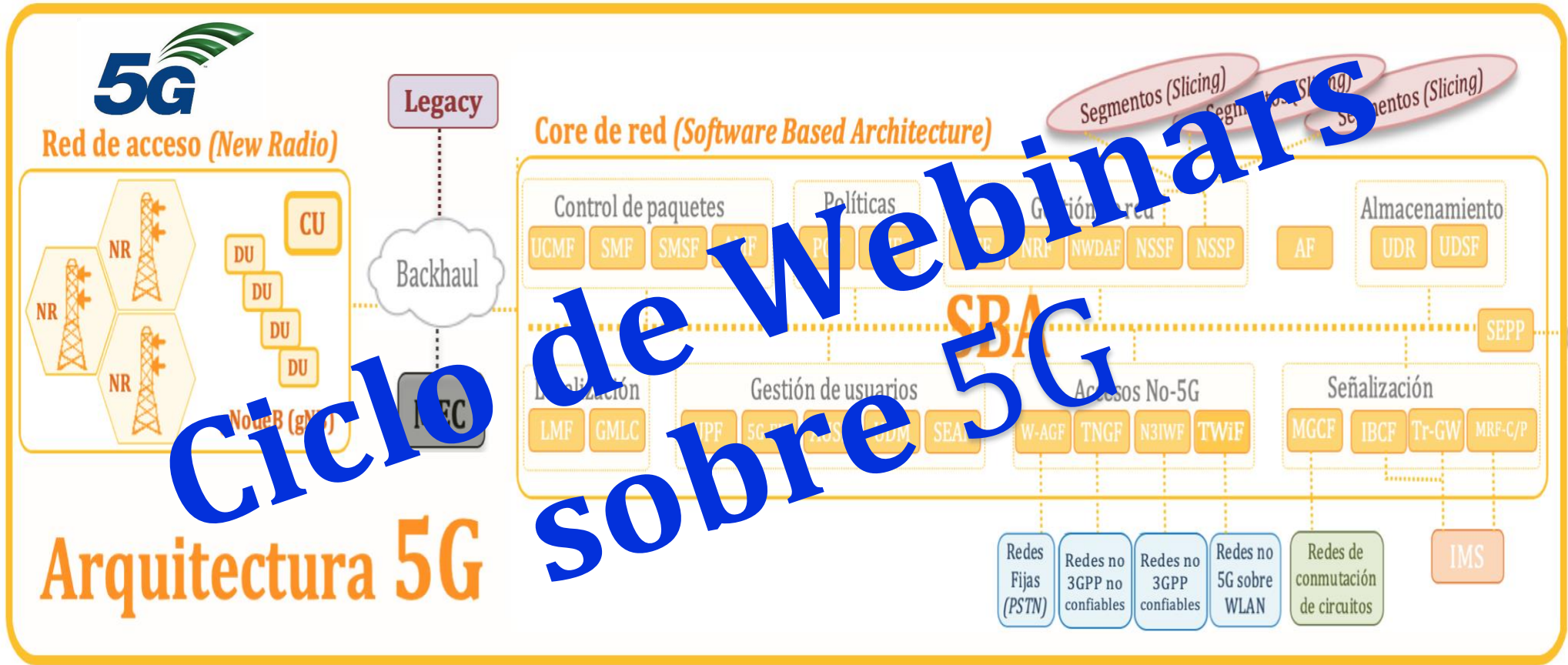
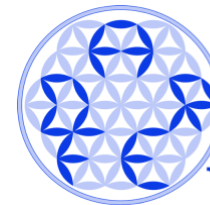


Tema 1: Presentación e introducción a 5G



Alejandro Corletti Estrada
 acorletti@darFe.es



www.darFe.es

Ciclo de Webinars sobre 5G

Tema 1: Presentación e introducción a 5G



Presentación de 5G

Durante el año 2020, se ha iniciado el despliegue de 5G en diferentes operadoras del mundo. Esta nueva generación móvil, debido a sus avances tecnológicos, [sin lugar a dudas abre una nueva era en las telecomunicaciones](#).

Como resumen inicial de 5G podemos destacar:

- Competencia real con fibra óptica.
- Cobertura y ancho de banda de máxima eficiencia.
- Velocidad, latencia y confiabilidad óptima.
- Orientación eminentemente TCP/IP: API RESTful sobre HTTP/2, Oauth 2.0, tokens web JSON.
- Empleo máximo de virtualización y Cloud.
- Acceso desde casi todas las tecnologías actuales.
- Mejoras en la eficiencia energética.
- Oferta de nuevos nichos de mercado para empresas y organizaciones.
- “Segmentos particulares” muy bien definidos y orientados a las necesidades de la sociedad del siglo XXI:
 - 1) Comunicación masiva de tipo de máquina (**mMTC**: massive Machine Type Communication), pensado para [IoT](#).
 - 2) Banda ancha móvil mejorada (**eMBB**: enhanced Mobile Broadband), pensado para [eventos](#).
 - 3) Comunicaciones de baja latencia ultra fiables (**URLLC**: Ultra-Reliable Low Latency Communications), pensado para [redes de misión crítica](#).
 - 4) Vehículo a X (**V2X**: Vehicle to X), pensado para [vehículos autónomos](#).
 - 5) Personalización de cualquier otra necesidad.
- Accesos en el “borde” de la red: **MEC** (Multi-access Edge Computing).
- Aseguramiento del tráfico en los planos de usuario y de control.
- Importantes mejoras en: privacidad, confidencialidad, integridad, autenticación, no repudio, anti réplica, ataques de degradación de algoritmos (*bidding down o puja hacia abajo*), autenticación mutua y control de roaming.

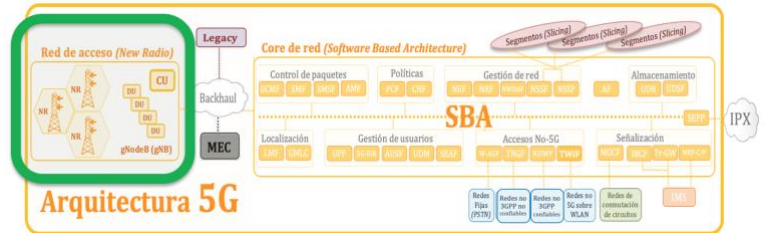
DESARROLLO DEL CICLO DE WEBINARS

Webinar 1: Presentación y evolución de las tecnologías móviles

A desarrollar el día de hoy.

Webinar 2: New Radio y gNodeB

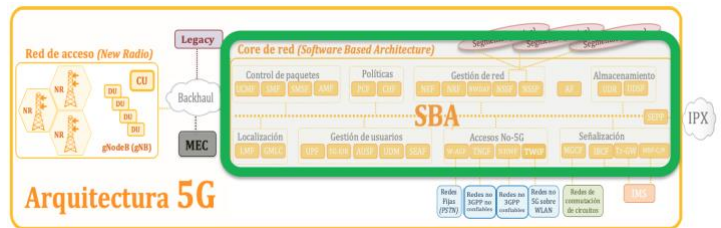
- Descripción de diseño de los gNB
- Open RAN
- Antenas compartidas (RAN Sharing)
- Frecuencias licitadas y asignadas
- Empleo de Cloud



Webinar 3: SBA, MEC y Slicing

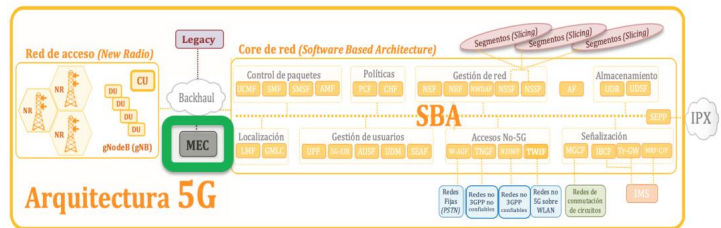
SBA (Core 5G) (Service Based Architecture)

- Descripción
- Funciones de red (NF)
- Security Edge Protection Proxy (SEPP)
- Empleo de Cloud



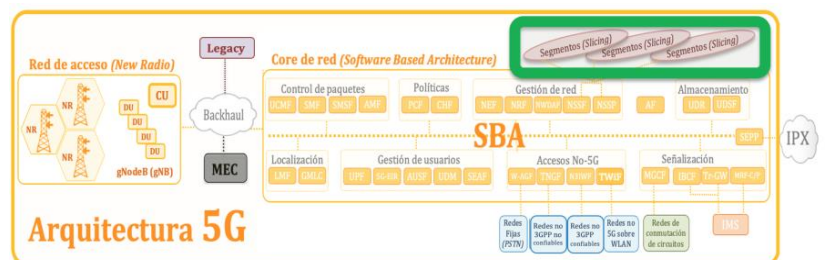
MEC (Multi-access Edge Computing)

- Empleo y detalle de MEC
- Análisis de contratos



Slicing (Segmentos)

- **mMTC**: massive Machine Type Communication - **IoT**
- **eMBB**: enhanced Mobile Broadband (eMBB) - **Eventos**
- **URLLC**: Ultra-Reliable Low Latency Communications - **Salud**
- **V2X**: Vehicle to X - **Vehículos autónomos**.
- Plantillas GST (Generic network Slice Template)



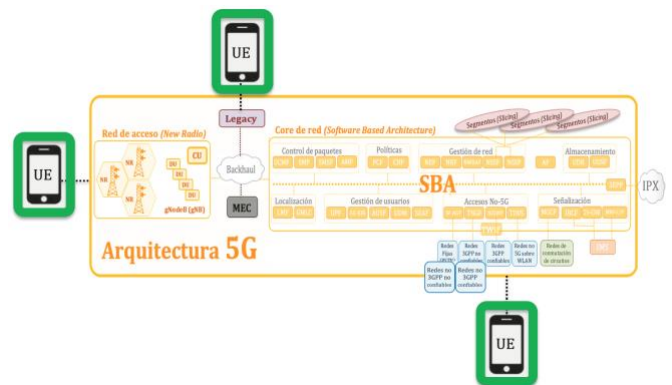
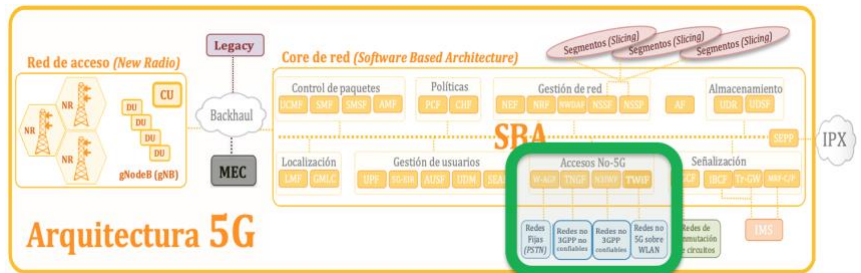
Webinar 4: Accesos y autenticación

Otros accesos

- Small Cell
- Accesos Non-3GPP Trusted
- Accesos Non-3GPP No Trusted
- Accesos desde red Fija
- Otros

Accesos UE (User Equipment)

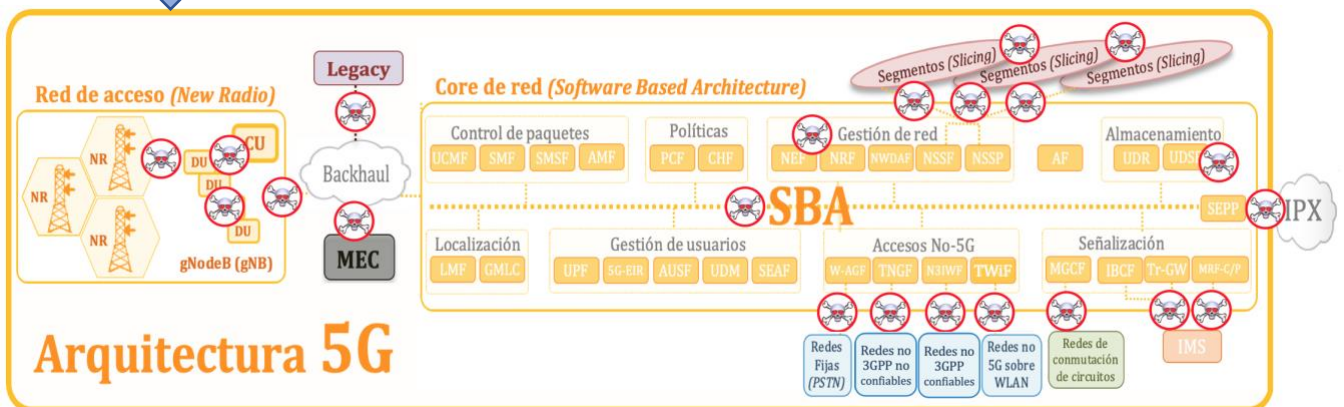
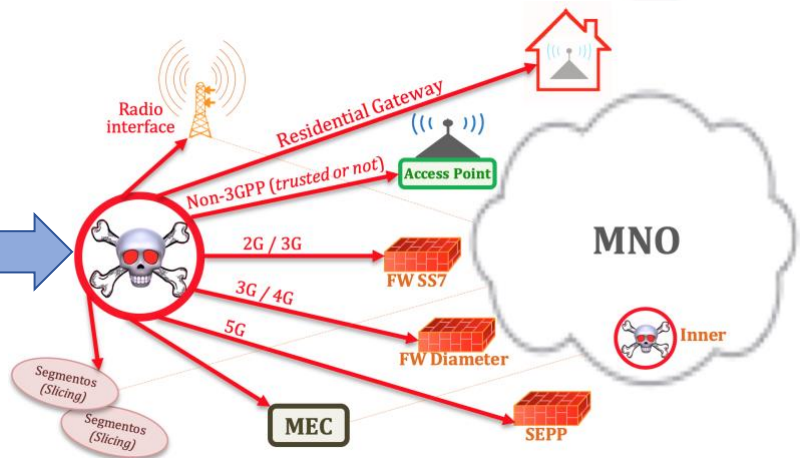
- a. UICC 4G heredado con aplicación USIM
- b. 4G UICC actualizado con la aplicación USIM
- c. 5G UICC con aplicación USIM



Webinar 5: Seguridad en 5G

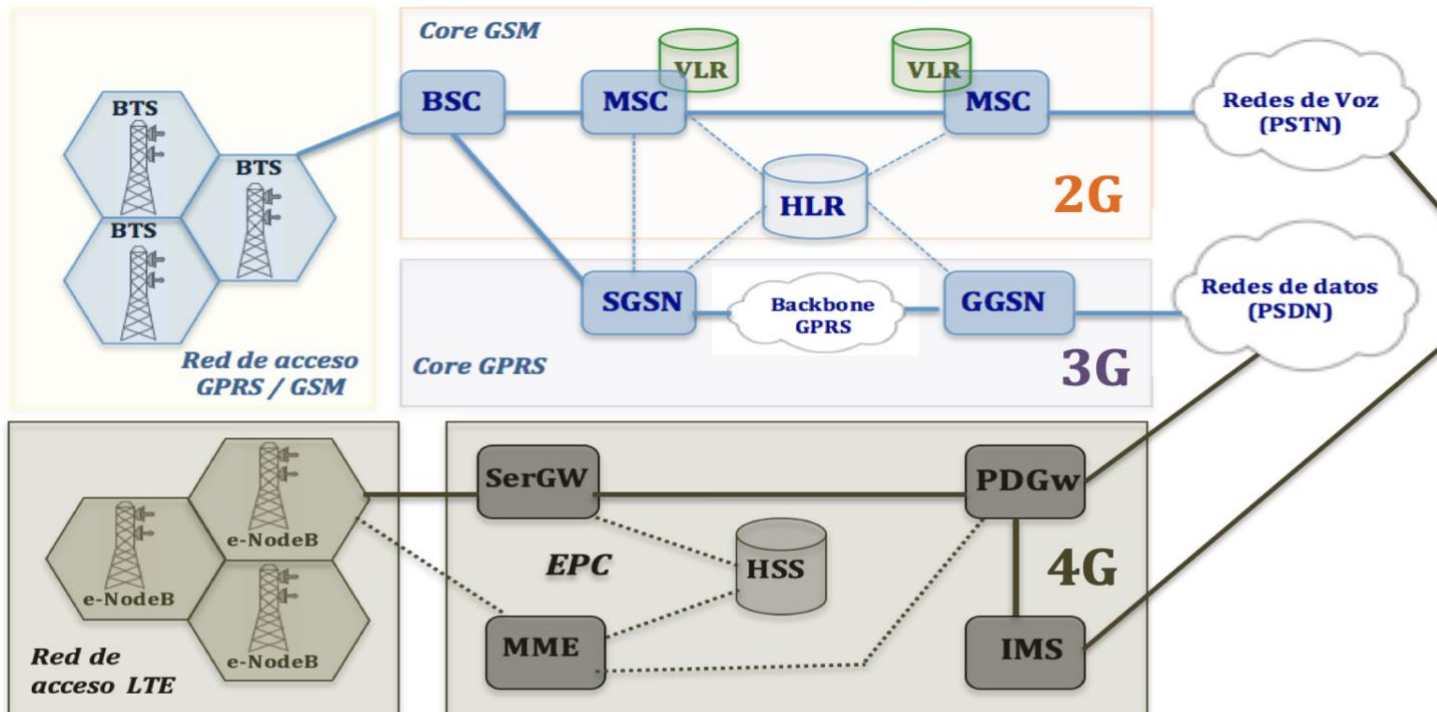
Vectores de intrusión

Puntos clave de seguridad en 5G

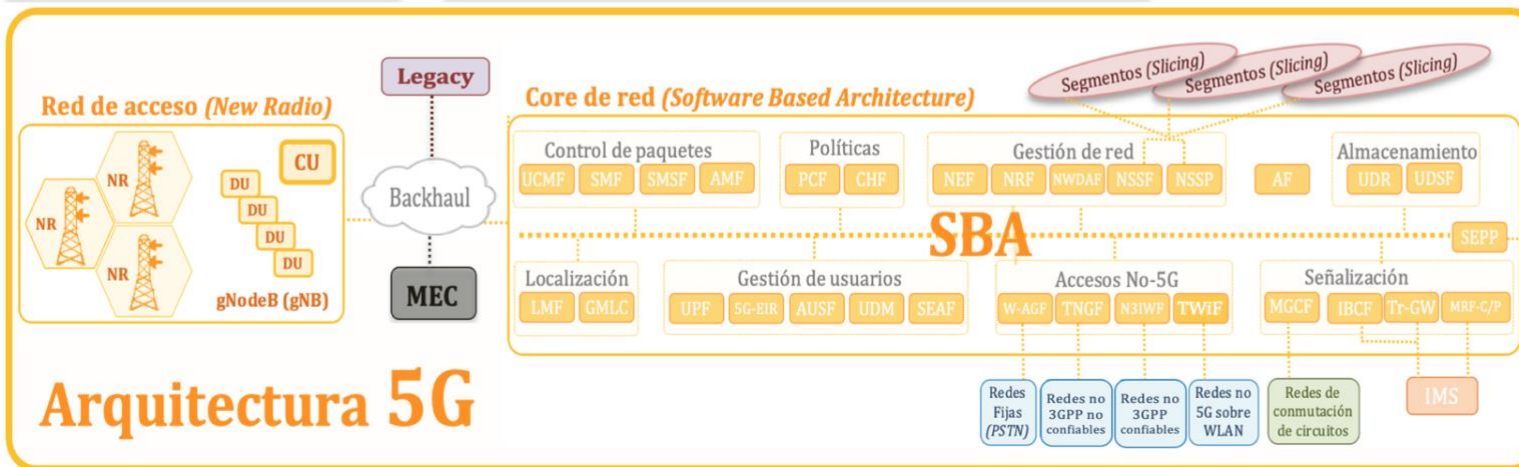




Evolución de 2, 3, 4 a 5G (Presentación y evolución de las tecnologías móviles)



- **1G** (1979): primera generación de redes de telecomunicaciones, solo voz y cierta movilidad.
- **2G** (1991): nacen los SMSs y comienza el roaming.
- **3G** (1998): Comienzan los accesos a Internet con cierta calidad de servicio.
- **3.5G** (2006): Se afianza Internet - HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).
- **4G** (2009): Servicios totalmente IP (voz y datos), aumenta considerablemente el ancho de banda.
- **4G LTE** (2011): duplicó las velocidades de datos. Implantación de VoLTE.
- **5G** (2020): NR, accesos, NFV, SBA, MEC, Slicing, latencia, confiabilidad, seguridad, privacidad.
- **6G**: ... ¿2026? ...



| | |
|-----------------|-------------|
| 3.5G/DC-HSPA+ | 42.2 Mbps |
| 4G/LTE | 100 Mbps |
| 4G/LTE Cat. 4 | 150 Mbps |
| 4G/LTE Advanced | 1,000 Mbps |
| 5G* | 10,000 Mbps |

Opciones de implementación y migración de 5G.

5G actualmente invierte y planea implementar dos variantes de 5G (ver Figura), ambas inicialmente basadas en **3GPP** Versión (reléase) 15. La opción 3 representa **NR (New Radio)** no autónomo (**NSA: Non-Standalone**), conocida como conectividad dual. La opción 3 muestra cómo NR aumenta el rendimiento de un dispositivo conectado a LTE/EPC (por ejemplo, 4G RAT y 4G Core). Esto se hace usando E-UTRAN - NR Dual Connectivity (**EN-DC**).

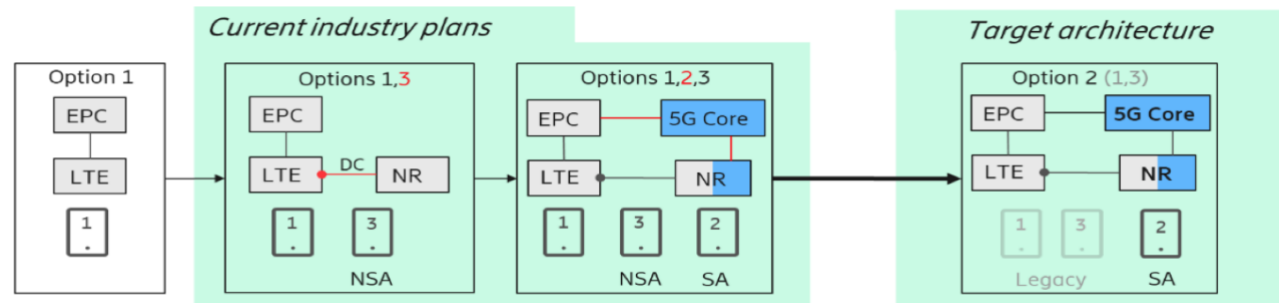


Fig. 4.1. Migration towards 5G target architecture.

(Imagen tomada de: InDesign-3GPP-Rel-16-17-2021.pdf de 5G Américas)

La segunda variante de 5G que se implementará es **Standalone (SA) NR** (Opción 2),

donde el UE se conecta utilizando solo tecnologías 5G (NR y 5GC). La arquitectura de destino para la migración 5G es utilizar **SA NR y 5GC** en la medida de lo posible, aunque LTE/EPC deberá permanecer durante mucho tiempo para poder manejar dispositivos heredados.

Para analizar los escenarios posibles de implementación de 5G, tomaremos como referencia inicial un documento de GSMA cuyo título es *(Se incorpora su hipervínculo)*:

[“Road to 5G: Introduction and Migration \(Abril de 2018\)”](#)

En el documento se desarrollan cinco posibilidades para enfrentar esta migración, en la tabla siguiente se presenta cada una de ellas.

El objetivo final a lograr para 5G, es contar con una interfaz radio 5G, es decir **NR (New Radio)** y un **core 5G** (opción 2), implica su convivencia con todas las generaciones anteriores, por lo que el camino que adopte cada operadora dependerá de su estrategia de implantación sobre la base de la planta instalada y la asignación de recursos, es aquí donde puede abordarlos a través de los diferentes caminos.

Figure 1: 4G and 5G Deployment Options

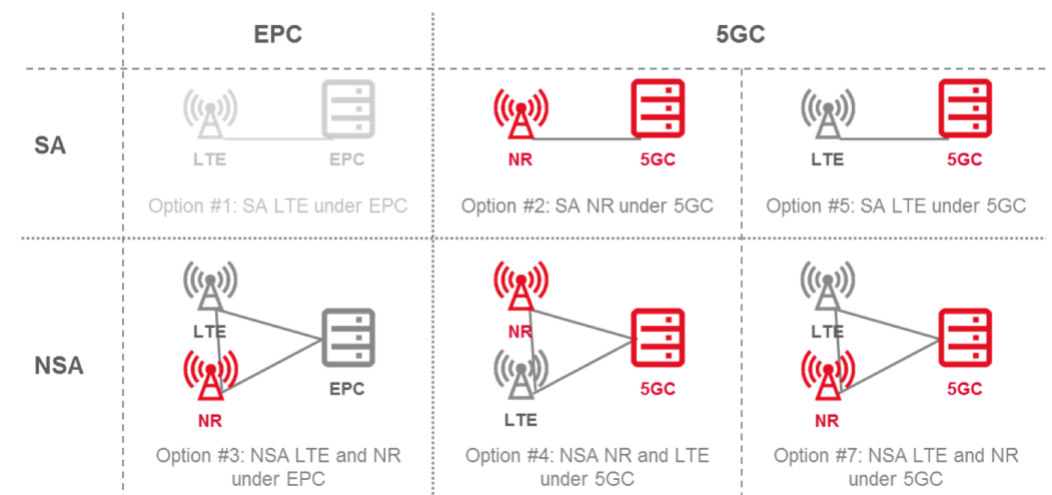


imagen tomada del documento Road to 5G: Introduction and Migration de GSMA)



Seguendo con el texto, lo que sí se debe destacar es cuáles son los requerimientos que propone 5G. En la tabla siguiente se pueden ver los mismos.

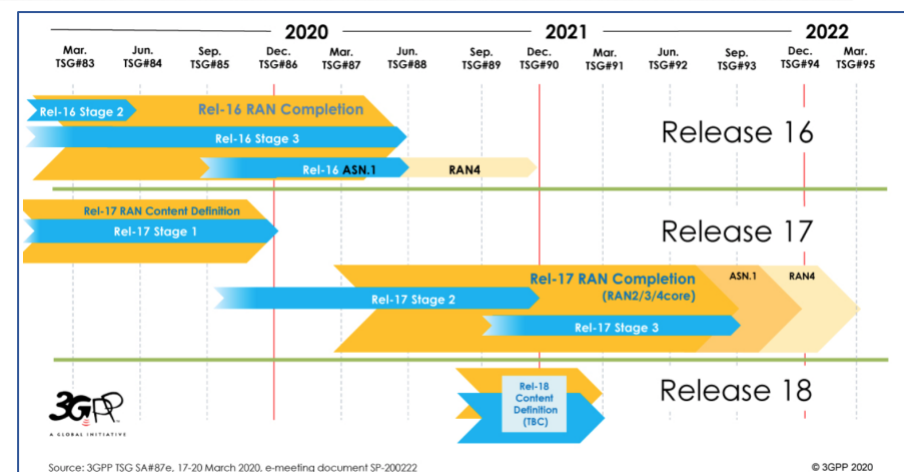
| Requirement | | Value | Requirement | | Value | |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Data rate | Peak | Downlink: 20Gb/s Uplink: 10Gb/s | Connection density | 1,000,000 devices per km ² | | |
| | User experienced | Downlink: 100Mb/s Uplink: 50Mb/s | | Energy efficiency | Loaded: see average spectral efficiency No data: Sleep ratio ¹ | |
| Spectral efficiency | Peak | Downlink: 30 bit/s/Hz Uplink: 15 bit/s/Hz | Reliability | | 1-10 ⁻⁵ success probability of transmitting a layer 2 PDU (protocol data unit) of 32 bytes within 1ms | |
| | 5 th percentile user | Downlink: 0.12~0.3 bit/s/Hz Uplink: 0.045~0.21 bit/s/Hz | | | Mobility | 0km/hr~500km/hr |
| | Average | Downlink: 3.3~9 bit/s/Hz Uplink: 1.6~6.75 bit/s/Hz | Mobility interruption time | 0ms | | |
| Area traffic capacity | 10 Mbit/s/m ² | | | Bandwidth | 100MHz | |
| Latency | User plane | 1ms~4ms | | | | |
| | Control plane | 20ms | | | | |

¹ The fraction of unoccupied time resources (for the network) or sleeping time (for the device) in a period of time corresponding to the cycle of the control signalling (for the network) or the cycle of discontinuous reception (for the device) when no user data transfer takes place.

(imagen tomada del documento Road to 5G: Introduction and Migration de GSMA)

Los estándares del proyecto 3GPP se estructuran como versiones (*releases*). La tecnología 5G es aquella que se define en las releases 15 y 16. La release 15 se conoce como 5G phase 1 y la release 16 como 5G phase 2. Ya se está elaborando la reléase 17.

Imagen tomada de: <https://www.3gpp.org/>





Como hemos mencionado, las dos releases que nos interesan en 5G son:

3GPP Release 15

- NR
- The 5G System – Phase 1
- Massive MTC and Internet of Things (IoT)
- Vehicle-to-Everything Communications (V2x) Phase 2
- Mission Critical (MC) interworking with legacy systems
- WLAN and unlicensed spectrum use
- Slicing – logical end-2-end networks
- API Exposure – 3rd party access to 5G services
- Service Based Architecture (SBA)
- Further LTE improvements
- Mobile Communication System for Railways (FRMCS)

3GPP Release 16

Radio enhancements:

- Enh. for NR URLLC
- NR Industrial Internet of Things (NR_IIOT)
- NR-based access to unlicensed spectrum (NR_unlic)
- Integrated Access and Backhaul (IAB)
- MTC enh. for LTE (LTE_eMTC5)
- NB-IoT (NB_IoTenh3)
- NR Vehicle-to-Everything (NR_V2X)
- 5G V2X with NR sidelink (5G_V2X_NRSL)
- NR positioning support (NR_pos)
- Optimisations on UE radio capability signalling (RACS-RAN)
- UE Power Saving in NR (NR_UE_pow_sav)
- Enh. on MIMO for NR (NR_eMIMO)
- NR mobility enh. (NR_Mob_enh)
- 2-step RACH for NR (NR_2step_RACH)
- LTE-NR & NR-NR Dual Connectivity and NR Carrier Aggregation enh. (LTE_NR_DC_CA_enh)
- LTE-based 5G terrestrial broadcast (LTE_terr_bcast)
- Cross Link Interference handling and Remote Interference Management for NR (NR_CLI_RIM)
- DL MIMO efficiency enh. for LTE (LTE_DL_MIMO_EE)
- Navigation Satellite System for LTE (LCS_NAVIC)
- Non-Orthogonal Multiple Access Study (NR_NOMA)

System enhancements:

- 5G System (5GS) enablers for new verticals:
 - Industrial automation, including Time Sensitive Communication (TSC), Ultra Reliable and Low Latency Communication (URLLC) and Non-Public Networks (NPNs)
 - Cellular Internet of Things (CIoT) support for 5G system
 - Vehicle-to-Everything (V2X) communication
- Mobile Communication System for Railways (FRMCS Phase 2)
- Satellite Access in 5G
- NR-based access to unlicensed spectrum (nr-U)
- 5G Wireless Wireline Convergence (5WWC)
- Enh. for Network Analytics (eNA)
- Support for Access Traffic Steering, Switching and Splitting (ATSSS)
- Optimized UE radio capability signalling (RACS)
- Enh. Network Slicing (eNS)
- Enh. Service Based Architecture (eSBA)
- Single Radio Voice Call Continuity (5G-SRVCC)
- Enh. Location Services (eLCS)
- Enh. Common API Framework for 3GPP Northbound APIs (eCAPIF)

5G Efficiency: Interference Mitigation, SON, eMIMO, Location and positioning, Power Consumption, eDual Connectivity, Device capabilities exchange, Mobility enh.

The detail in this graphic is a snap-shot of some of the key features. Full details of all of the Release 16 features are at: www.3gpp.org/specifications/work-plan

© 3GPP, 2021

Imágenes tomada de: <https://www.3gpp.org/>

Modelo de capas.

Otro aspecto de interés a considerar es cómo cambia el modelo de capas, en cuanto a los protocolos de comunicaciones, pues es muy importante considerar que 5G está basado en TLS, HTTP/2, JSON y la introducción de este nuevo protocolo “**QUIC**” como reemplazo de UDP pero con control de sesiones, flujo, criptografía y manteniendo la agilidad de UDP frente a TCP, tal cual puede verse en la imagen que sigue:

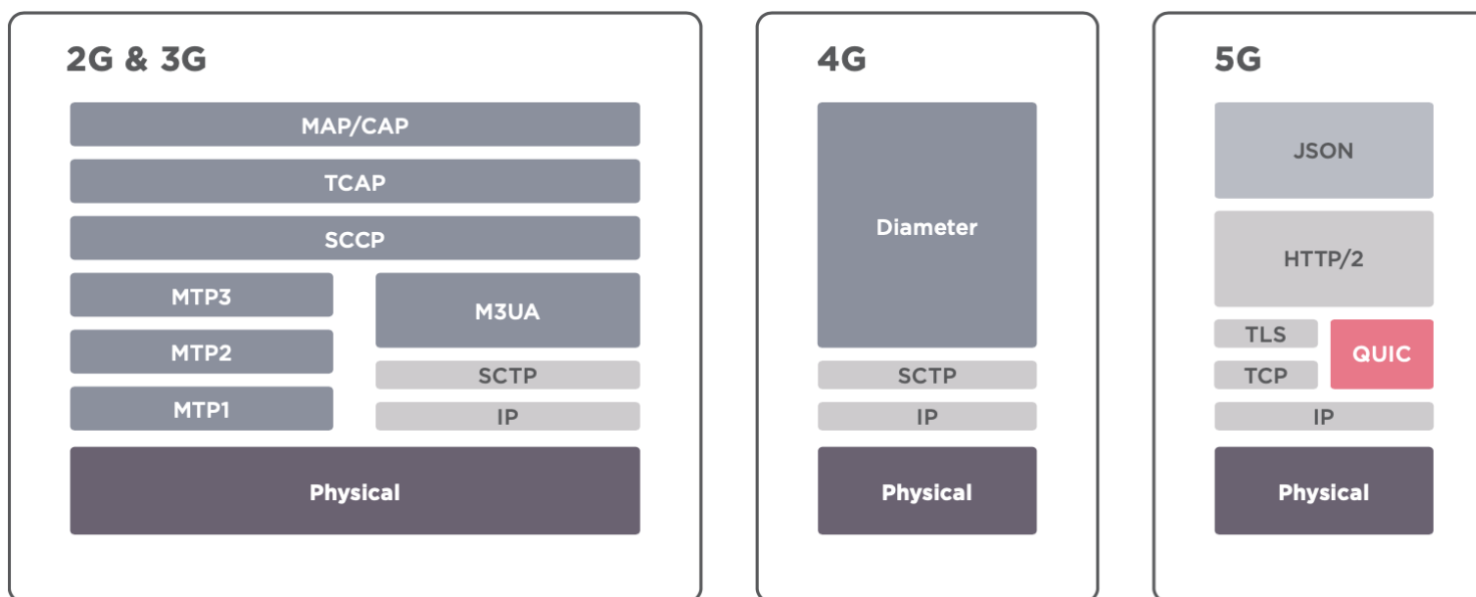


Figure 5. Evolution of network core signaling protocols

(imagen tomada del documento 5G-Research A4.pdf de Positive Technologies)

Jerarquía de claves.

La clave secreta (K) proporcionada (y almacenada) en la USIM y el core 5G actúa como la fuente principal del contexto de seguridad de la misma forma que en 4G. Una importante novedad de 5G es la introducción de criptografía Asimétrica. A diferencia de LTE, en **5G** existe una segunda autenticación.

Acceso a la red.

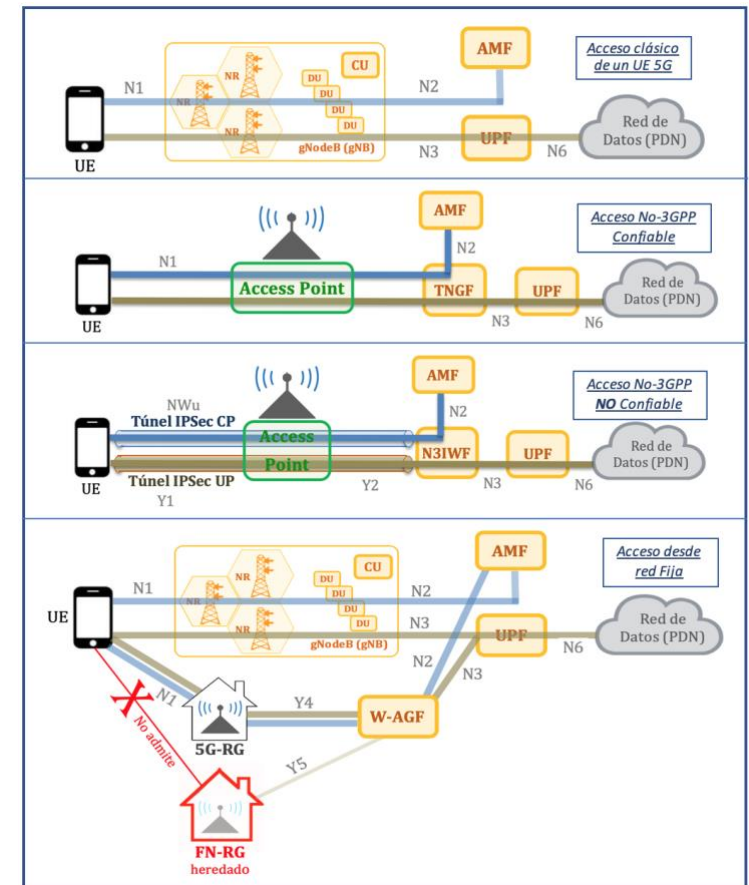
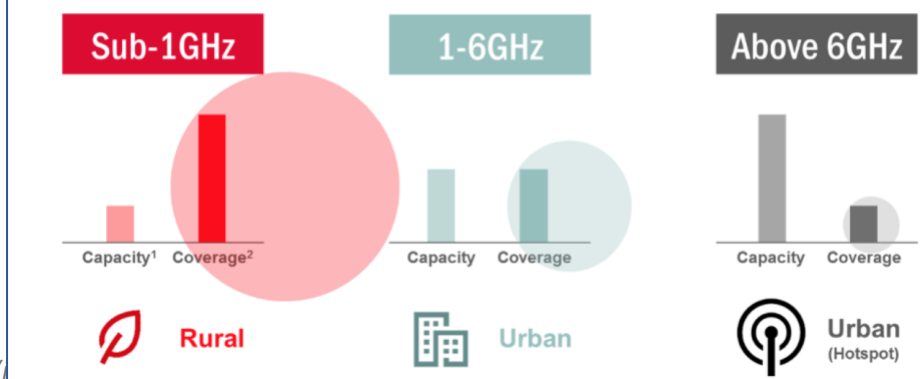
El acceso a la red requiere autenticación del suscriptor, que se realiza mediante un mecanismo de autenticación primario en el sistema 5G. Para que la red pueda identificar al abonado, el UE debe enviar el identificador permanente de suscripción (**SUPI**: S**U**bscription P**er**manent I**dent**ifier). Este identificador de suscripción permanente se enviaba en texto plano hasta 4G, lo que provocó varios ataques relacionados con la privacidad.

En 5G, la privacidad se logra, incluso antes de la autenticación y la generación de claves, cifrando el SUPI antes de transmitir utilizando una clave pública de la "Home network" que se almacena en el USIM (Universal Subscriber Identity Module). Hasta 4G, la "Home network" tenía que confiar en la red visitada a través de la cual se realizaba la autenticación.

Frecuencias.

Otra característica importante de 5G es el empleo de tres rangos de frecuencias, como se ha mencionado al principio de este documento: baja, media y alta, constituidas por 3 tipos de celdas, cada una con un tipo de antena diferente. Estas antenas, proveerán diferentes relaciones entre velocidad de descarga vs distancias y área de servicio.

Figure 2: Capacity and coverage considerations of spectrum categories



Open RAN.

El objetivo de Open RAN es ampliar la arquitectura de radio hacia una red abierta e inteligente cumpliendo con los estándares de 3GPP, que incluyen:

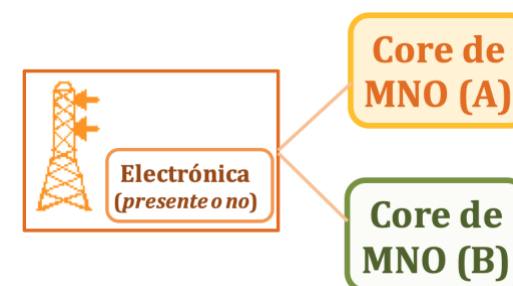
- Estandarización de interfaces abiertas
 - Radio y banda base
 - **EMS**: Element Management System
 - **CU y DU** (Centralized unit y Distributed unit)

vCU y vEMS

Los dos principales elementos virtualizados de la arquitectura Telco Cloud en la tecnología Open RAN son la **vCU** y la **vEMS**.

RAN Sharing.

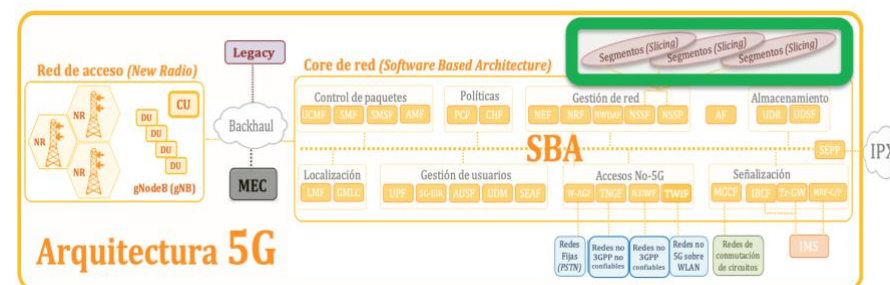
El concepto de RAN Sharing es algo que ya viene de tecnologías anteriores, pero en el caso de 5G cobra aún mayor importancia, pues en esta nueva interfaz radio (**NR**: New Radio) se debe desplegar nuevamente una costosa infraestructura para dar cobertura 5G en todo el territorio con tecnologías cada vez más sofisticadas y por ende más caras.



Slicing (Segmentos).

Una de las características de la tecnología 5G es la posibilidad de "segregar" la red en varias sub-redes que pueden ser administradas de forma independiente, lo cual es conocido como "**network slicing**", en este texto lo denominaremos como "Segmentos" pero es posible que en otras publicaciones lo encontremos como "cortes, rodajas, tajadas, niveles, etc.".

Teniendo como base la modularidad de las funciones de red y su virtualización, es posible dividir y aislar la red en distintas instancias o funciones lógicas, con distintas prestaciones y rendimiento, compartiendo la misma infraestructura física.



MEC (Multi-access Edge Computing).

MEC ofrece a:

- Desarrolladores de aplicaciones y
- Proveedores de contenido

Capacidades de computación en la nube y un entorno de servicios de TI en el borde de la red. Este entorno se caracteriza por una latencia ultra baja y un gran ancho de banda, así como por el acceso en tiempo real a la información de la red de radio que las aplicaciones pueden aprovechar.

