conexión inicial y traspaso intra-LTE implicando el nodo de reasignación en el *Core Network*.
- 3) Autenticación de usuarios. Comprueba la autorización del UE en el proveedor de servicio *Public Land Mobile Network* (PLMN).
- 4) Funciones del plano de control para la movilidad entre LTE y accesos 2G/3G.

# Redes 4G-LTE

## Arquitectura de una red LTE

- Evolved Packet Core (Núcleo) (iii)

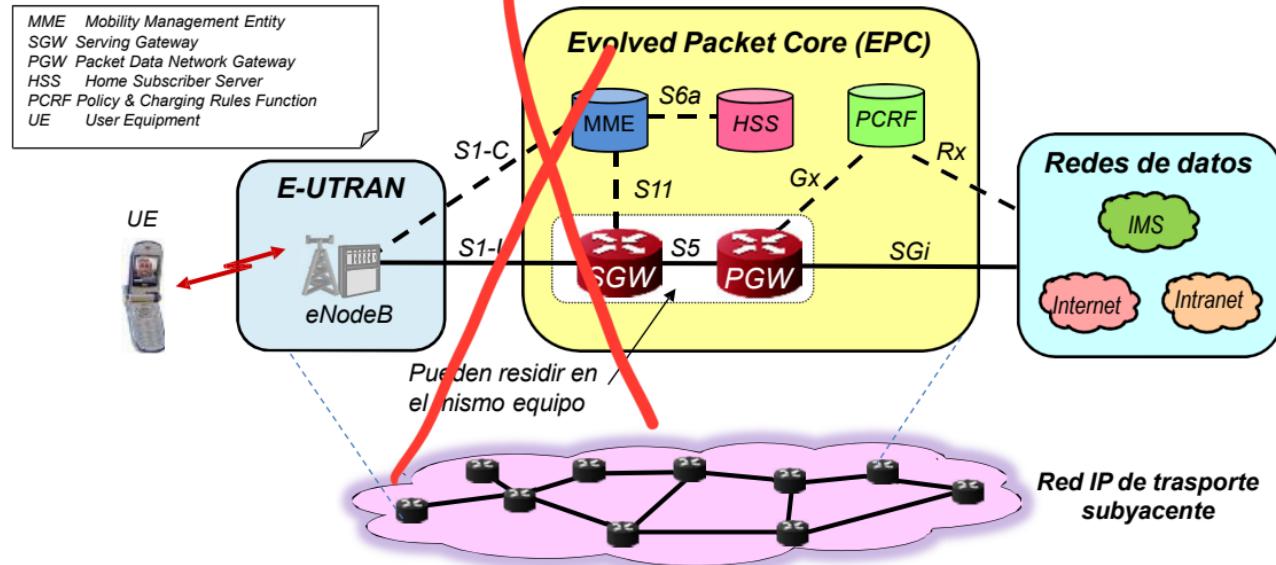
- *Packet Data Network Gateway*

*Funciones*

- 1) Proporciona conectividad al UE a redes de datos externas (IP direcciones ...). Un UE puede tener conectividad simultánea con más de un PDN GW para acceder a múltiples PDNs
- 2) Realiza política de filtrado de paquetes para cada usuario, soporte de facturación, intercepción legal y visión de datos
- 3) Actúa como punto de anclaje para la movilidad entre 3GPP y tecnologías no-3GPP (WiMAX)

# Redes 4G-LTE

## Resumen de una arquitectura de red LTE



# Redes 4G-LTE

## Resumen de una arquitectura de red LTE

 eNodeB	<i>Evolved Node-B</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Único elemento funcional de la red de acceso.</li><li>- Híbrido de estación base y controlador</li></ul>
 MME	<i>Mobility Management Entity</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Servidor de señalización (funciones de control similares a un SGSN)</li><li>- Gestión de movilidad y de sesiones: act. posición, paging, ...</li></ul>
 SGW	<i>Serving Gateway</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Intercambio de tráfico de usuario entre red de acceso y núcleo de red IP</li><li>- Ancla para traspasos entre con otras redes 3GPP</li></ul>
 PGW	<i>Packet Data Network Gateway</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Intercambiar de tráfico con redes externas (Packet Data Networks)</li><li>- Clave para “policy enforcement” y recogida de datos de tarificación</li><li>- Ancla para traspasos con redes no 3GPP</li></ul>
 HSS	<i>Home Subscriber Server</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Base de datos central de usuarios del sistema EPS</li><li>- Identidades, datos de servicio y localización de usuarios</li></ul>
 PCRF	<i>Policy Charging and Rules Function</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Gestión de políticas de QoS y tarificación</li></ul>

# Redes 4G-LTE

## Modulaciones en LTE

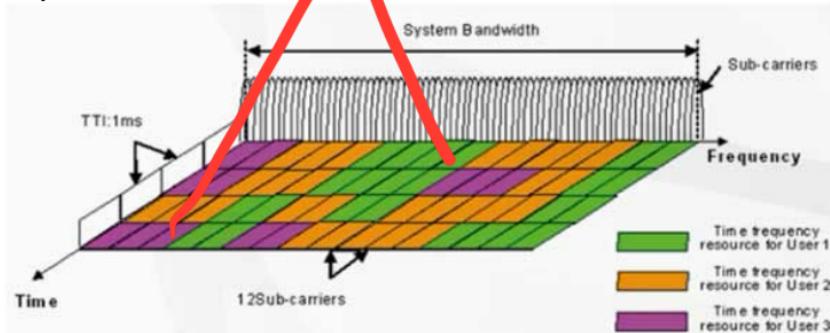
En 2004, el [3GPP](#) empieza a definir lo que será la evolución de la tecnología **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System), es decir el proyecto **LTE** (*Long-Term Evolution*) con los siguientes propósitos:

- Incremento del throughput:
  - 100Mbit/s de pico en downlink y 50Mbit/s de pico en uplink
  - 1Gbit/s para **LTE Advanced**
  - Mayor rendimiento en el borde de celda
  - Reducción de la latencia. Menor tiempo de transferencia y menor tiempo de handover lo que implica una mejor sensación para el usuario.
  - Soporte para una variedad de canales 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20Mhz.
- Compatible con las tecnologías 3G existentes:
  - Debe trabajar con GSM/EDGE/UMTS
- Soporte para calidad de servicio
- Aplicaciones diversas:
  - [TDD y FDD](#)
  - Movilidad hasta 450km/h
  - Amplio rango de terminales (teléfonos, PCs,...)

# Redes 4G-LTE

## Modulaciones en LTE

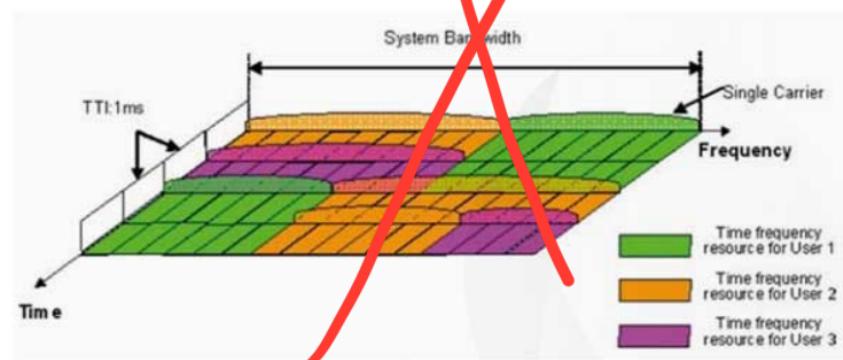
- LTE usa OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) en downlink y SC-FDMA (Single Carrier FDMA) en uplink.
- Es importante recordar que **LTE** opera en dos dominios separados, de tiempo y de frecuencia.
- En la siguiente figura se puede ver desde una perspectiva de tiempo y frecuencia la estructura de asignación para el **enlace downlink**.



# Redes 4G-LTE

## Modulaciones en LTE

- En la siguiente figura se puede ver desde una perspectiva de tiempo y frecuencia la estructura de asignación para el [enlace uplink](#).



# Redes 4G-LTE

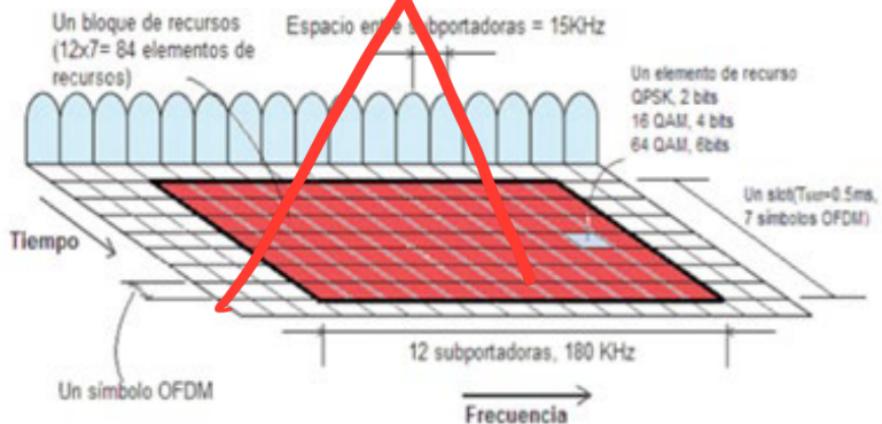
## Modulaciones en LTE

- En OFDM, **los símbolos se agrupan en bloques de recursos (PBR)**. Los bloques de recursos tienen un tamaño total de 180 Khz en el dominio de la frecuencia y 0.5 ms en el dominio del tiempo. Cada 1ms, Intervalo de tiempo de transmisión (TTI) consiste de 2 slots (Tslot).
- A cada usuario le es asignado un número de bloques recursos en el grid frecuencia-tiempo.
- **Cuantos más bloques recursos un usuario obtenga, y se usa la modulación más alta en los elementos, el bit rate será más alto.**
- Los bloques de recurso que obtiene el usuario en un determinado punto del tiempo dependen de los mecanismos avanzados de planificación (scheduling) en las dimensiones de frecuencia y tiempo.

# Redes 4G-LTE

## Modulaciones en LTE

- Un PRB ocupa en frecuencia 180 KHz divididos en 12 subportadoras equiespaciadas de 15 KHz cada una y en tiempo un slot equivale a 0.5 ms repartidos en 7 símbolos OFDMA, a su vez, un PRB está conformado por 84 elementos de recurso y cada elemento puede transportar 2, 4 o 6 bits dependiendo de si la modulación asignada al usuario es QPSK, 16 QAM o 64 QAM

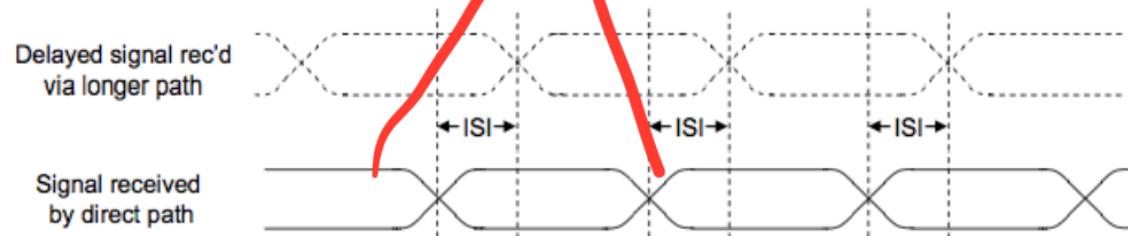


# Redes 4G-LTE

## OFDM en LTE

OFDM fue elegida para el enlace de downlink por lo siguiente:

- Mejoraba la eficiencia espectral
- Reducía el efecto ISI multipath (multirayecto)
  - Efecto en el dominio del tiempo del multirayecto

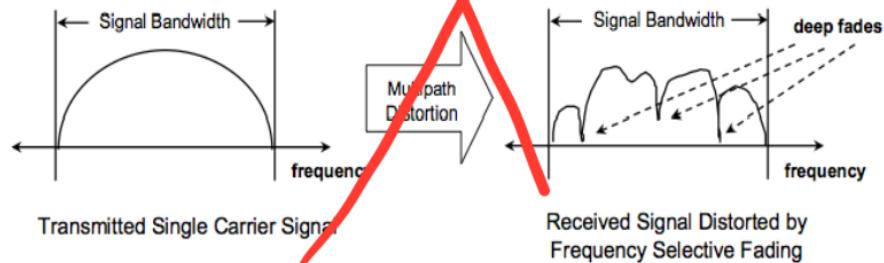


# Redes 4G-LTE

## OFDM en LTE

OFDM fue elegida para el enlace de downlink por lo siguiente:

- Reducía el efecto ISI multipath (multirayecto)
  - Efecto en el dominio de la frecuencia del multirayecto

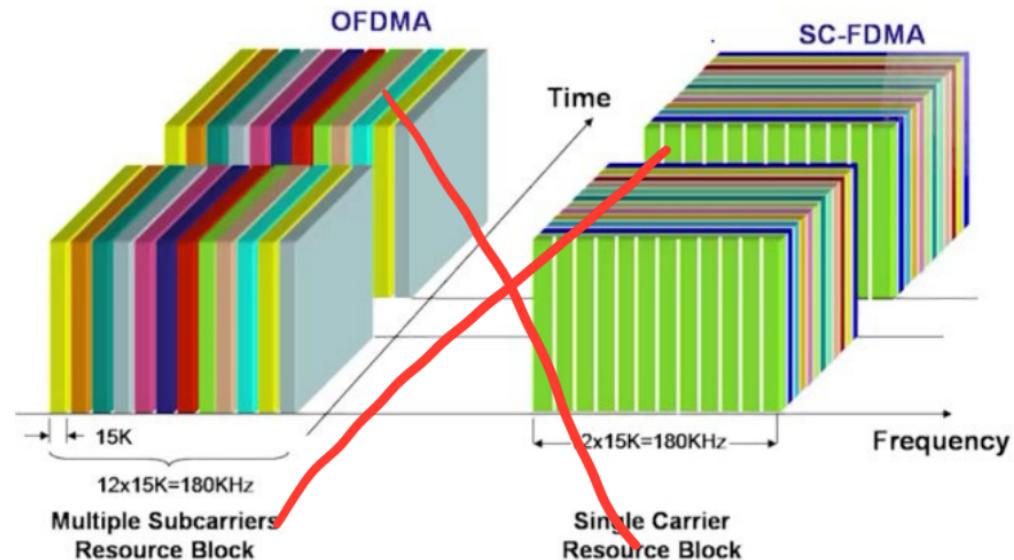


- Proporcionaba mejor protección contra el fading

# Redes 4G-LTE

## SC-FDMA en LTE

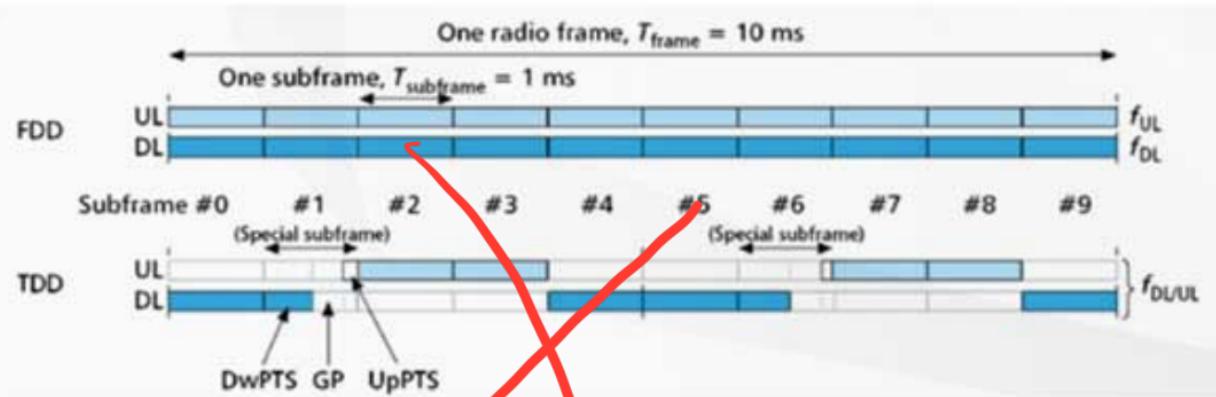
- Comparativa entre **OFDM** y **SC-FDMA**



# Redes 4G-LTE

## Estructura de la trama en LTE

- En la siguiente figura vemos la estructura de una **trama LTE** en *TDD* y en *FDD*



- Las diferencias más importantes son:
  - La trama 0 y la trama 5 siempre para downlink en TDD
  - La trama 1 y la trama 6 son usadas siempre para sincronización en TDD
  - Las tramas asignadas para Uplink y Downlink son ajustables en TDD

# Redes 4G-LTE

## Estructura de la trama en LTE

- El eje temporal se divide en **tramas de 10 ms.**
- Cada trama a su vez está compuesta por **10 subtramas**, cada una de duración **1 ms.**
- *TDD* tiene una estructura de trama mucho más flexible que *FDD* en tanto que contiene subtramas de transmisión tanto para el enlace descendente (DL) como ascendente (UL) así como subtramas especiales que contienen los símbolos piloto de los enlaces ascendente y descendente y periodos de guarda entre transmisión y recepción.
- Esta subtrama especial aparece para facilitar la transición entre los enlaces descendente y ascendente por razones de sincronización.
- La subtrama especial tiene una configuración variable. En ella se pueden distinguir tres campos:
  - **DwPTS**, que corresponde a la transmisión en el enlace descendente, y cuya longitud mínima es 1 símbolo OFDM. Este primer símbolo OFDM se utiliza para ubicar, ahora que el sistema opera en modo TDD, la denominada señal de sincronización primaria. Los restantes símbolos de este campo (si existen) pueden transportar señales de referencia o incluso datos.
  - **UpPTS** que corresponde a la transmisión en el enlace ascendente. Se utiliza para transmitir un preámbulo corto de acceso aleatorio (short RACH preamble) compuesto por 2 símbolos OFDM. Los restantes símbolos de este campo (si existen) pueden transportar señales de referencia o incluso datos.
  - **GP** o periodo de guarda. La longitud del mismo depende de los campos anteriores.

# Redes 4G-LTE

## Tecnología MIMO

### Qué es MIMO (SU-MIMO, MU-MIMO)

- MIMO ha sido una de las grandes revoluciones de las tecnologías radio en los últimos años y es uno de los responsables del drástico aumento de velocidad que se ha logrado en el wifi o en las redes móviles. Simplemente añadiendo más antenas operando en la misma frecuencia consigue multiplicar la velocidad por 2, 3, 4 e incluso 8 veces.
- MIMO se basa en la multiplexación espacial. Aprovecha que la señal de cada antena sigue un camino distinto hasta el receptor para crear canales paralelos que el receptor combinará de nuevo para obtener la señal original. Ej. El oído humano es un MIMO 2:2.



# Redes 4G-LTE

## Tecnología MIMO

- Para que MU-MIMO funcione **todos los clientes conectados deben soportar MU-MIMO y además deben estar espaciados físicamente** entre ellos y el router o red móvil.
- MU-MIMO funciona gracias al **beamforming**, tecnología disponible con la que la red móvil utiliza sus múltiples antenas para dar forma al lóbulo de radiación que sale de ellas, **orientándolo hacia cada dispositivo**.
  - Esto trae varias ventajas, como que solo recibe la señal que le corresponde, esta llega más lejos en la dirección deseada a la vez que se reducen las interferencias en otras direcciones donde puede haber redes vecinas.



# Redes 4G-LTE

## Tecnología MIMO

- **Ventajas**

- 1) Tasas muy altas de datos: más de un flujo simultáenamente
- 2) Diversidad espacial: aprovecha los múltiples caminos, el multicamino es un recurso

- **Desventajas**

- 1) Complejidad

Configuraciones admitidas por LTE:

- UL: 1x1, 1x2, 2x2, 4x4 (LTE-A)
- DL: 1x1, 1x2, 2x2, 4x2, 4x4, 8x8 (Release 10)

# Redes 4G-LTE

## Enlace descendente DOWNLINK

- Con el fin de facilitar la implementación de los mecanismos físicos necesarios para realizar la demodulación/detección de las señales moduladas [OFDMA](#) propias del enlace descendente del sistema **LTE**, se han establecido un conjunto de señales físicas.
- Una transmisión eficiente de los datos de los usuarios a través de la interfaz aire, necesitan los denominados *canales físicos de control*. Estos canales transportan tanto señales de control generadas a nivel de capa física como aquel tipo de mensajes de control generados en las capas superiores del sistema.

# Redes 4G-LTE

## Enlace descendente DOWNLINK

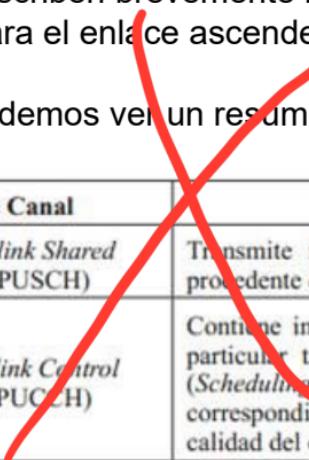
- En la siguiente tabla podemos ver un resumen de los canales físicos del enlace descendente

Nombre Canal	Descripción
<i>Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)</i>	Transmite información de usuario, de control tanto dedicada como común (i.e., aviso o <i>paging</i> , y de ciertos parámetros de radiodifusión)
<i>Physical Multicast Channel (PMCH)</i>	Se utiliza para transportar información MBMS destinada a los usuarios multicast en redes isofrecuencia (SFN)
<i>Physical Broadcast Channel (PBCH)</i>	Transporta la información de radiodifusión básica de la red, que permite la conexión inicial de un terminal móvil a la misma.
<i>Physical Downlink Control Channel (PDCCH)</i>	Canal de control genérico del enlace descendente. Informa sobre los recursos en el enlace descendente asignados al PDSCH.
<i>Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH)</i>	Informa al terminal móvil sobre el número de símbolos (1,2 ó 3) utilizados para transmitir el PDCCH.
<i>Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH)</i>	Transporta información de reconocimientos (ACK/NACK) correspondientes a las transmisiones del enlace ascendente.

# Redes 4G-LTE

## Enlace ascendente UPLINK

- En este apartado se describen brevemente las características más relevantes de los canales físicos especificados para el enlace ascendente en el sistema **LTE**.
- En la siguiente tabla podemos ver un resumen de los canales físicos del enlace ascendente



Nombre Canal	Descripción
<i>Physical Uplink Shared Channel (PUSCH)</i>	Transmite información de usuario y de control dedicada procedente de capas superiores a la capa física.
<i>Physical Uplink Control Channel (PUCCH)</i>	Contiene información de control del enlace ascendente. En particular transmite: Peticiones de asignación de recursos ( <i>Scheduling Request</i> ); Reconocimientos (ACK/NACK) correspondientes al enlace descendente, información de la calidad del canal ( <i>Channel Quality Indicator-CQI</i> ).
<i>Physical Random Access Channel (PRACH)</i>	Canal físico de acceso aleatorio. Envía un preámbulo para iniciar, por parte del móvil, el procedimiento de conexión al sistema..

# Redes 4G-LTE

## Bandas de frecuencias de los distintos operadores

	800 MHz 4G banda 20	900 MHz 2G/3G banda 8	1800 MHz 2G/4G banda 3	2100 MHz 3G banda 1	2600 MHz 4G banda 7	3500 MHz 5G banda 42
Movistar	10 MHz	14,8 MHz	20 MHz	15 MHz FDD 5 MHz TDD	20 MHz	90 MHz
Vodafone	10 MHz	10 MHz	20 MHz	15 MHz FDD 5 MHz TDD	20 MHz FDD 20 MHz TDD	90 MHz
Orange	10 MHz	10 MHz	20 MHz	15 MHz FDD 5 MHz TDD	20 MHz	100 MHz
MásMóvil			14,8 MHz	15 MHz FDD 5 MHz TDD	10 MHz TDD (autonómicos)	80 MHz

# T5 – Redes de Acceso Móviles 4G y 5G

Redes de Comunicaciones  
Móviles

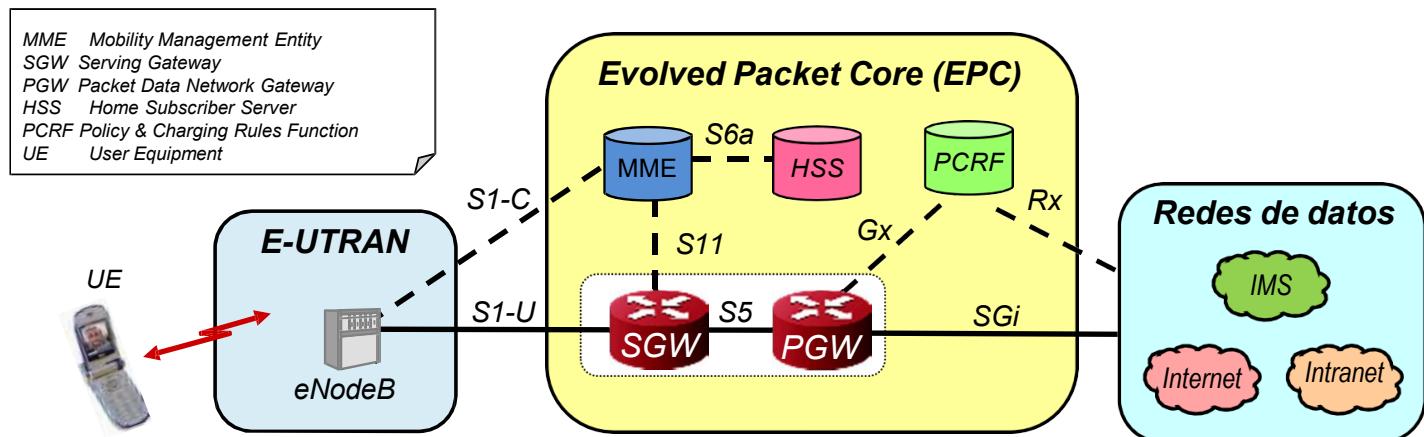
Curso 2025 - 2026

# Índice

- Arquitectura de una Red 4G-LTE
- Elementos de una arquitectura de Red 4G-LTE
- Modulación en una Red 4G-LTE y 5G-NR
- Estructura de una trama de Red 4G-LTE
- Physical Resource Block. PRB
- Funcionamiento de MIMO en una Red 4G y 5G
- Arquitectura de una Red 5G-NR Parte 1. NSA
- Arquitectura de una Red 5G-NR Parte 2. SA

## Arquitectura de una Red 4G-LTE

*Lo que tiene el Eje en la  
Arquitectura de una red*

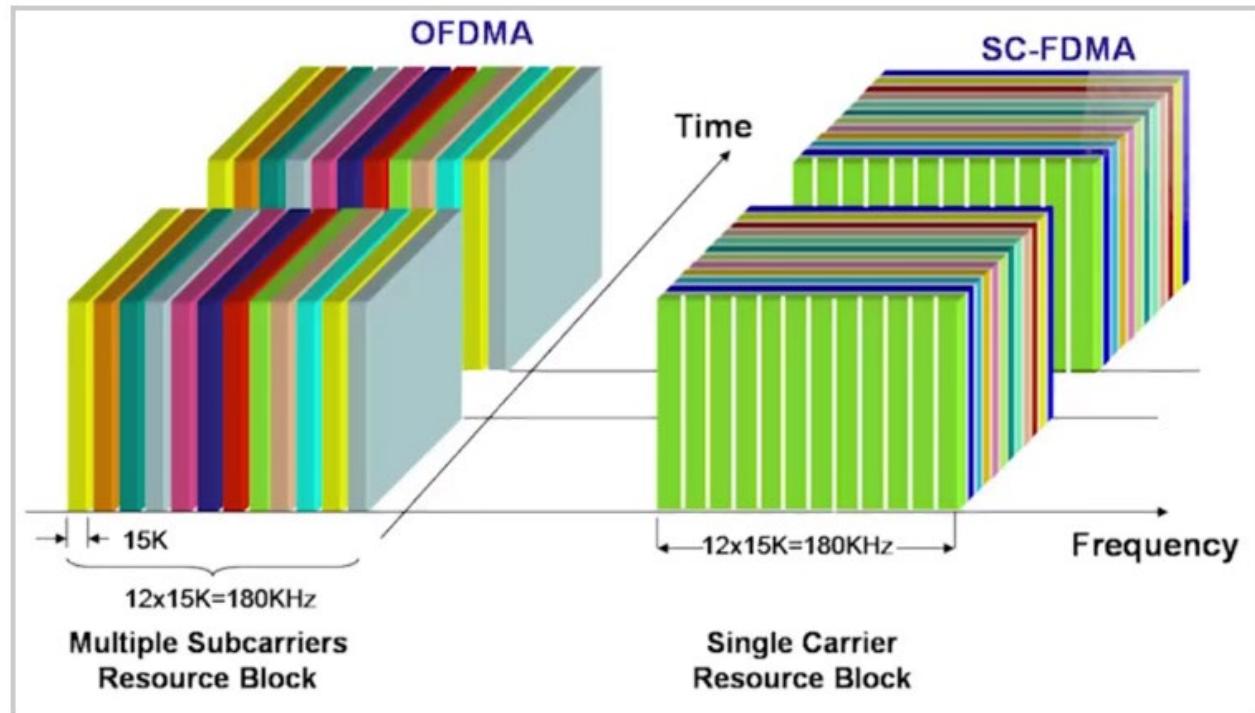


- Uu: Interfaz radio entre equipo de usuario (UE) y la estación base (eNodeB)
- E-UTRAN: Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network. Red de Acceso Radio Terrestre Universal Evolucionada
- EPC: Evolved Packet Core. Núcleo de una Red 4G – LTE
- S1-C: Plano de control
- S1-U: Plano de usuario

## Estructura de una trama en una Red 4G-LTE

 <b>eNodeB</b>	<b>Evolved Node-B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Único elemento funcional de la red de acceso.</li> <li>- Híbrido de estación base y controlador</li> </ul>
 <b>MME</b>	<b>Mobility Management Entity</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor de señalización (funciones de control similares a un SGSN)</li> <li>- Gestión de movilidad y de sesiones: act. posición, paging, ...</li> </ul>
 <b>SGW</b>	<b>Serving Gateway</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intercambio de tráfico de usuario entre red de acceso y núcleo de red IP</li> <li>- Ancla para traspasos entre con otras redes 3GPP</li> </ul>
 <b>PGW</b>	<b>Packet Data Network Gateway</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intercambio de tráfico con redes externas (Packet Data Networks)</li> <li>- Clave para “policy enforcement” y recogida de datos de tarificación</li> <li>- Ancla para traspasos con redes no 3GPP</li> </ul>
 <b>HSS</b>	<b>Home Subscriber Server</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Base de datos central de usuarios del sistema EPS</li> <li>- Identidades, datos de servicio y localización de usuarios</li> </ul>
 <b>PCRF</b>	<b>Policy Charging and Rules Function</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de políticas de QoS y tarificación</li> </ul>

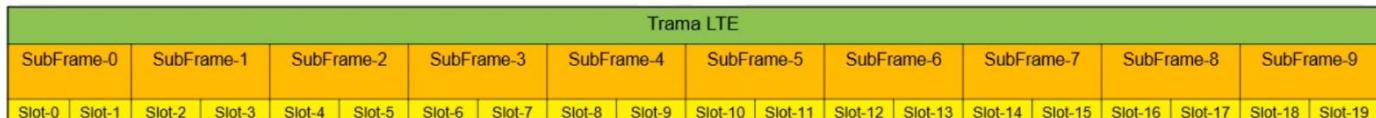
## Modulación en una Red 4G-LTE y 5G-NR



- Downlink: Se utiliza OFDMA
- Uplink: Se utiliza SC-FDMA

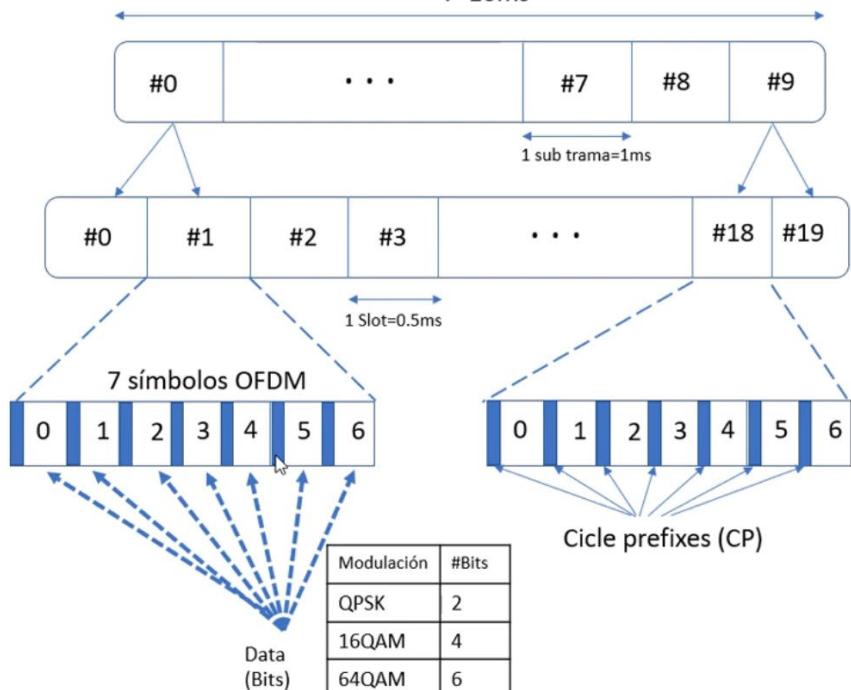
*Ejerc*

## Estructura de una trama en una Red 4G-LTE

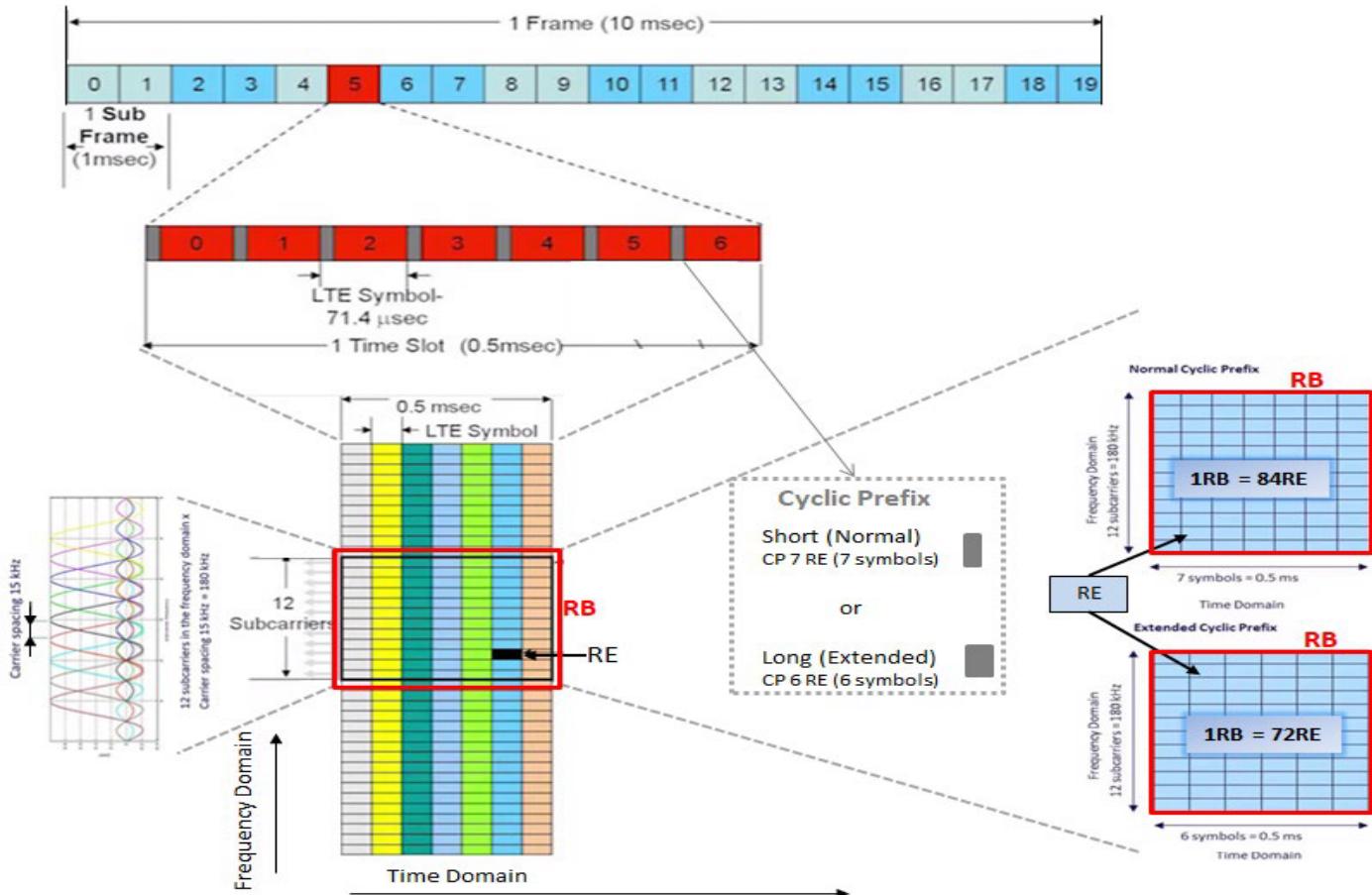


T=10ms

- Una trama LTE consta de 10ms.
- Una trama LTE esta dividido en 10 sub tramas cada uno de 1 ms.
- Una subrama consta de 2 slots, cada slot es de 0.5ms
- Un sub trama consta de 7 símbolos (CP normal) o de 6 símbolos (CP extendido).
- Al inicio de cada símbolo va el CP (cyclic Prefix).



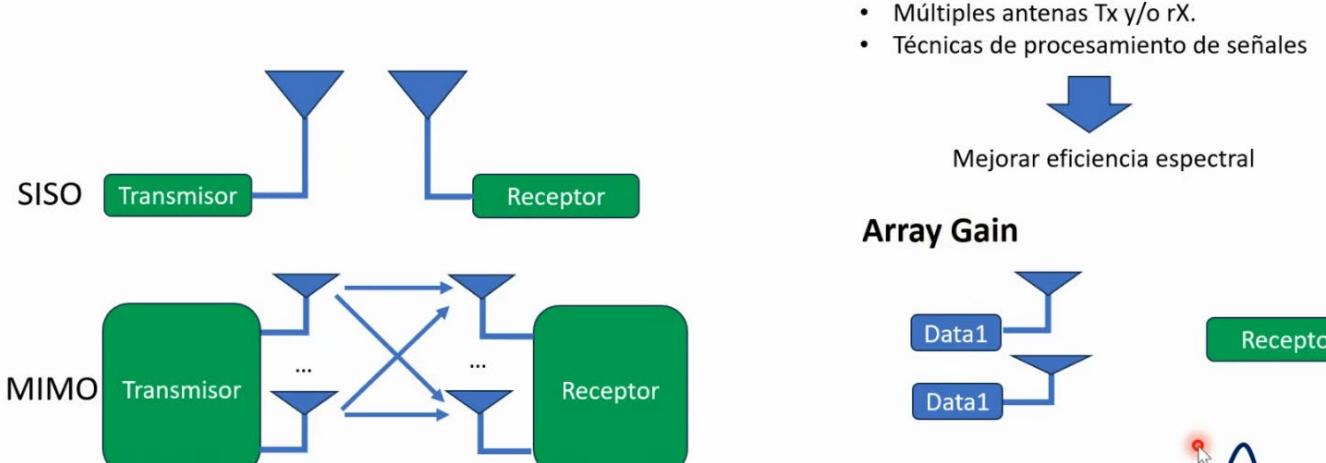
## Estructura de una trama en una Red 4G-LTE (PRB, RB, RE)



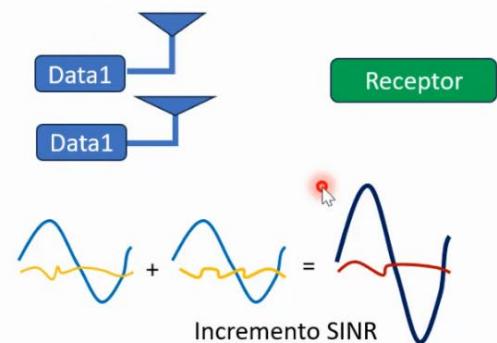
## Funcionamiento de MIMO en una Red 4G y 5G

### Principios básicos de MIMO

MIMO: Multiple-input multiple-output, una técnica que usa múltiples antenas en los transmisores y receptores ,es una evolución del SISO. Se utiliza como  $m \times n$  MIMO ,donde m son las antenas en el tx, n las antenas en el receptor



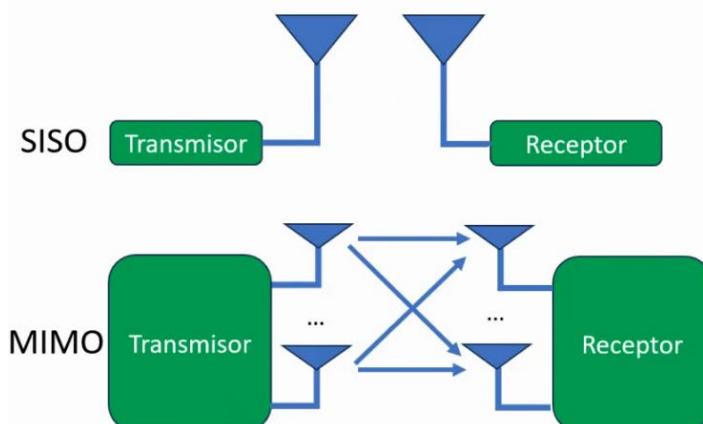
#### Array Gain



## Funcionamiento de MIMO en una Red 4G y 5G

### Principios básicos de MIMO

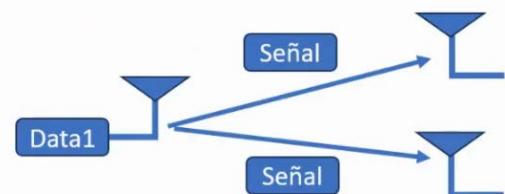
MIMO: Multiple-input multiple-output, una técnica que usa múltiples antenas en los transmisores y receptores ,es una evolución del SISO



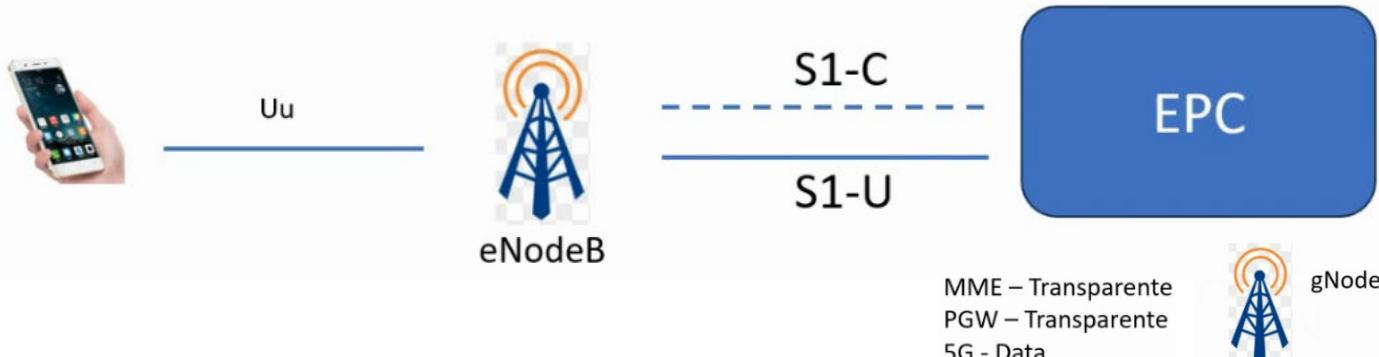
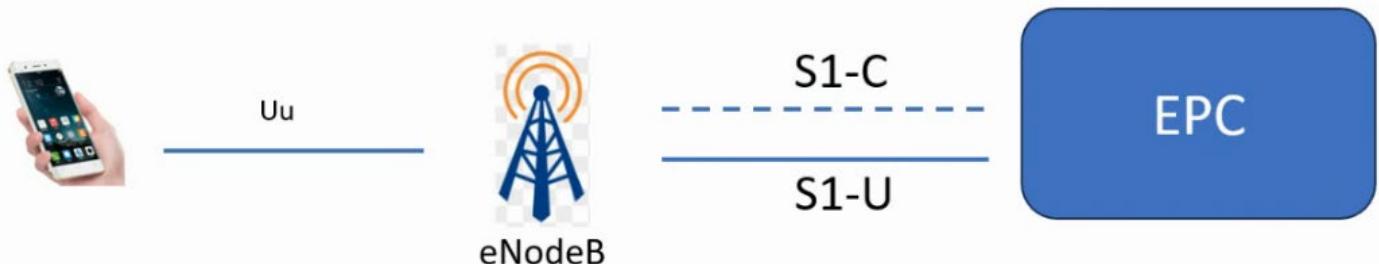
**Multiplexing gain**



**Diversity gain**

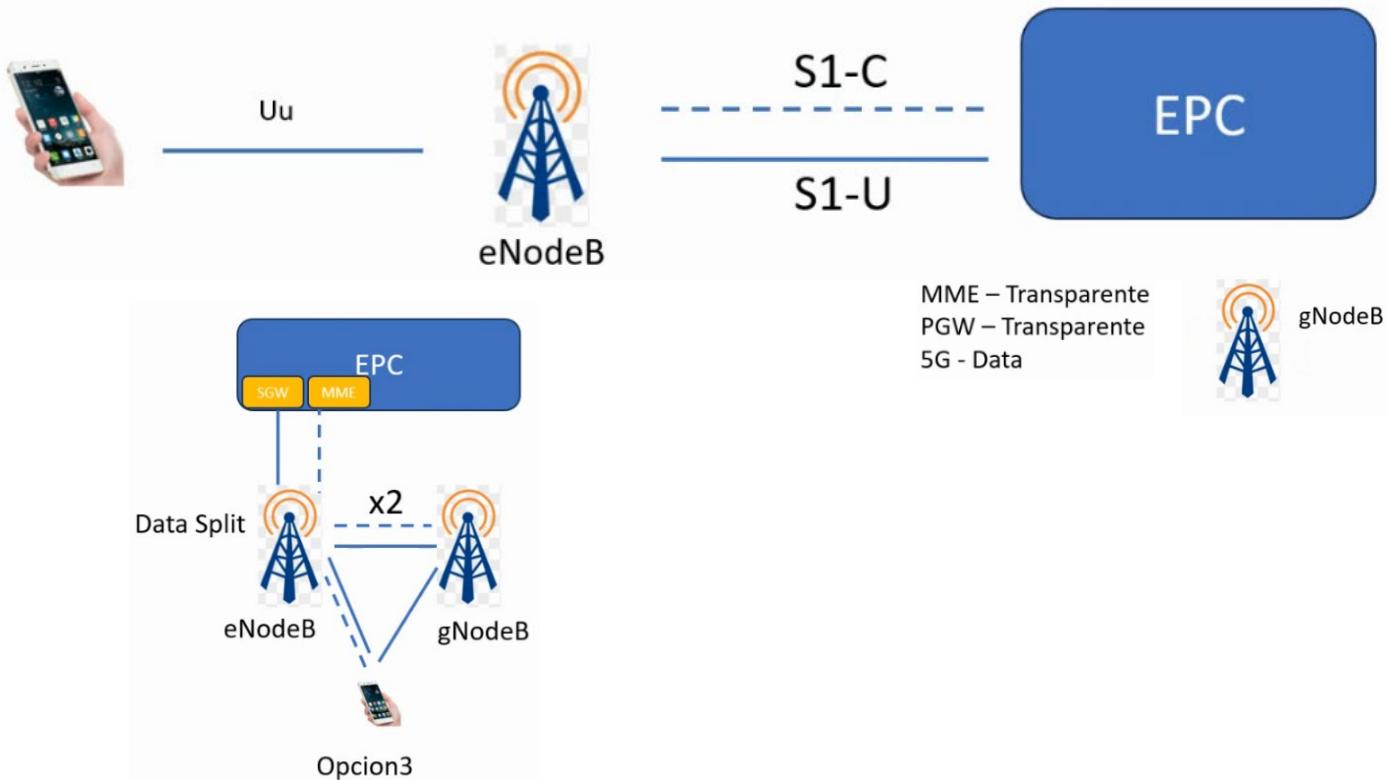


## Arquitectura de una Red 5G-Parte 1

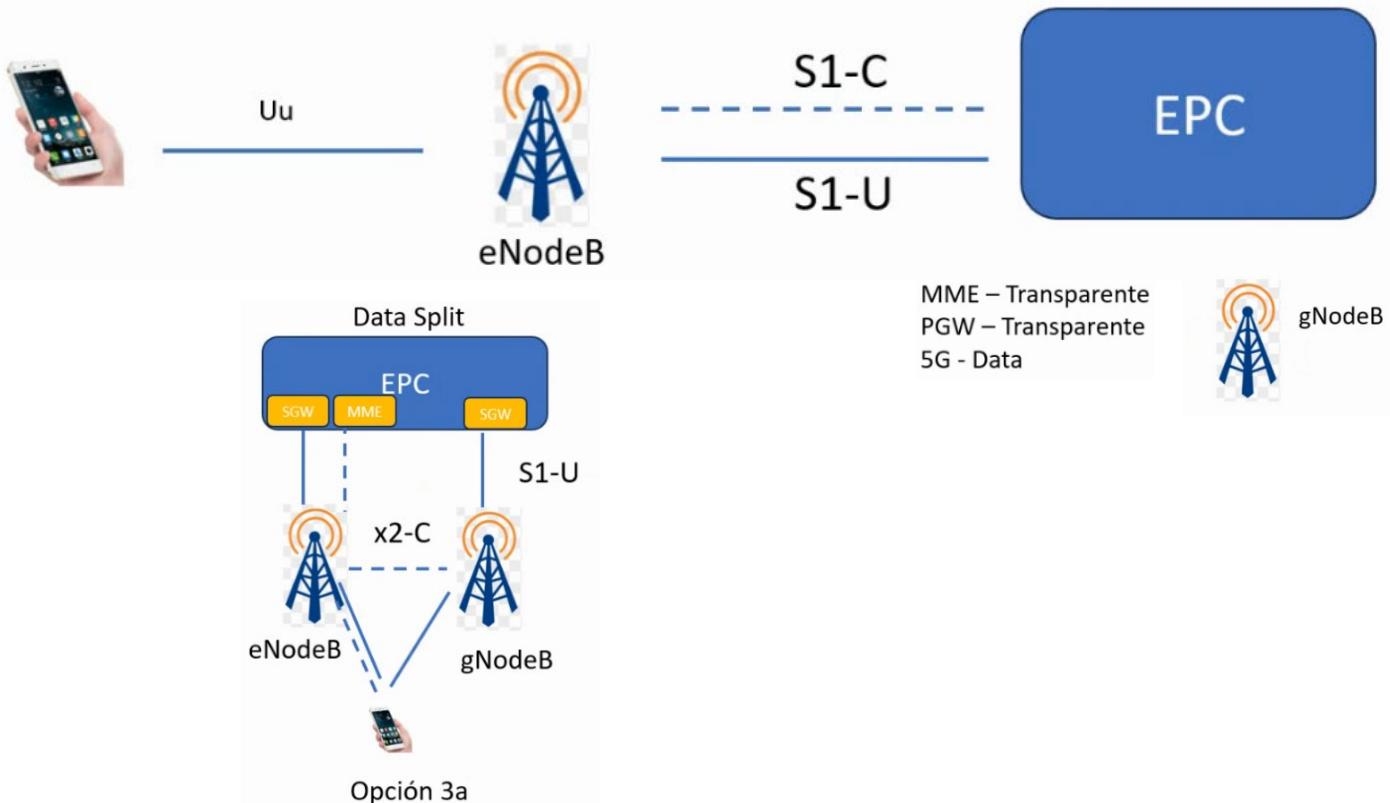


- Uu: Interfaz radio entre equipo de usuario (UE) y la estación base (eNodeB)

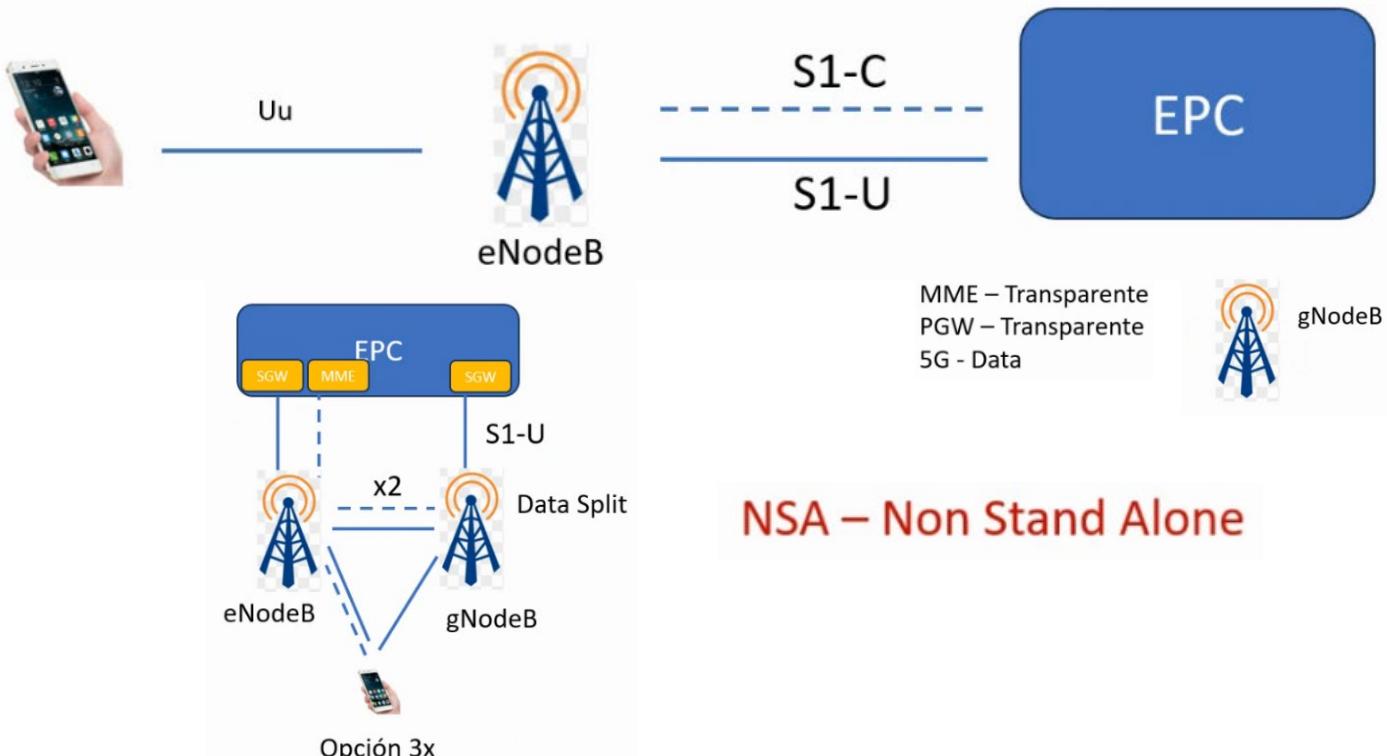
## Arquitectura de una Red 5G-Parte 1



## Arquitectura de una Red 5G-Parte 1

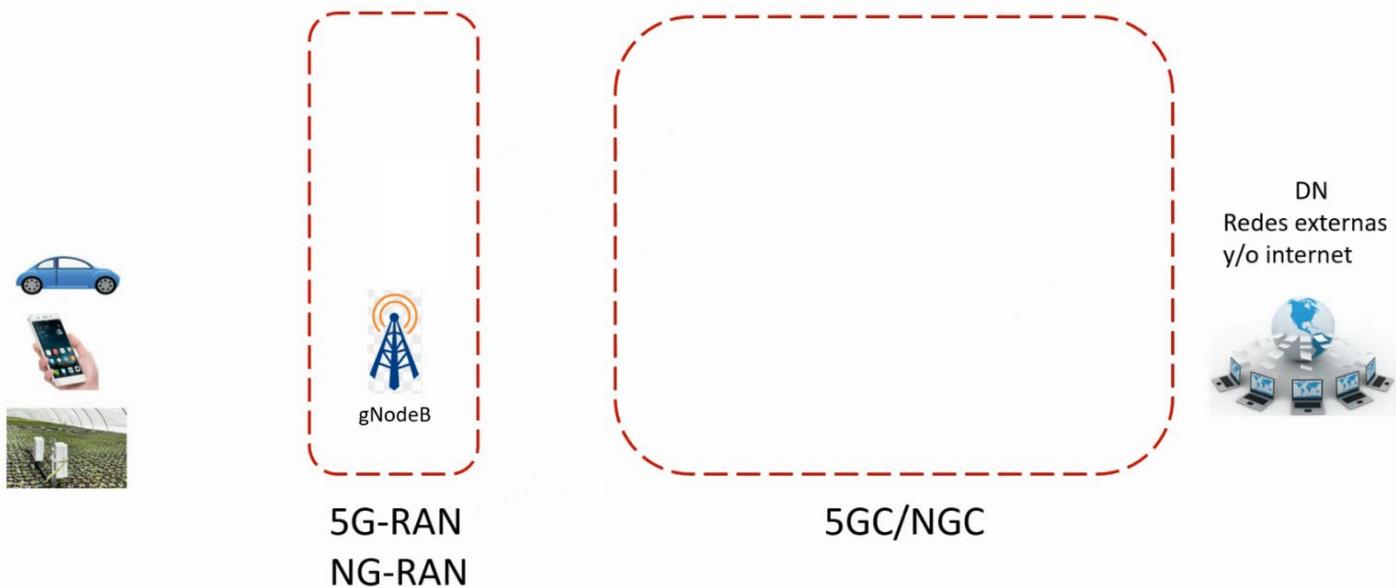


## Arquitectura de una Red 5G-Parte 1



**NSA – Non Stand Alone**

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2



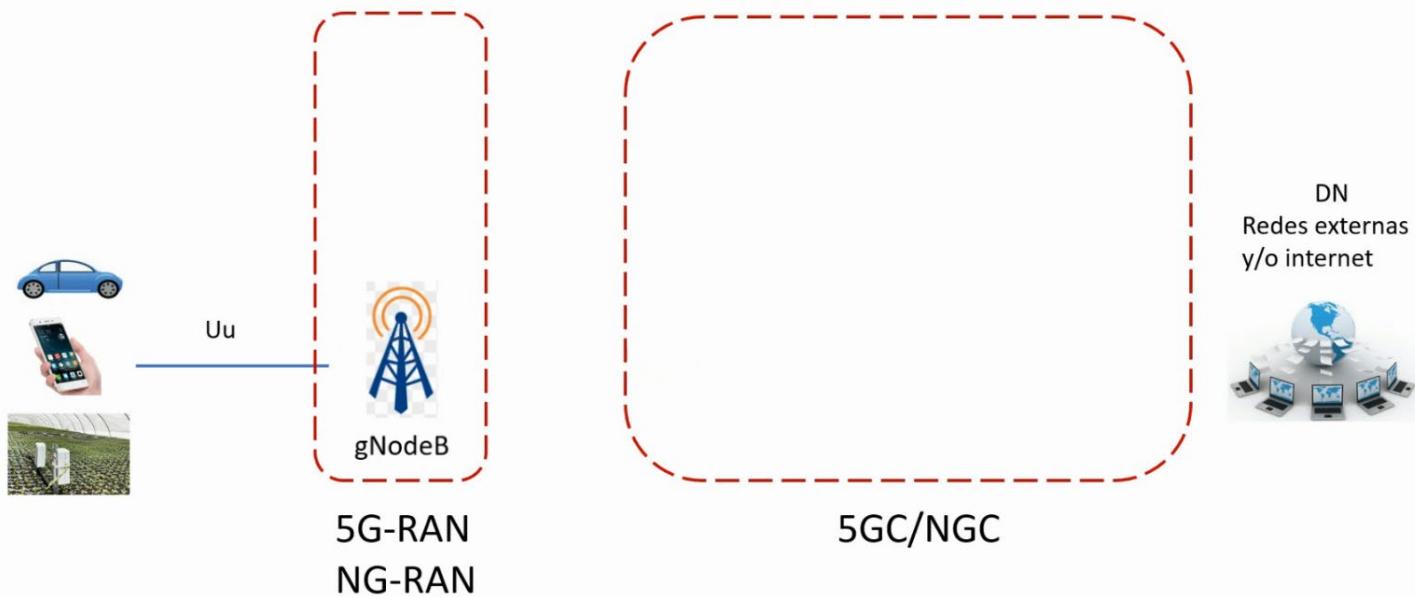
5G-RAN: 5G-Radio Access Network

NG-RAN: Next Generation-Radio Access Network

5GC: 5G Core

NGC: Next Generation Core

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2



Uu: Interfaz radio entre equipo de usuario (UE) y la estación base (eNodeB)

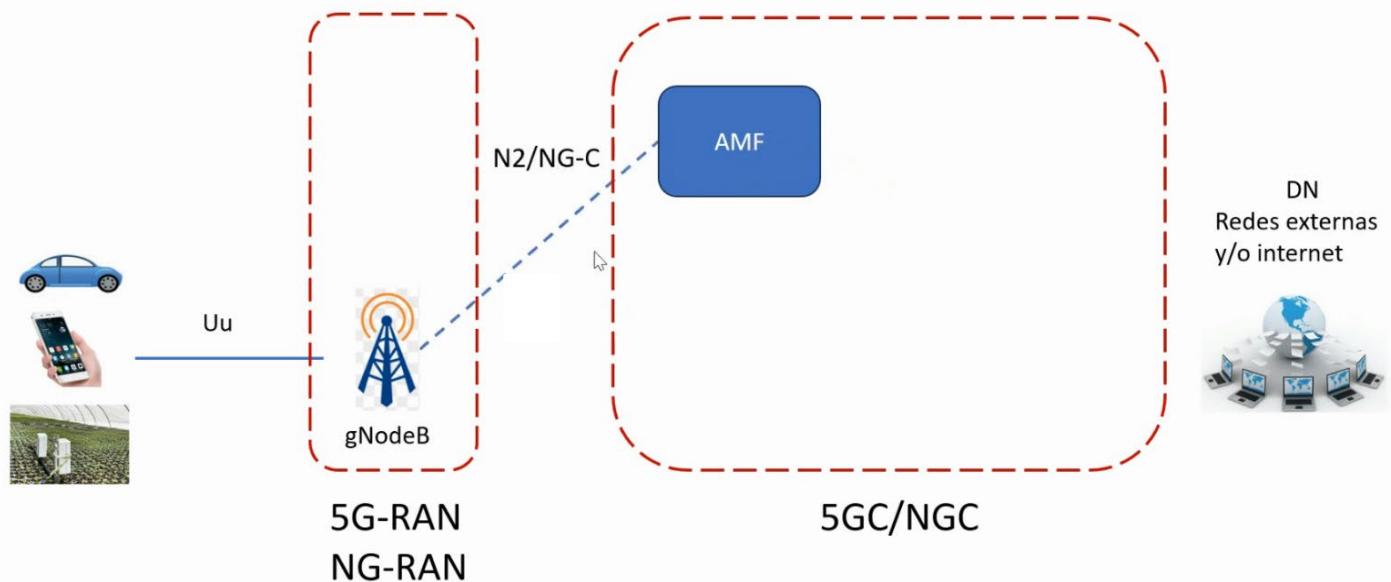
5G-RAN: 5G-Radio Access Network

NG-RAN: Next Generation-Radio Access Network

5GC: 5G Core

NGC: Next Generation Core

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2



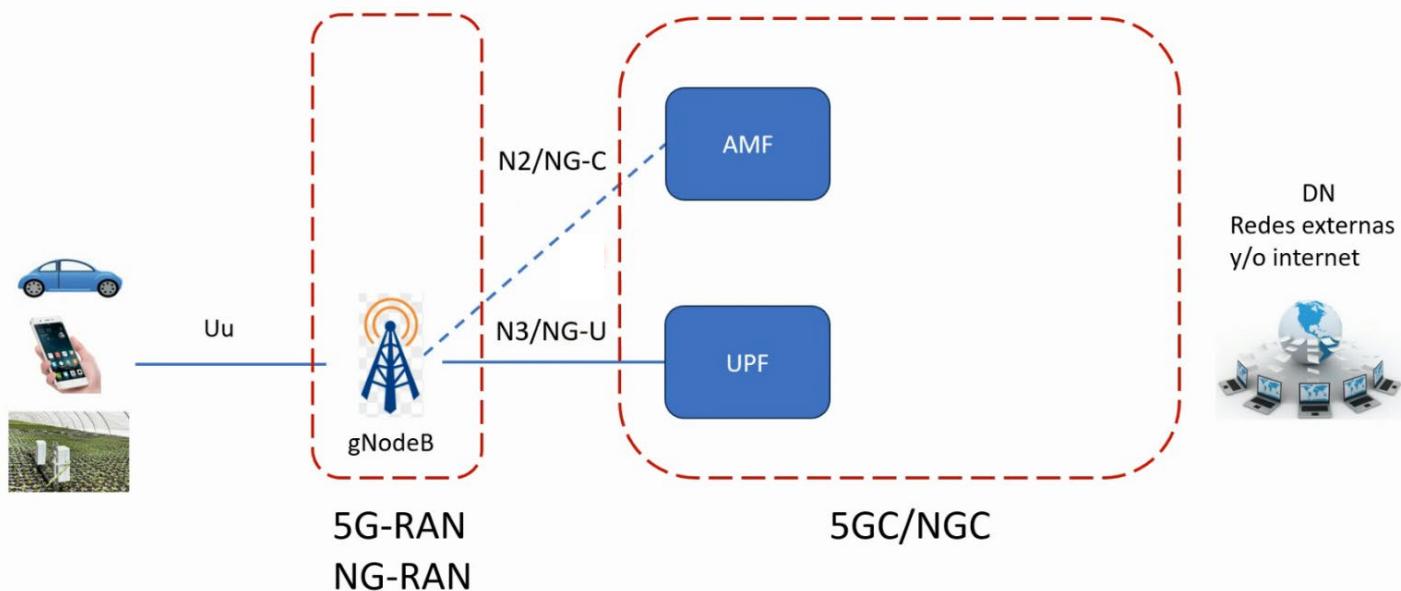
5G-RAN: 5G-Radio Access Network

**AMF: Access & Mobility Function. Función de Gestión de Acceso y Movilidad**

5GC: 5G Core

NGC: Next Generation Core

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2



5G-RAN: 5G-Radio Access Network

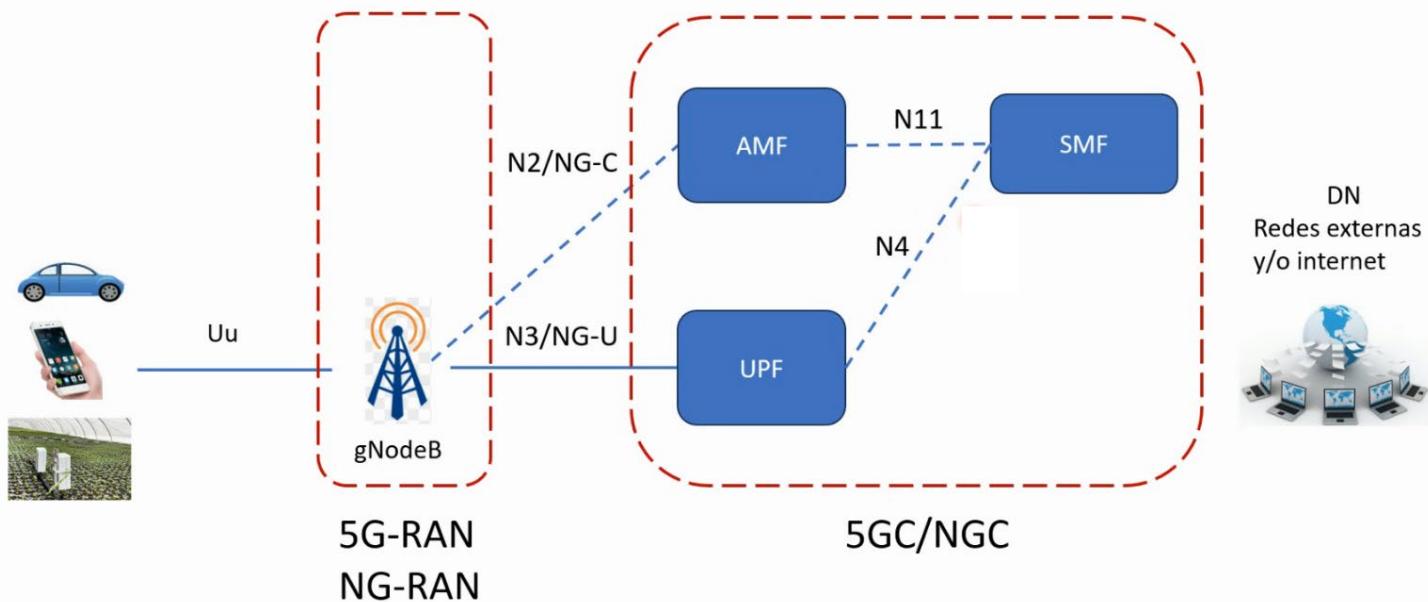
**AMF:** Access & Mobility Function. Función de Gestión de Acceso y Movilidad

**UPF:** User Plane Function. Responsable de gestionar el tráfico de datos del usuario en la red

5GC: 5G Core

NGC: Next Generation Core

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2



**5G-RAN:** 5G-Radio Access Network

**AMF:** Access & Mobility Function. Función de Gestión de Acceso y Movilidad

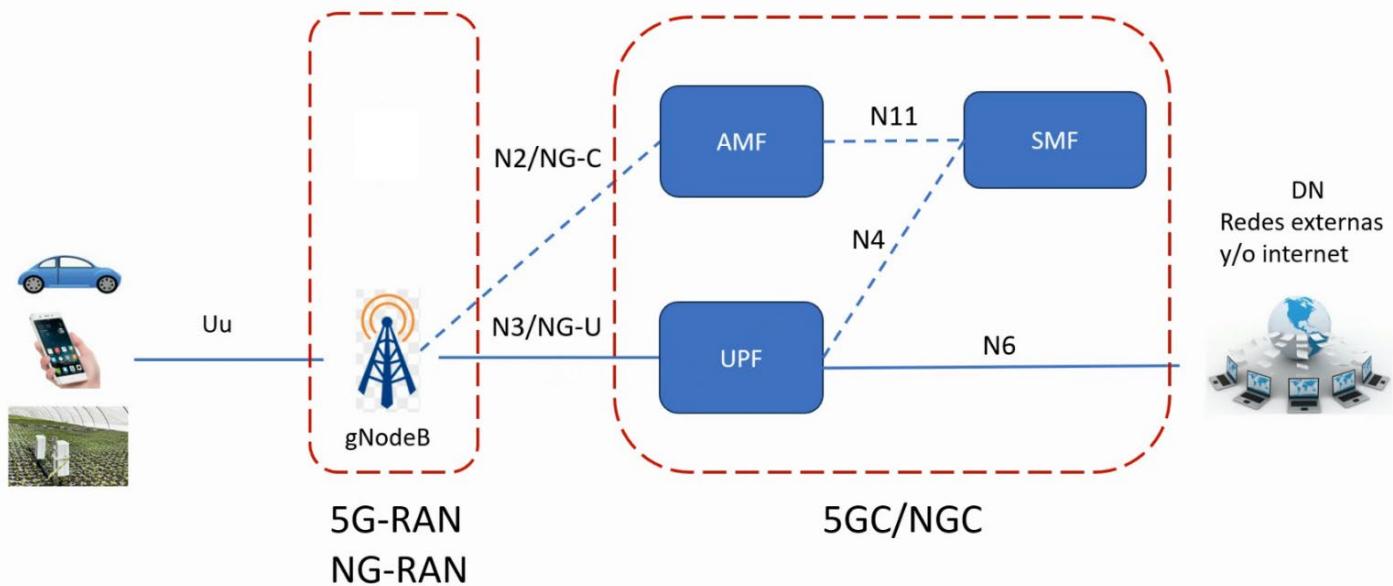
**UPF:** User Plane Function. Responsable de gestionar el tráfico de datos del usuario en la red

**SMF:** Session Management Function. Gestiona el ciclo de vida de las sesiones de datos del usuario realizando un seguimiento de las sesiones de PDU y aplicando políticas de QoS

**5GC:** 5G Core

**NGC:** Next Generation Core

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2



5G-RAN: 5G-Radio Access Network

**AMF:** Access & Mobility Function. Función de Gestión de Acceso y Movilidad

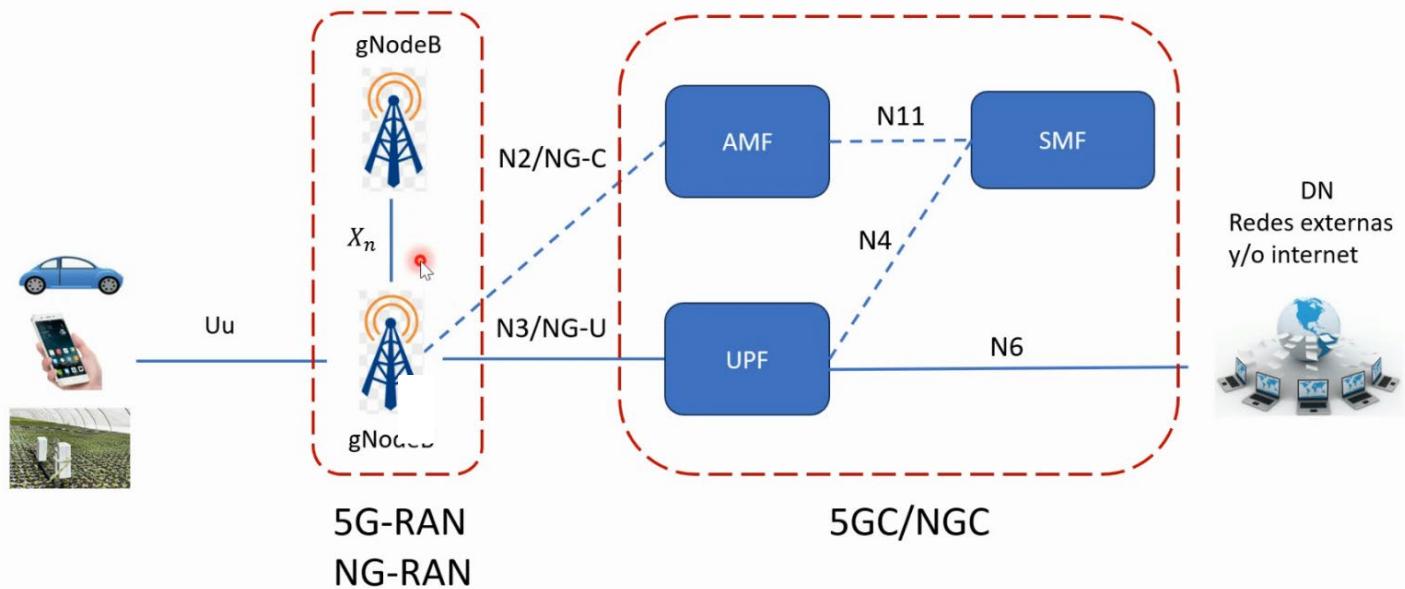
**UPF:** User Plane Function. Responsable de gestionar el tráfico de datos del usuario en la red

**SMF:** Session Management Function. Gestiona el ciclo de vida de las sesiones de datos del usuario realizando un seguimiento de las sesiones de PDU y aplicando políticas de QoS

5GC: 5G Core

NGC: Next Generation Core

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2



5G-RAN: 5G-Radio Access Network

**AMF: Access & Mobility Function. Función de Gestión de Acceso y Movilidad**

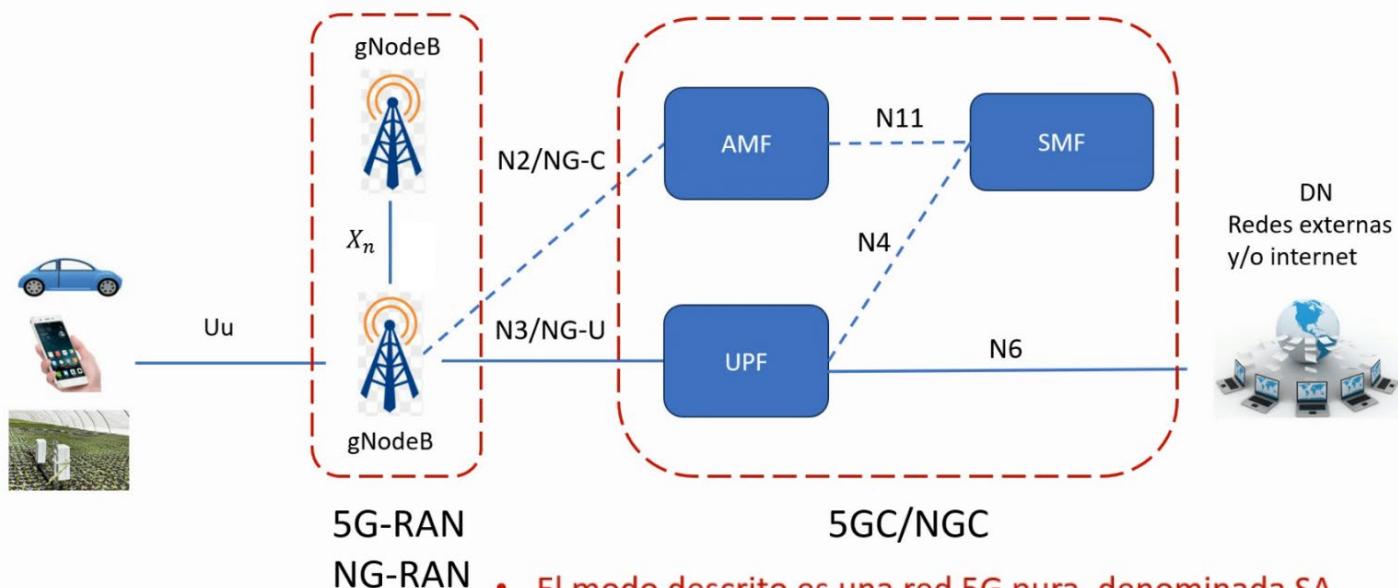
**UPF: User Plane Function. Responsable de gestionar el tráfico de datos del usuario en la red**

**SMF: Session Management Function. Gestiona el ciclo de vida de las sesiones de datos del usuario realizando un seguimiento de las sesiones de PDU y aplicando políticas de QoS**

5GC: 5G Core

NGC: Next Generation Core

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2

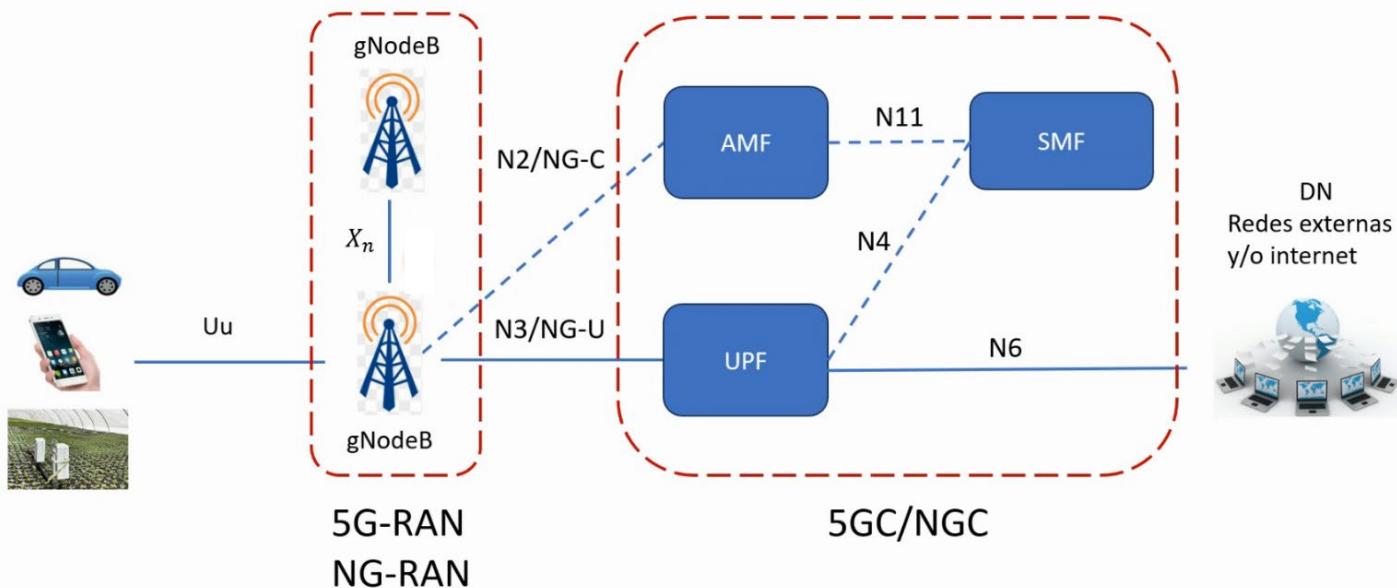


5G-RAN  
NG-RAN

5GC/NGC

- El modo descrito es una red 5G pura, denominada SA
- En el 3GPP la arquitectura descrita es la Opción 2
- Para 5G es NR (New Radio), lo que equivale LTE para 4G

## Arquitectura de una Red 5G-Parte 2



- UDM: Unified Data Management. Gestión Unificada de Datos. Sustituye al HSS del 4G
- PCF: Policy Control Function. Función de Control de Políticas. Sustituye al PCRF del 4G