

Arquitectura de Redes 5G: Infraestructura integradora y habilitadora de nuevos servicios y oportunidades de negocio



¿Qué es 5G?

5G es la próxima generación de tecnología móvil que transformará el rol de la conectividad en la sociedad. Diseñada para facilitar el uso de nuevas aplicaciones a través de velocidades de transmisión de datos de varios gigabits/seg, una baja latencia y una gran fiabilidad, también brindará soporte eficiente una gran cantidad de conexiones, posibilitando el funcionamiento del Internet de las Cosas (IoT).

En términos técnicos, 5G ofrece mayor velocidad de transmisión de datos (hasta 100 veces más rápidas que las redes móviles actuales), y admite acceso prácticamente instantáneo a servicios y aplicaciones, con una latencia de red significativamente menor. Además, aporta la función de partición de red (network slicing) que permite dedicar una parte exclusiva de una red 5G a un servicio en particular.

(FUENTE: https://www.gsma.com/latinamerica/es/5g-cem_seguridad/?ID=a6g1r000000ynv0AAA&JobID=478323&utm_source=sfmc&utm_medium=email&utm_campaign=REGLATAM_2020_06_25_Newsletter_Spanish&utm_content=https%3a%2f%2fwww.gsma.com%2flatinamerica%2fes%2f5g-cem_seguridad%2f)

ITU-R: Desarrollo de los sistemas IMT

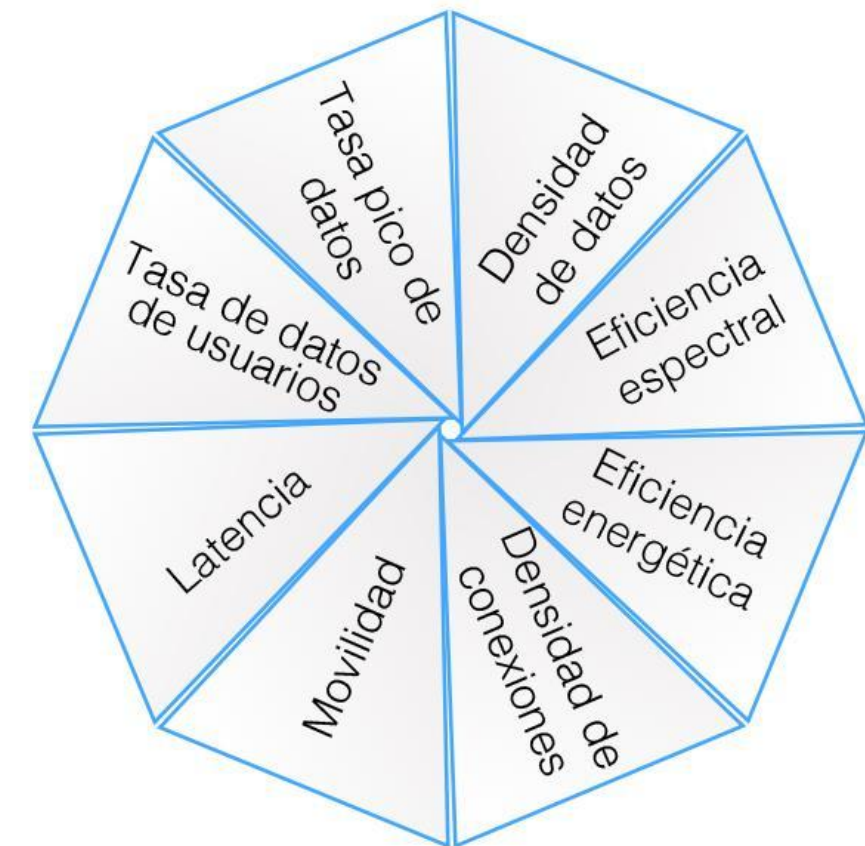
- ¿Quién establece los requerimientos de los sistemas IMT?
- ¿Quien desarrolla los estándares que cumplen con los requerimientos de los sistemas IMT?
- ¿Quién produce la tecnología para cumplir con los estándares?

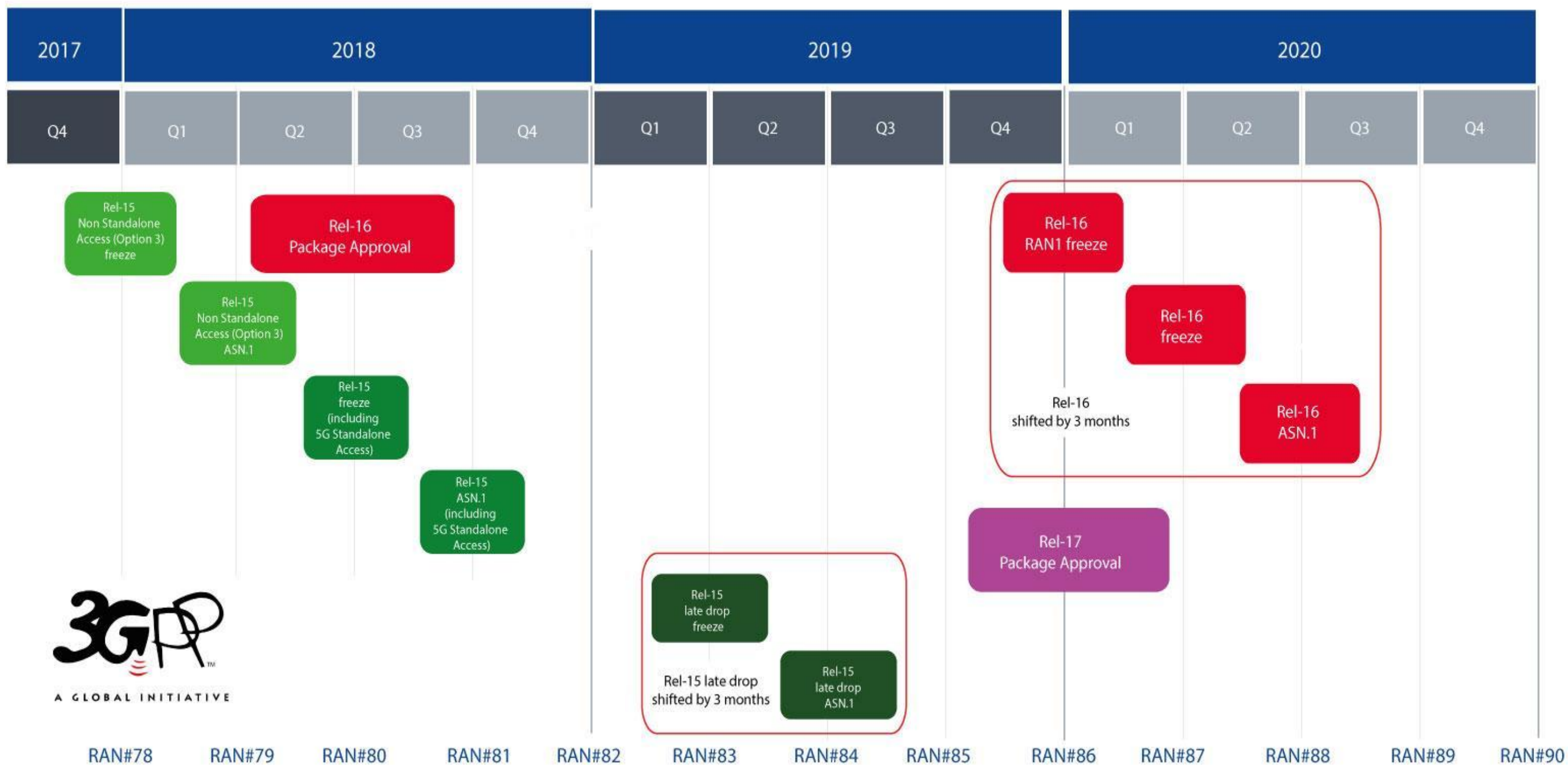
ITU-R WP-5D



3GPP → 5G NR

Apple
Ericsson
Huawei
Nokia
Qualcom
Sansumg





(C) 3GPP, December 2018.

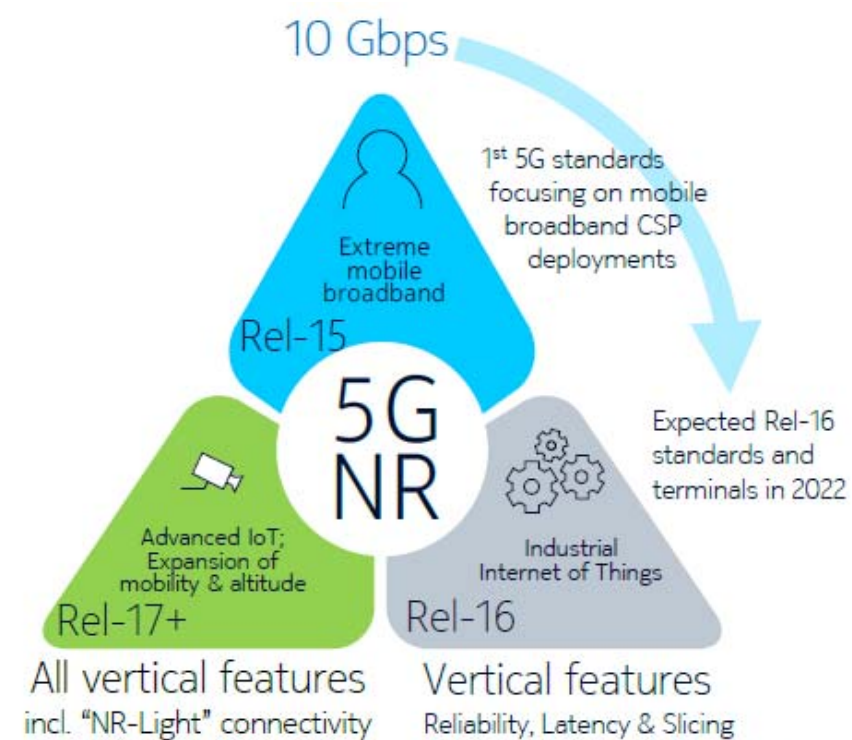


FIGURE 1. Evolution of 5G from Rel-15 to Rel-17

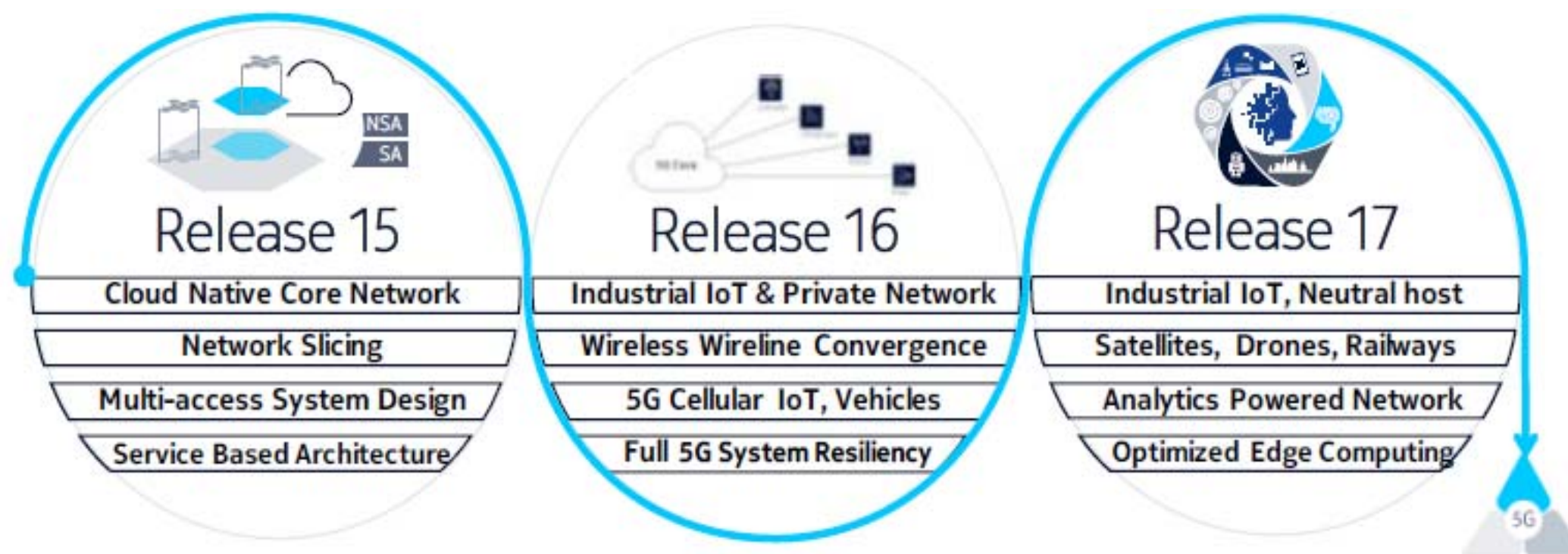


FIGURE 4. 5G Architecture Evolution

5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology Beyond 3GPP Release 15



A GLOBAL INITIATIVE

The 5G standard



Since the completion of 3GPP Release 15 – the first phase of 5G specifications – the cellular industry is expanding the capability of the network to deliver on the full promise of the Internet of Everything. Release 18 will deliver 5G-Advanced, as the mid-point of 5G standardization.



Release 18

SA2 led - System Architecture & Services

XR (Extended Reality) & media services
Edge Computing Phase 2
System Support for AI/ML-based Services
Enablers for Network Automation for 5G Phase 3
Enh. support of Non-Public Networks Phase 2
Network Slicing Phase 3
5G Location Services Phase 3
5G multicast-broadcast services Phase 2
Satellite access Phase 2
5G System with Satellite Backhaul
5G Timing Resiliency and TSC & URLLC enh.
Evolution of IMS multimedia telephony service
Personal IoT Networks
Vehicle Mounted Relays
Access Traffic Steering, Switching & Splitting
support in the 5G system architecture Phase 3
Proximity-based Services in 5GS Phase 2
UPF enh. for Exposure & SBA
Ranging based services & Sidelink positioning
Generic group management, exposure & communication enh.
5G UE Policy Phase 2
UAS, UAV & UAM Phase 2
5G AM Policy Phase 2
RedCap Phase 2
Support for 5WWC Phase 2
System Enabler for Service Function Chaining
Extensions to TSC Framework to support DetNet
Seamless UE context recovery
MPS when access to EPC/5GC is WLAN

SA3 led - Security & Privacy

Privacy of identifiers over radio access
SECAM and SCAS for 3GPP virtualized network
products and Management Function (MnF)
Mission critical security enhancements Phase 3
Security and privacy aspects of RAN & SA features

SA4 led - Multimedia Codecs, Systems and Services

Systems & Media Architecture:
5G Media, Service Enablers
Split-Rendering
5G AR Experiences Architecture
Media:
Video codec for 5G
Media Capabilities for Augmented Reality Glasses
AI / ML Study
Real-Time Communications:
XR conversational services
WebRTC-based services and collaboration models
Immersive Voice & Audio:
EVS Codec Extension for Immersive Voice and Audio Services (IVAS_Codec)
Terminal Audio quality performance and Test methods for Immersive Audio Services (ATIAS)
Streaming & Broadcast Services:
5GMS Enh. (Network slicing, Low latency, Background traffic, 5GMS Uplink)
Further MBS Enh. (Free to air, Hybrid unicast/broadcast)

SA5 led - Management, Orchestration & Charging

Intelligence and Automation:
Self-Configuration of RAN NEs, Enh. and evaluation of autonomous network levels, Enh. intent driven management services,
AI/ ML management, Enh. of the management aspects related to NWDAF, Enh. of MDA, Fault supervision, evolution, Management support of RAN intelligence
Management Architecture and Mechanisms:
Network slicing provisioning rules, Enh. service based management architecture, URLLC/5G LAN/ Cloud native VNF/MO CN/IOT NTN/Edge computing management, 5G PM and KPIs: QoS, MDT/Trace, Data collection management
Support of New Services:
Enh. Energy Efficiency for 5G Phase 2, Network slice management capability exposure, Enh. management of Non-Public Networks, Network and Service Operations for Energy Utilities, Key Quality Indicators (KQIs) for 5G service experience, Deterministic Communication Service Assurance
Charging Management:
Enhancement of Network Slicing Phase 2, Nchf charging services phase 2, 5G roaming charging architecture for wholesale and retail scenarios, Enhanced support of Non-Public Networks, Time Sensitive Networking

© 3GPP – October 2022

<https://bit.ly/3GPP-Work-Plan>

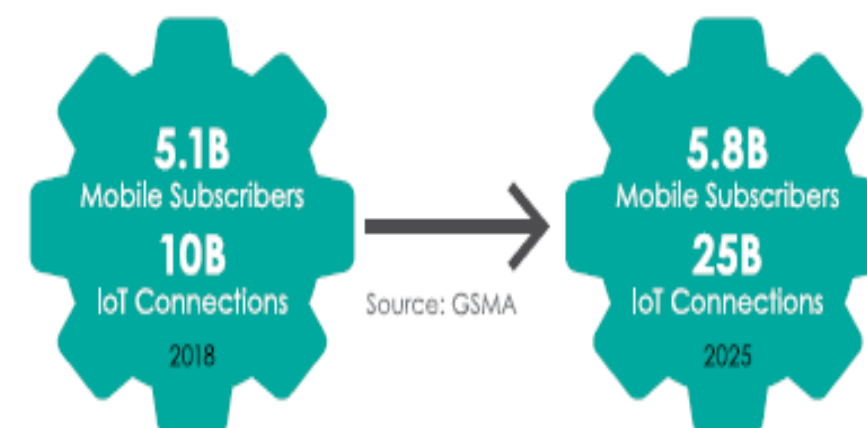




The 5G standard



Since the completion of 3GPP Release 15 – the first phase of 5G specifications - the cellular industry is expanding the capability of the network to deliver on the full promise of the Internet of Everything. Release 18 will deliver 5G-Advanced, as the mid-point of 5G standardization.



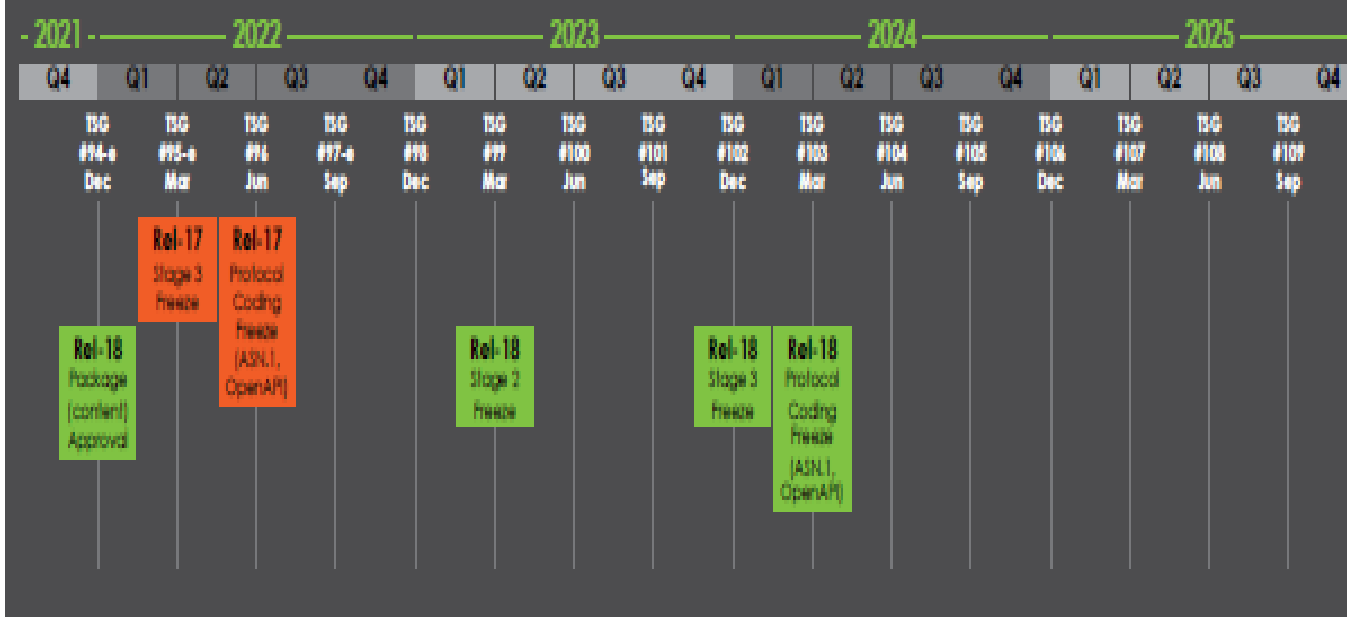
Early Release 19 Studies

SA1 - Services

Network of Service Robots with Ambient Intelligence
Energy Efficiency as service criteria
Upper layer traffic steering, switching and split over dual 3GPP access
Uncrewed Aerial Vehicles (Phase 3)
Satellite Access (Phase 3)
Roaming value added services
AI/ML Model Transfer (Phase 2)
Integrated Sensing and Communication
Ambient power-enabled Internet of Things
Localized Mobile Metaverse Services
Network Sharing Aspects
Future Railway Mobile Communication System (Phase 5)
Supporting Railway Smart Station Services

The detailed content of Rel-19 will be decided in September 2023 (TBC)

Release Timelines



Specification Groups

TSG CT	TSG RAN	TSG SA
Core Network and Terminals	Radio Access Network	Service and System Aspects
CT1 User Equipment - Core Network Protocols	RAN1 Radio Layer 1 (Physical Layer)	SA1 Services
CT3 Interworking with External Networks & Policy and Charging Control	RAN2 Radio Layer 2 and Radio Layer 3 Radio Resource Control	SA2 System Architecture and Services
CT4 Core Network Protocols	RAN3 UTRAN/LTE-UTRAN/NG-RAN Architecture and Related Network Interfaces	SA3 Security & Privacy
CT6 Smart Card Application Aspects	RAN4 Radio Performance and Protocol Aspects	SA4 Multimedia Codecs, Systems and Services
	RAN5 Mobile Terminal Conformance Testing	SA5 Management, Orchestration and Charging
		SA6 Application Enablement and Critical Communication Applications

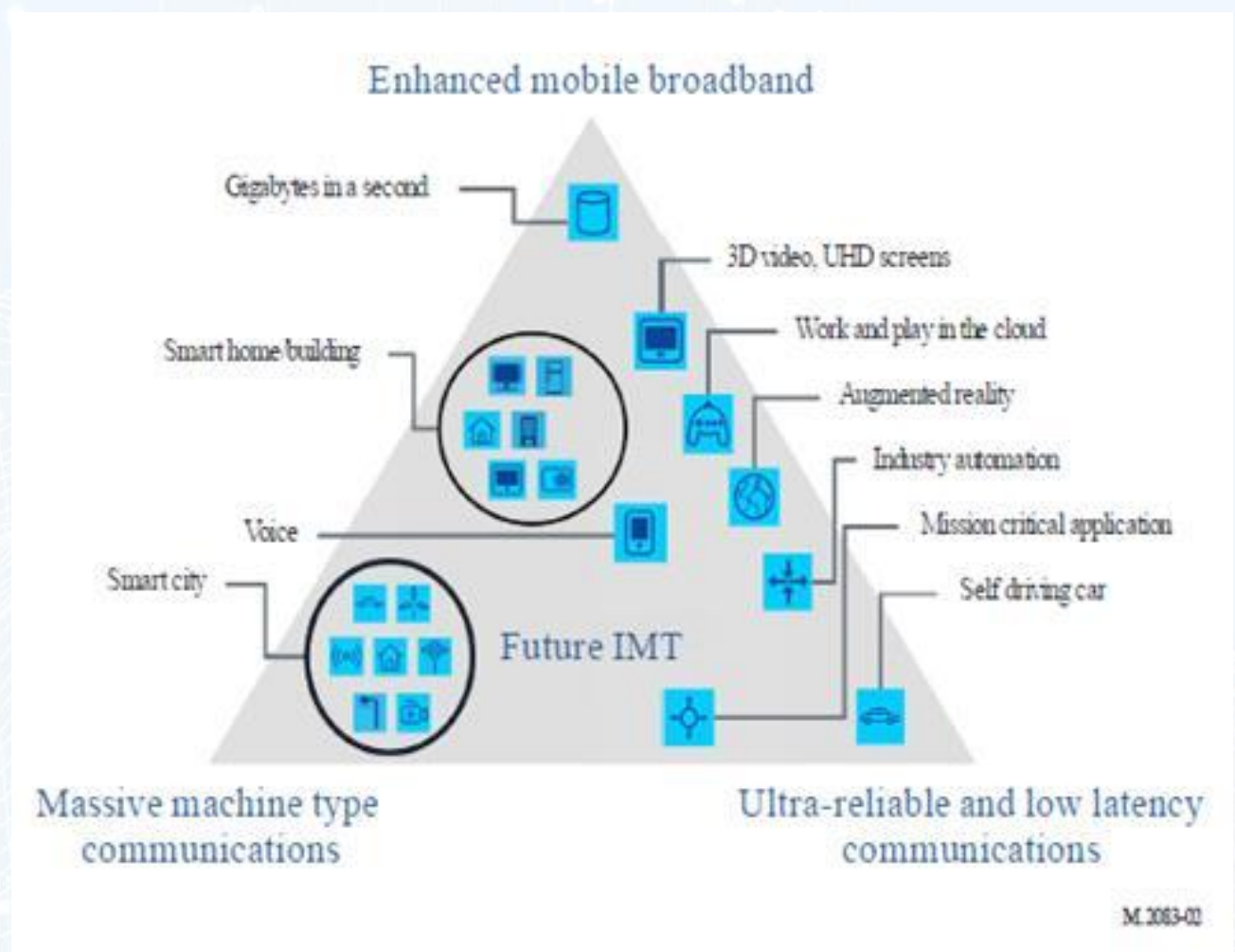


5G: Definición

5G es el nombre comercial genérico para designar los sistemas IMT-2020 que cubrirán la demanda de los usuarios desde 2020 y hasta 2030, y más allá: mayor volumen de tráfico, más dispositivos y más servicios, mejor QoE, reducción de costos, etc.

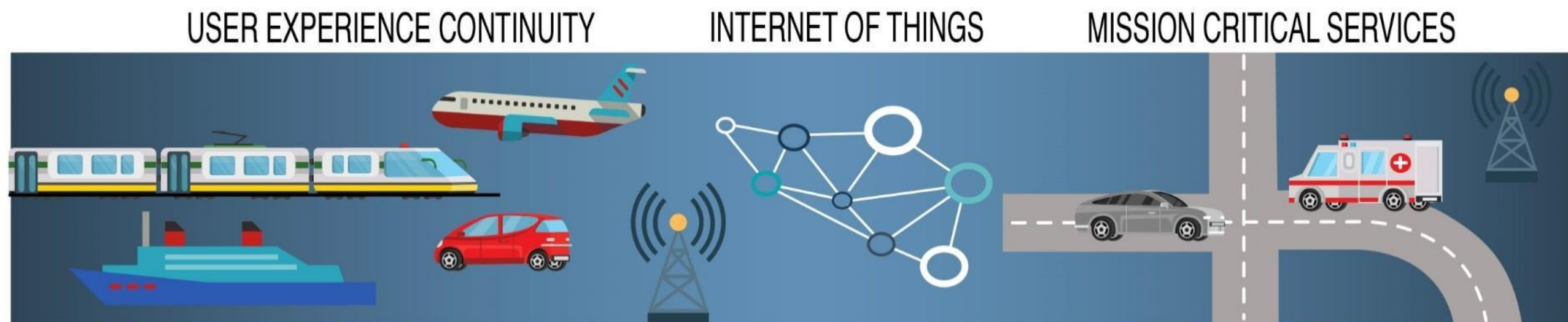
Serán sistemas modulares para adaptarse a diferentes circunstancias en diferentes países, de manera que no todas las características tengan que implementarse en todas las redes.

Escenarios



Usuarios y Aplicaciones: Tendencias

- Baja latencia y alta disponibilidad las comunicaciones:
 - Centradas en las personas: salud, seguridad, juegos.
 - Centradas en las máquinas o dispositivos: M2M, Vehículos sin conductores optimización de tráfico en tiempo real, emergencias, desastres, smart grid, etc.
- Alta densidad de usuarios o dispositivos:
 - Aumentar la densidad de tráfico y de dispositivos por unidad de área: conciertos, stadiums, malls, transporte público.
- Alta calidad y gran movilidad:
 - Trenes de alta velocidad, M2M móviles.



Escenarios claves de NR

- eMBB: enhanced Mobile Broadband.
 - Grandes tasas de bits.
 - Espectralmente muy eficientes.
 - Cobertura extendida.
 - Ejemplos: Realidad virtual, realidad aumentada, navegación WEB aplicaciones en la nube.
- URLLC: Ultra Reliable Low Latency Communications.
 - Baja latencia.
 - Muy alta confiabilidad.
 - Precisión en la localización.
 - Ejemplos: V2X, V2V, aplicaciones robóticas en fábricas, aplicaciones quirúrgicas y médicas.
- mMTC: massive Machine Type Communications.
 - Gran densidad de conexiones.
 - Muy eficiente en el uso de la energía.
 - Dispositivos terminales sencillos.
 - Cobertura extendida.
 - Ejemplos: aplicaciones de IoT.

Factores que determinarán el crecimiento del tráfico entre 2020 y 2030 de redes IMT: Tendencias



Fixed broadband (FBB). Mobile broadband MBB

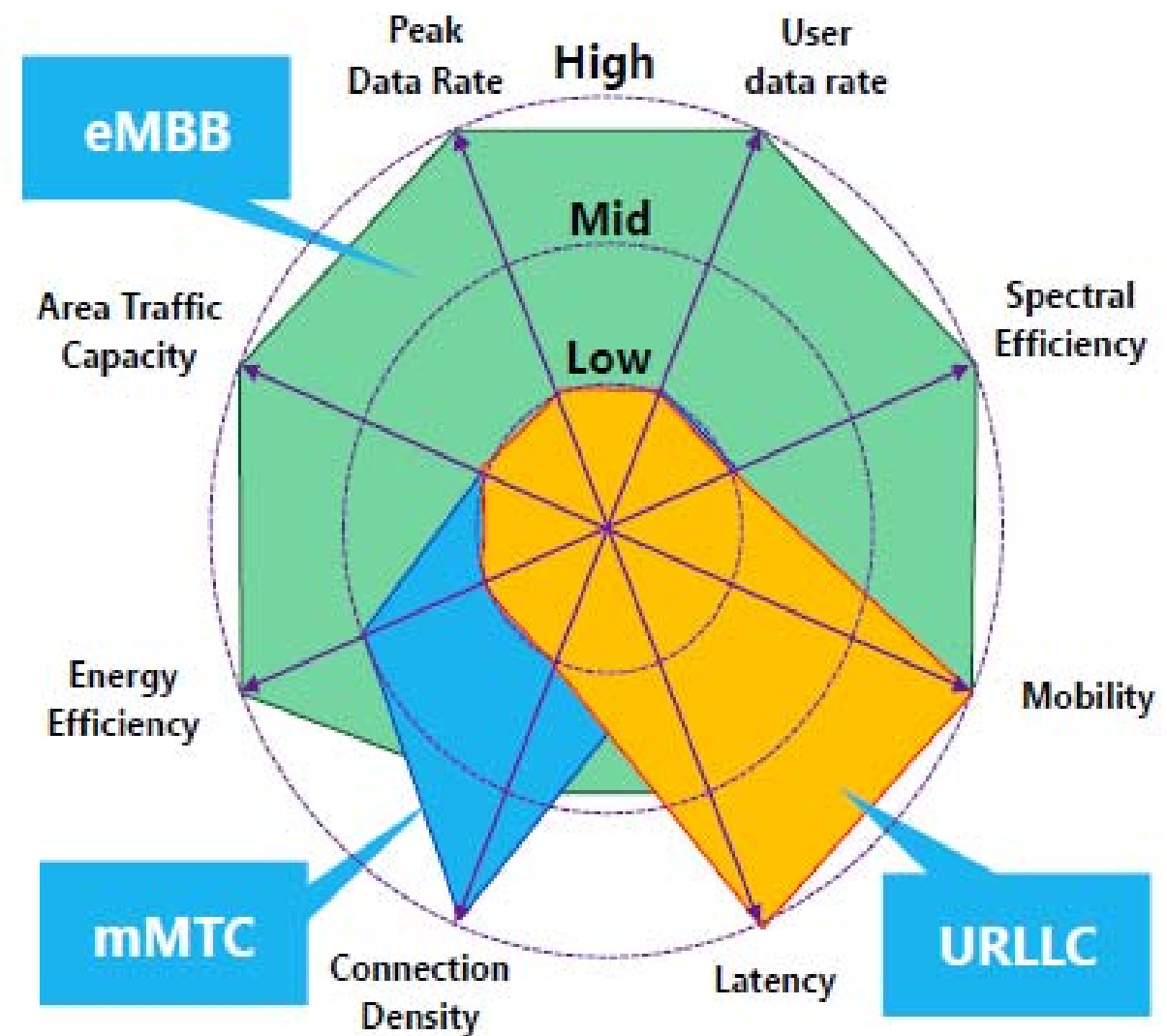
5G use cases and requirements

eMBB - Enhanced Mobile Broadband

uRLLC - ultra Reliable and Low Latency Communications

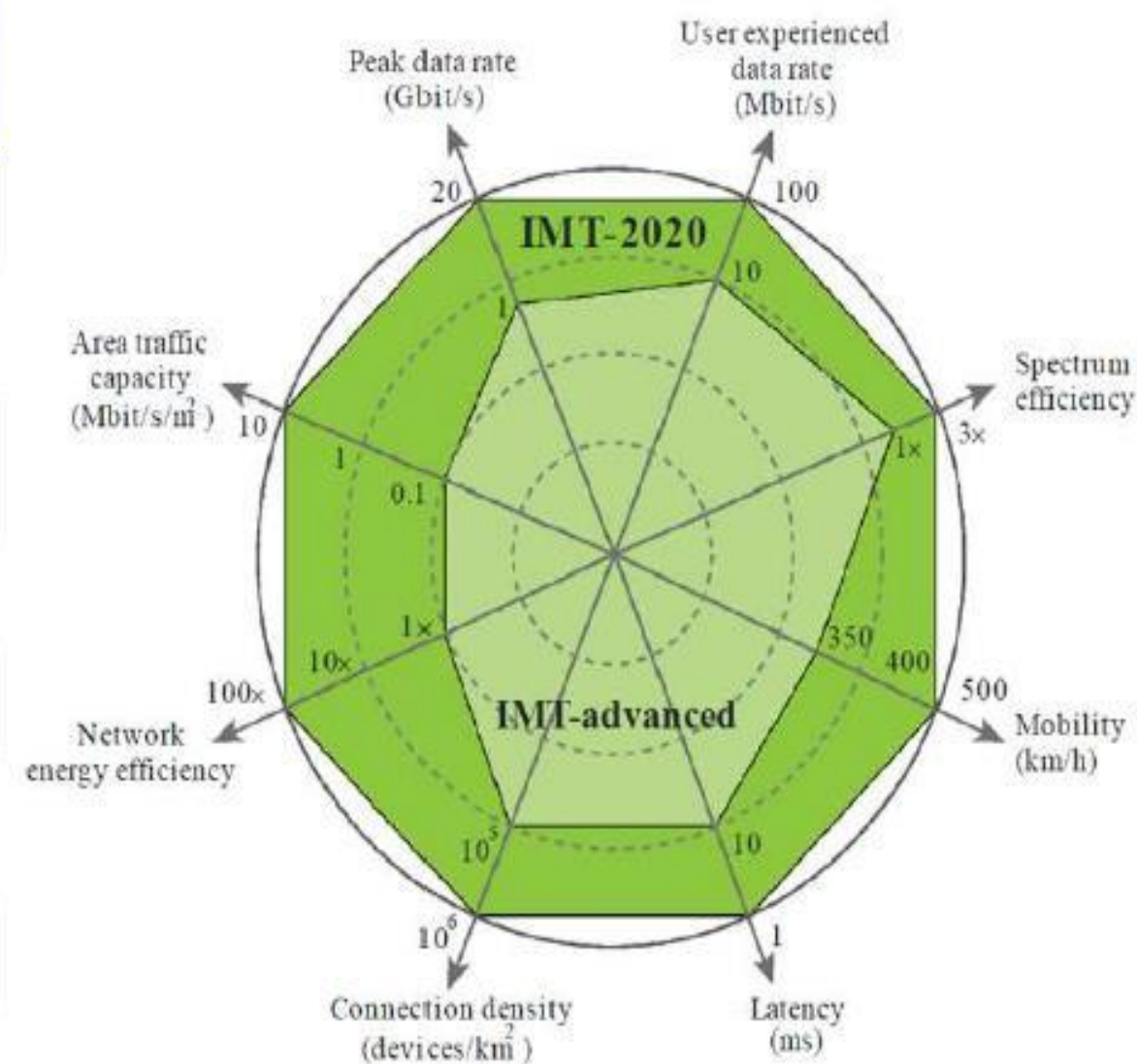
mMTC - Massive Machine Type Communications

Others such as **Fixed Wireless Access** also addressed with 5G

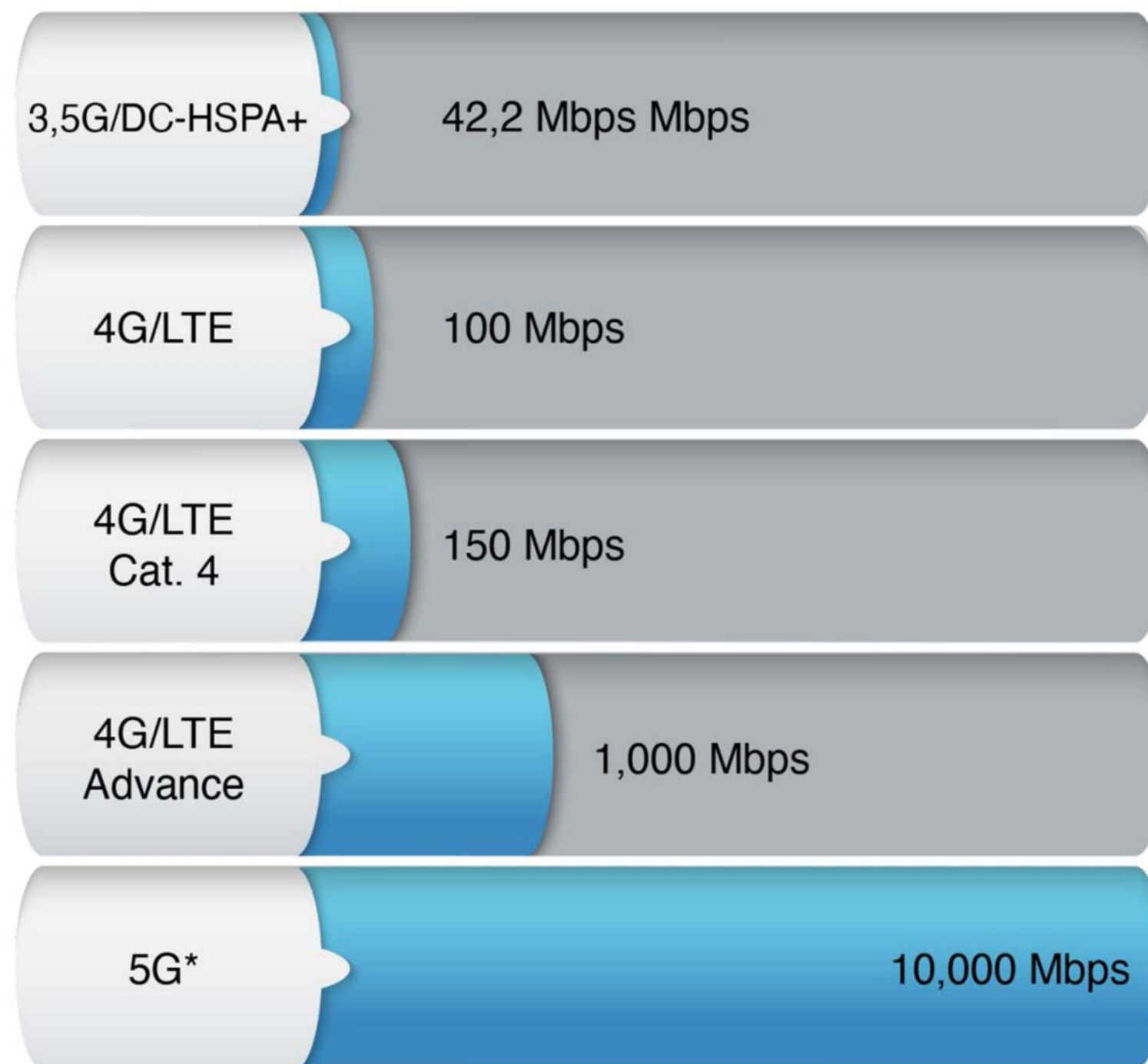


Capacidades de 5G vs. 4G

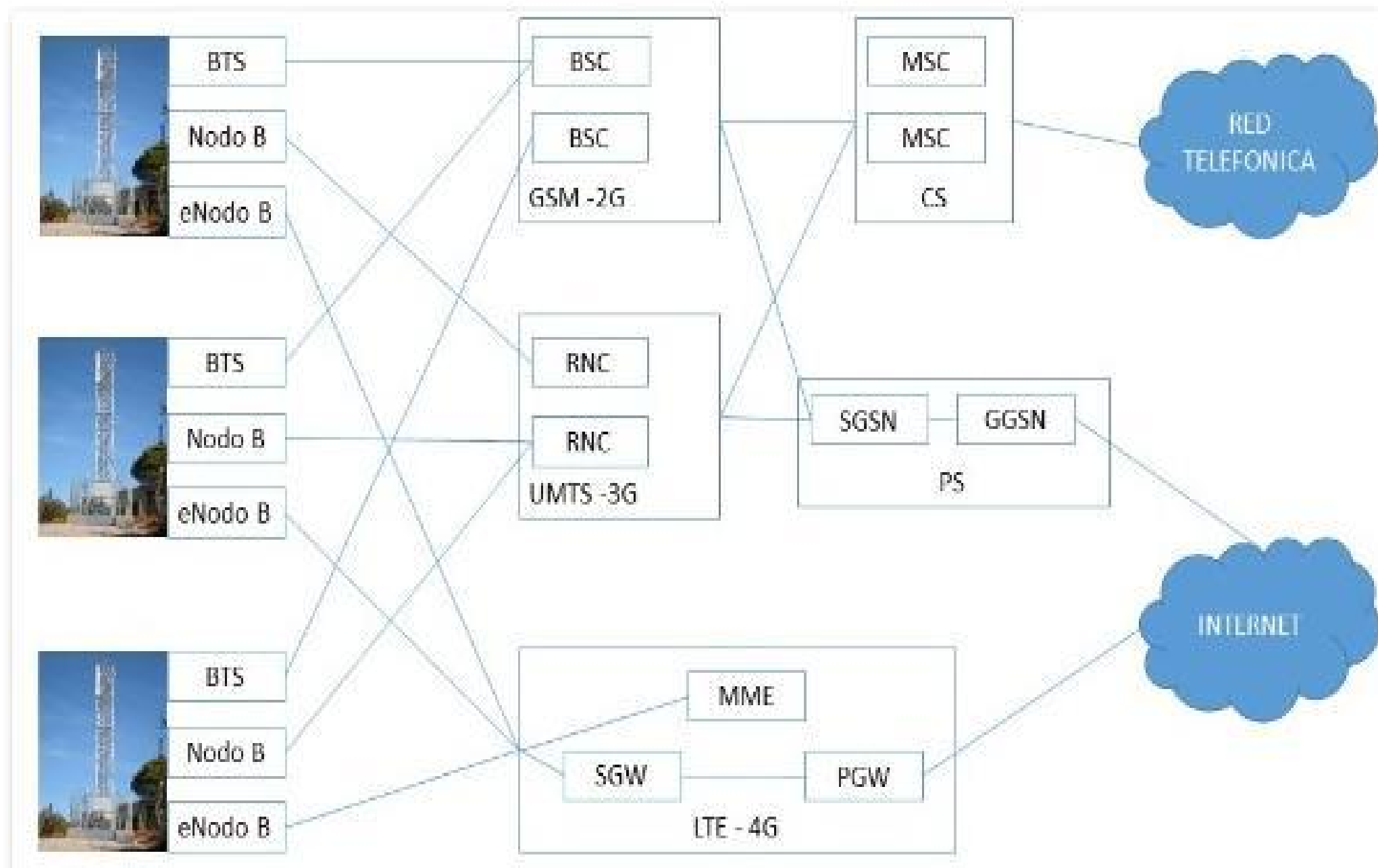
Parámetro	Valor	Unidades
Tasa pico de datos	20	Gbps
Tasa promedio de datos	10	Gbps
Tasa de datos de los usuarios	100	Mbps
Latencia	1	ms
Movilidad	500	Km/h
Densidad de conexiones	10^6	Dispositivos/km ²
Eficiencia energética	x100	Bit/Joule
Eficiencia espectral	x3	Bps/Hz
Densidad de datos	10	Mbps/m ²



Velocidad máxima teórica de diferentes generaciones de redes móviles



REDES MÓVILES 2G, 3G, 4G



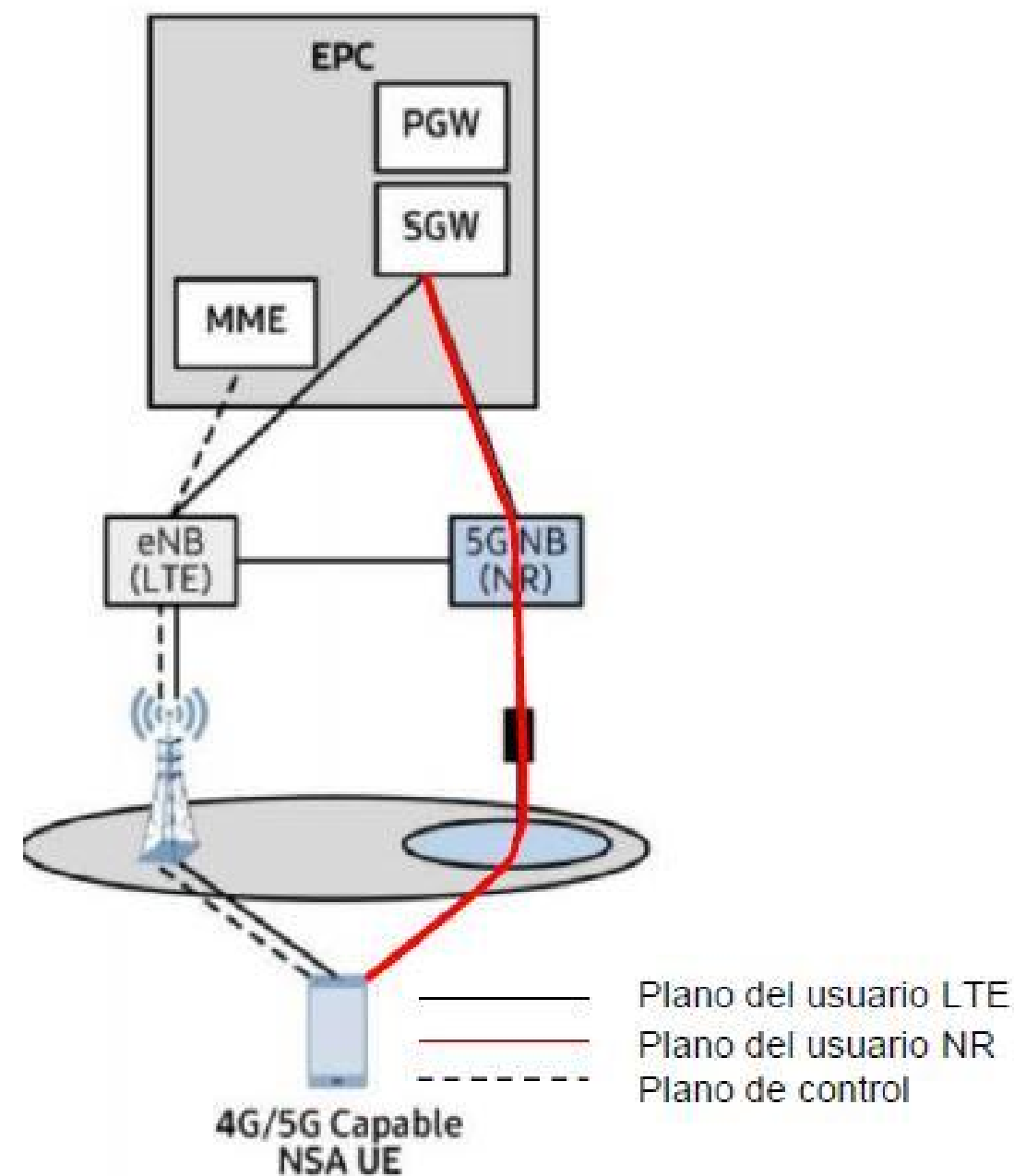
Solución Non-Standalone de Conexión Dual 4G/5G (3a)

NSA: Non-Standalone.

Solución basada en el Release 15 que permite a los operadores ofrecer servicios comerciales 5G-NR eMBB a través de un core EPC de LTE, es lo que se denomina la fase 1 de 5G-NR.

El UE soporta LTE y NR. El core es el EPC de LTE. Toda la señalización es a través de LTE y los datos de NR por medio de gNB:

1. El UE se une a la red LTE, y le indica que el soporta conexión simultánea con 4G y 5G (a nivel de la RAN).
2. El EPC verifica si está autorizado para conectarse a redes 5G. Y luego le notifica al eNodeB que el UE permite conexión a 5G.
3. El eNodeB toma la decisión de activar bearers NR en el gNodeB.
4. A través de mensajes RRC el UE es notificado de la activación de bearers NR.
5. El UE se conecta a la red 5G-NR manteniendo la conectividad 4G.



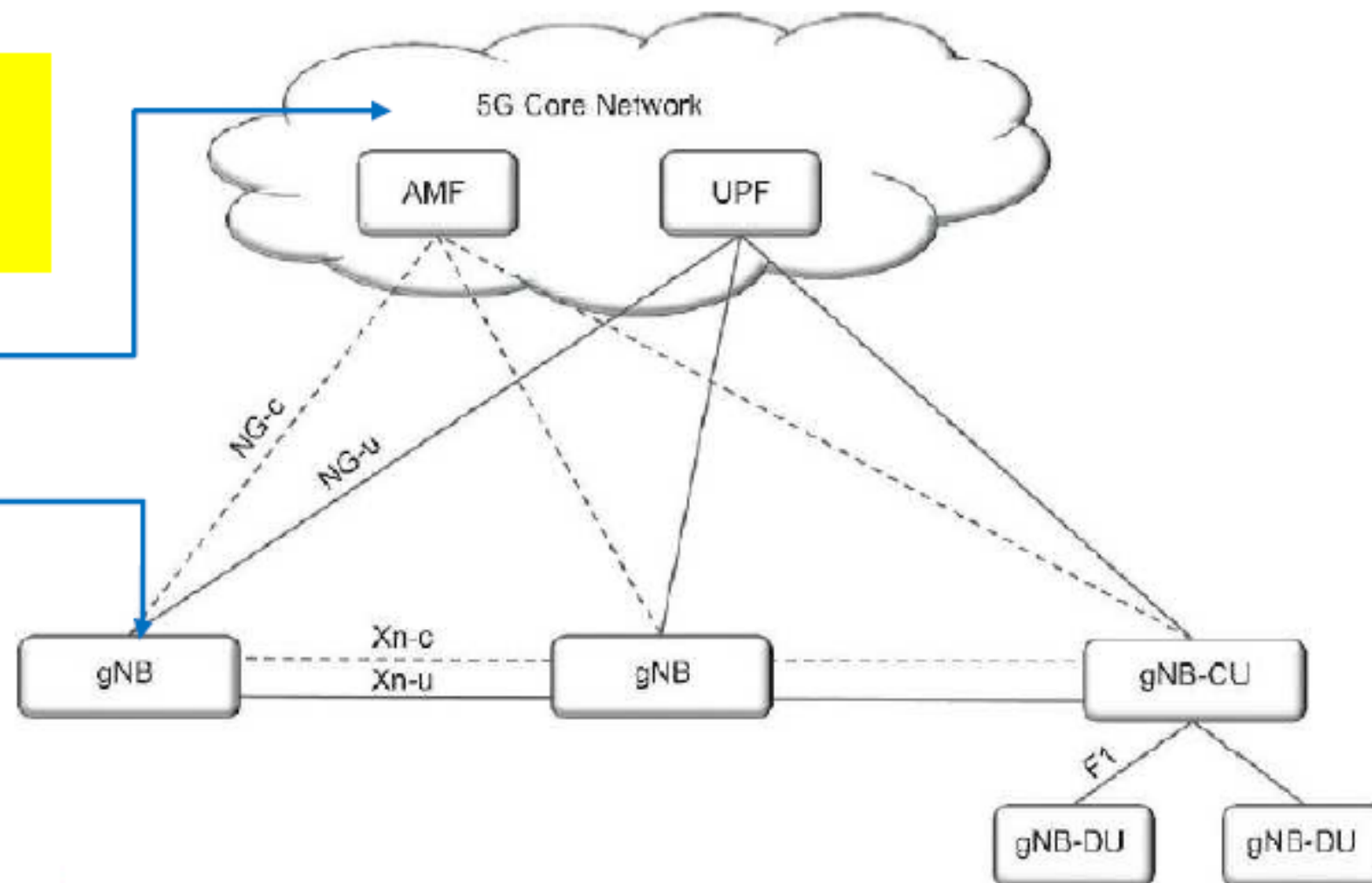
Filosofía de sistema 5G

Arquitectura General de 5G System NGS (Next Generation System)

El sistema NGS se soporta en la arquitectura basada en servicios SBA, la cual provee un marco general modular que permite desarrollar aplicaciones comunes usando componentes de diversos proveedores.

Dos elementos fundamentales totalmente nuevos en comparación con LTE:

El core NGC
LA RAN NR



Separación del plano de control (gNB-CU) del plano de datos en el gNB (gNB-DU)

NETWORK SLICING

Slice significa dividir, cortar, rebanar



Network Slicing, en el contexto de 5G, serán redes virtuales bajo demanda
Es la opción actual para poder satisfacer lo que se exige a 5G, es un corte lógico no físico

- Redes Virtuales distintas con recursos y servicios distintos
- Separación del plano de control del plano de datos
- Configuraciones diferentes para los servicios

Porqué Network Slicing?
Para disponer de una red flexible
Adaptable:

- a las necesidades de usuarios
- a los proveedores de servicios
- a los Vendors

Esto demanda cambios de arquitectura:

- en el Core
- en el RAN

Si hay un concepto impactante en 5G, es el concepto de Network Slicing (NS).

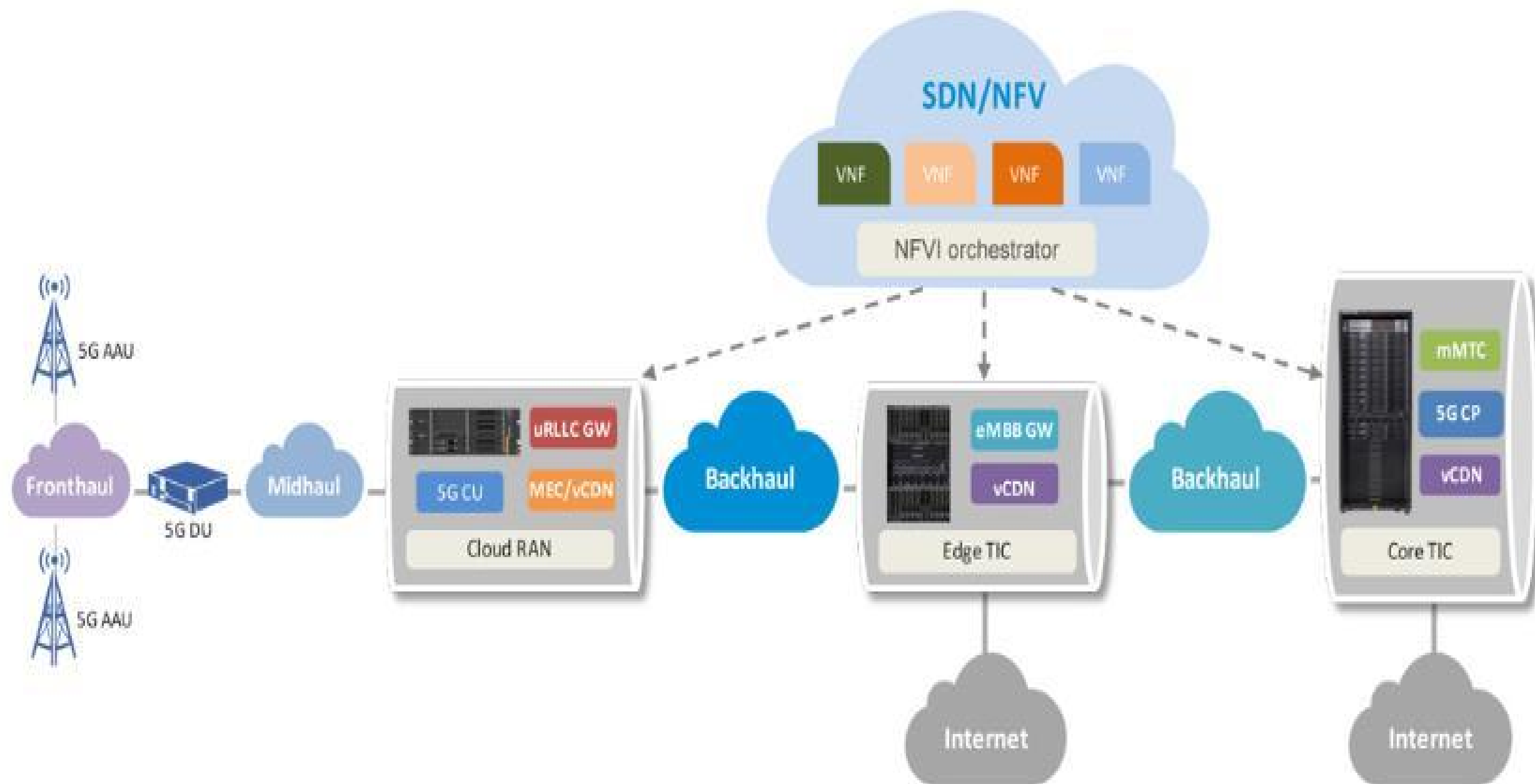
NS es un cambio totalmente radical en la arquitectura y filosofía de la red móvil, que rompe con todos los esquemas de las redes anteriores.

El sueño de cualquier operador, es tener cualquier tipo de red en una sola, pero al mismo tiempo en varias redes.

MEC: Multi-access Edge Computing

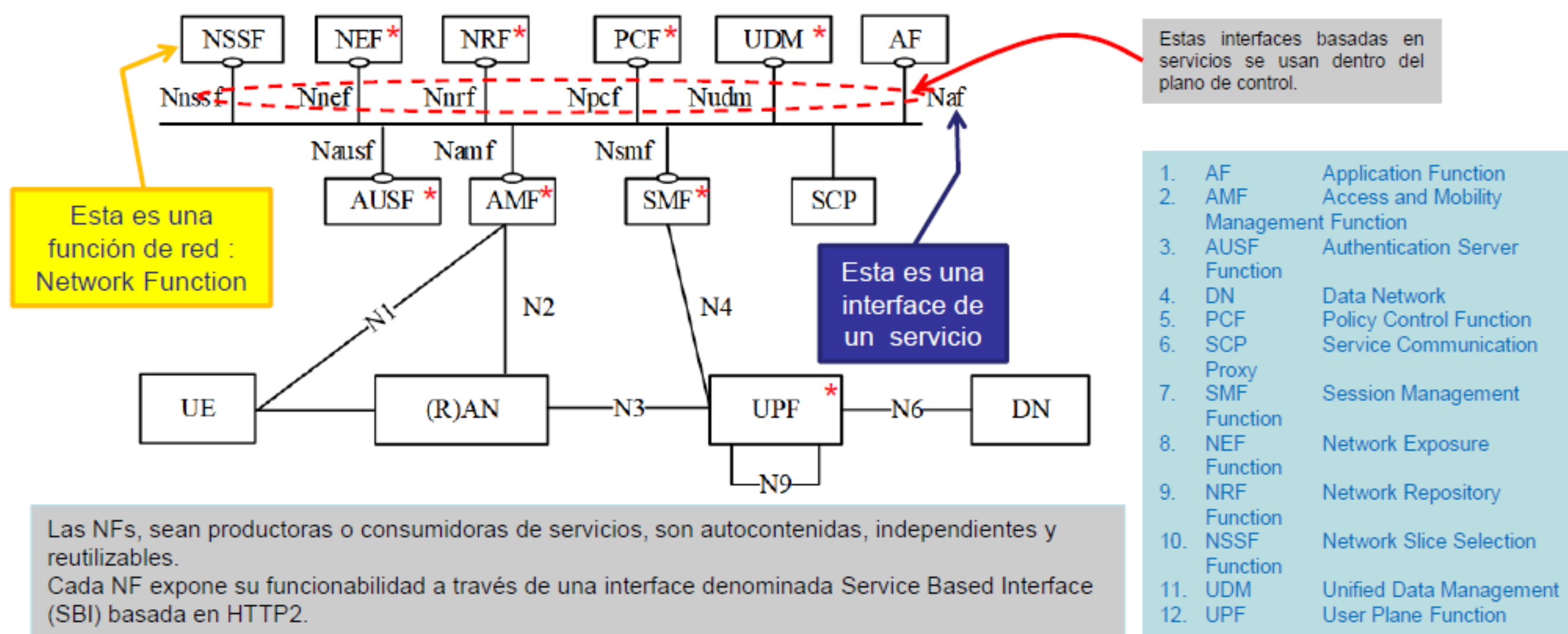
- MEC permite que los servicios de los operadores o de terceros sean alojados en la cercanía de los puntos de acceso de los UEs, permitiendo una reducción de la latencia y descargando la red de transporte.
- Solución 5G.
- Se refiere a una serie de técnicas diseñadas para localizar capacidades de computo y de almacenamiento fuera de la nube, y acercarlas lo más posible a la fuente que genera los datos a ser tratados. En aplicaciones como URLLC en 5G, MEC es una necesidad ya que permite reducir la latencia.
- Pero en aplicaciones masivas como IoT o V2X el volumen de datos a procesar puede ser inmenso, allí MEC contribuye a procesar los datos cerca de los usuarios.

RED MÓVIL 5G (NR)



Arquitectura del sistema 5G sin Roaming

Representación basada en los servicios



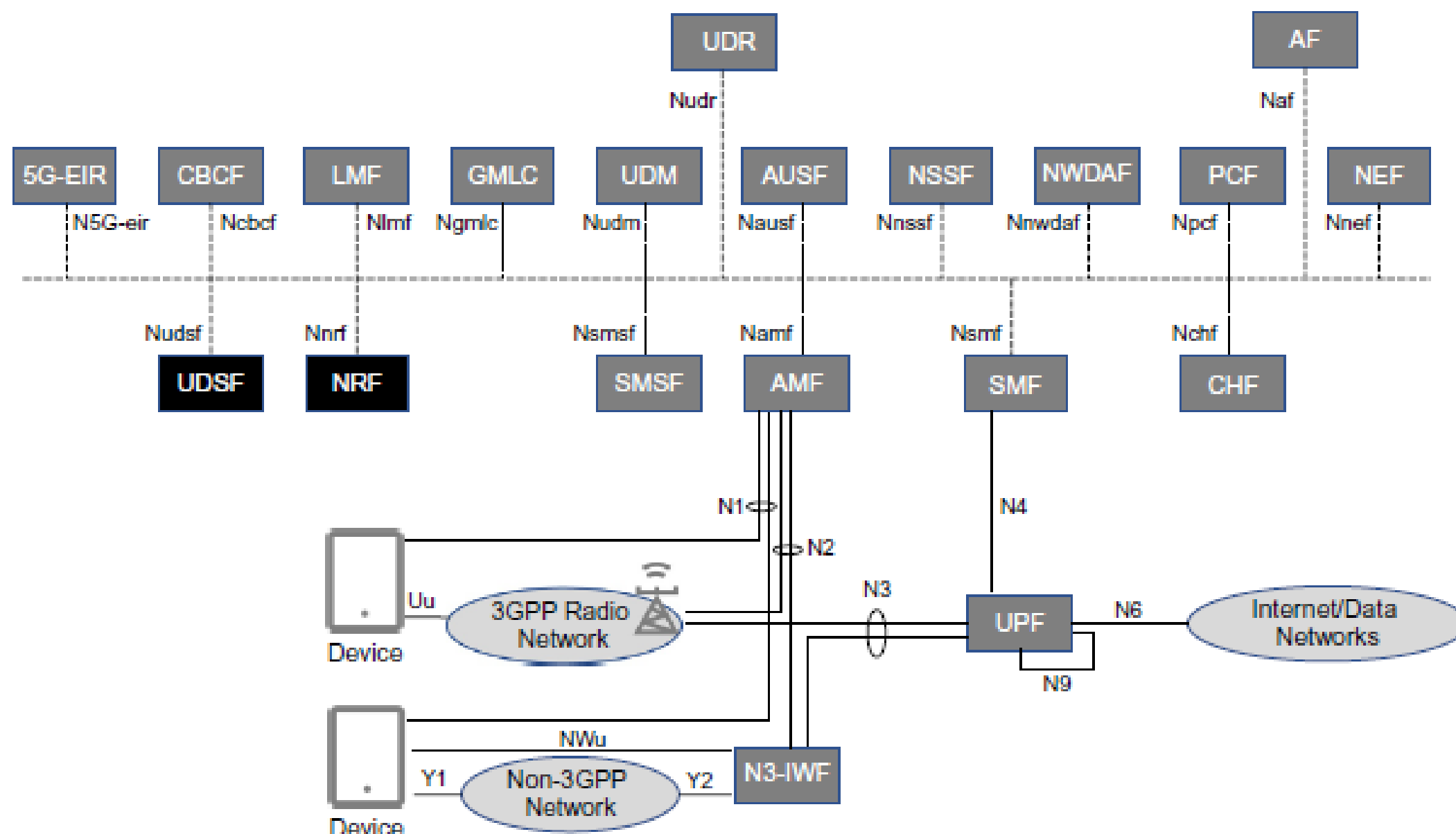
* Componentes principales del core 5G

Componentes principales del core 5G

- Access and Mobility Management Function (AMF)
 - Gestiona el control de acceso y la movilidad. Incluye en NSSF (Network Slicing Selection Function)
- Session Management Function (SMF)
 - Establece y gestión alas sesiones, de acuerdo con las políticas de la red.
- User Plane Function (UPF)
 - Se puede desplegar en varias configuraciones y ubicaciones, de acuerdo al tipo de servicios. Equivale al GWs en 4G.
- Policy Control Function (PCF)
- Suministra un marco general de las políticas de la red incorporando network slicing, roaming y gestión de la movilidad. Equivale al PCRF en 4G.
- Unified Data Management (UDM)
 - Almacena los datos y perfiles de los usuarios. Similar al HSS en 4G.
- NF Reposistory Function (NRF)
 - Es una funcionalidad nueva que no existe en 4G. Permite registrar y descubrir funcionalidades, de manera que las NFs puedan descubrirse entre si y comunicarse vía APIs.
- Nethork Exposure Function (NEF)
 - Es un Gateway de las APIs que permite que usuarios externos, tales como empresas u operadores socios, puedan monitorear, aprovisionar y reforzar las políticas de las aplicaciones, para usuarios dentro de la red del operador.
- Authentication Server Function (AUSF)
 - Es un servidor de autenticación.

5G Network Architecture

Service-based representation (SBA) Extendida



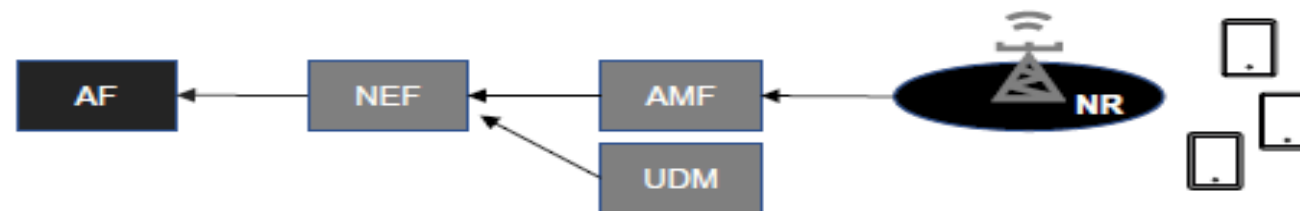
A UE shall establish an IPSec tunnel with the N3IWF to attach to the 5G Core Network over untrusted non-3GPP access. .

Exposure of network information

The **Network Exposure Function (NEF)** supports interaction with external applications.

It exposes selected network capabilities that can be used in various ways by these applications. This is of interest for opening up new business opportunities for service providers through enabling more advanced services to be offered by third party application providers. One key functionality supported by the NEF is to allow external applications to trigger devices to perform specific actions related to the application, including connecting to the NEF or the application itself.

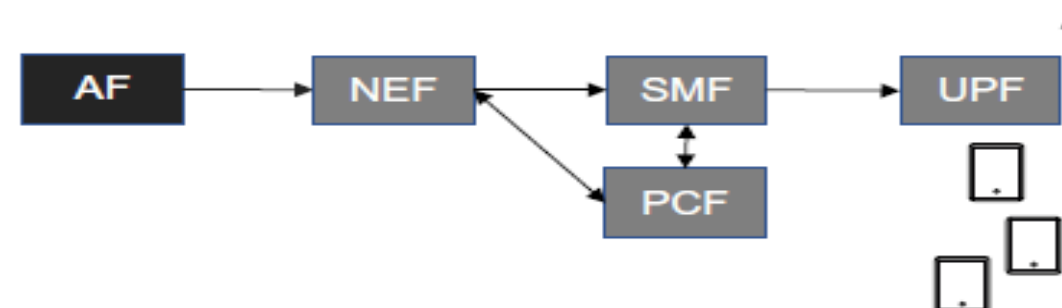
three different types of capability exposure are specified



Architecture for exposure of network event monitoring.

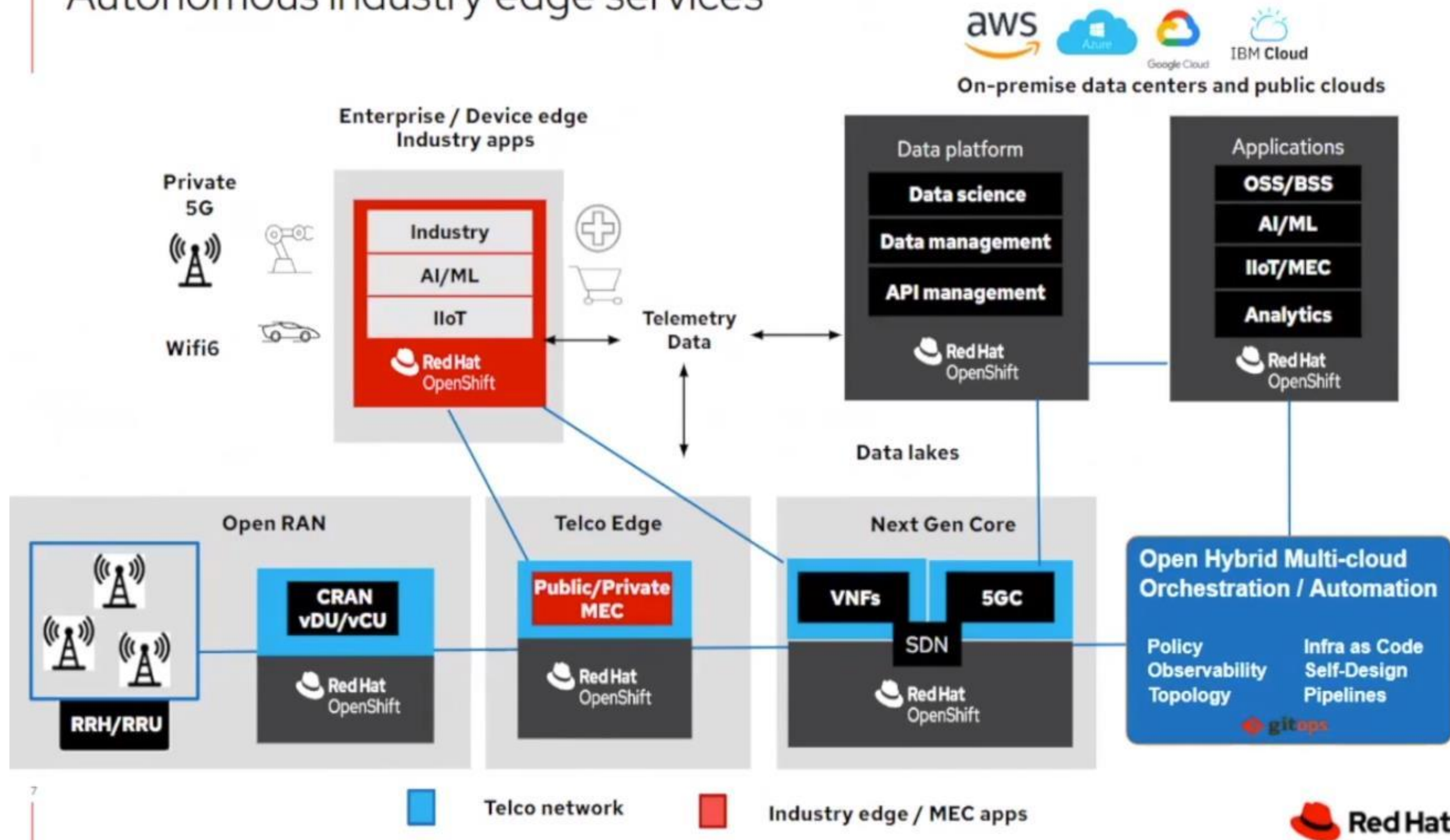


Architecture for data provisioning from external applications.



Architecture for policy control from external applications.

Autonomous industry edge services



Requerimientos de Espectro para 5G

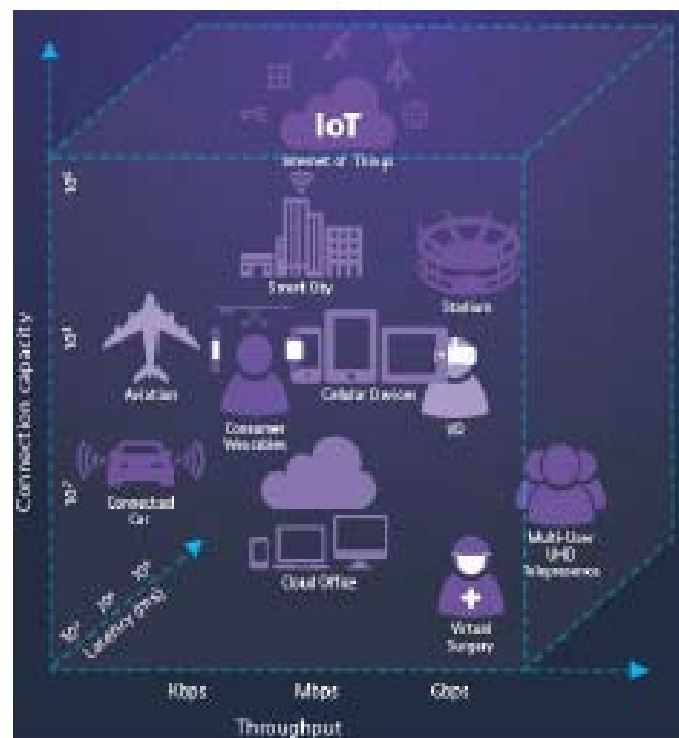
- Frecuencias hasta 100 GHz.
- Ancho de banda flexible.
 - Diferentes anchos de bandas.
 - Hasta 1 GHz.
- Duplexing: totalmente flexible.
 - Soportar FDD y/o TDD tanto en el DL como en el UL.
- Soporte de espectro compartido.
 - Con o sin licencia.
 - Entre tecnologías IMT o No-IMT.

Tecnologías: lo que hay de nuevo en 5G

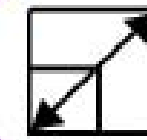
- SDN.
- NFV.
- Beamforming.
- Massive MIMO.
- OFDM con espaciamiento y ancho de banda adaptativos.
- Network Slicing: RAN y CORE.
- Frecuencias hasta 100 GHz.
- Enfocado a mercados verticales.
- Red orientada a los servicios.

5G characteristics and challenges

- ✓ Enhanced MBB
- ✓ mMTC
- ✓ Ultra low latency
- ✓ Ultra high reliability



- App specific network slicing
- High velocity service activation



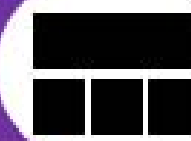
Scale of service activation

- New 5G mmWave spectrum (GHz)
- Massive MIMO



Signal quality issues
(path loss, flatness, phase noise, & linearity)

- Network element disaggregation



New interfaces, decoupled
functionality, flexible deployments

- Flexible and efficient fronthaul



New functional splits with stringent
SLAs for fronthaul

- Fiber everywhere
- Fat pipes for transport

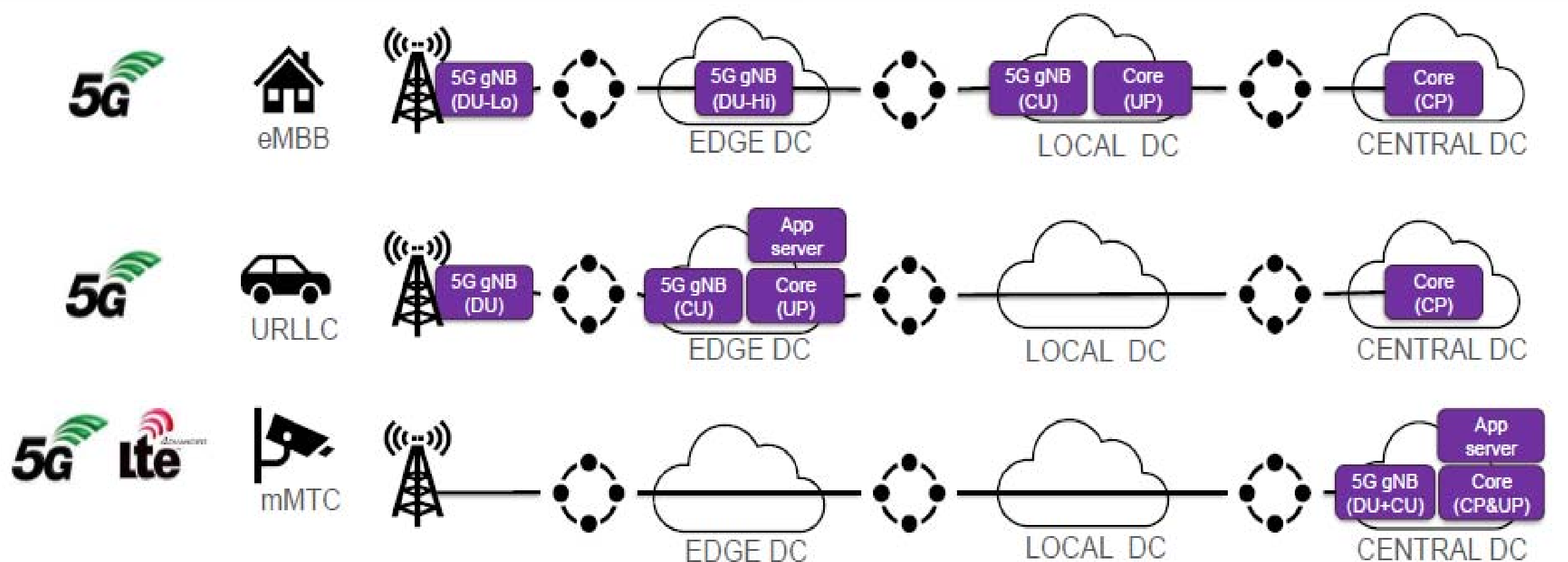


Massive fiber deployment requires
trained resources

Network slicing in 5G

Virtual radio, transport, core functions

End-to-End network slicing: Radio, transport, core



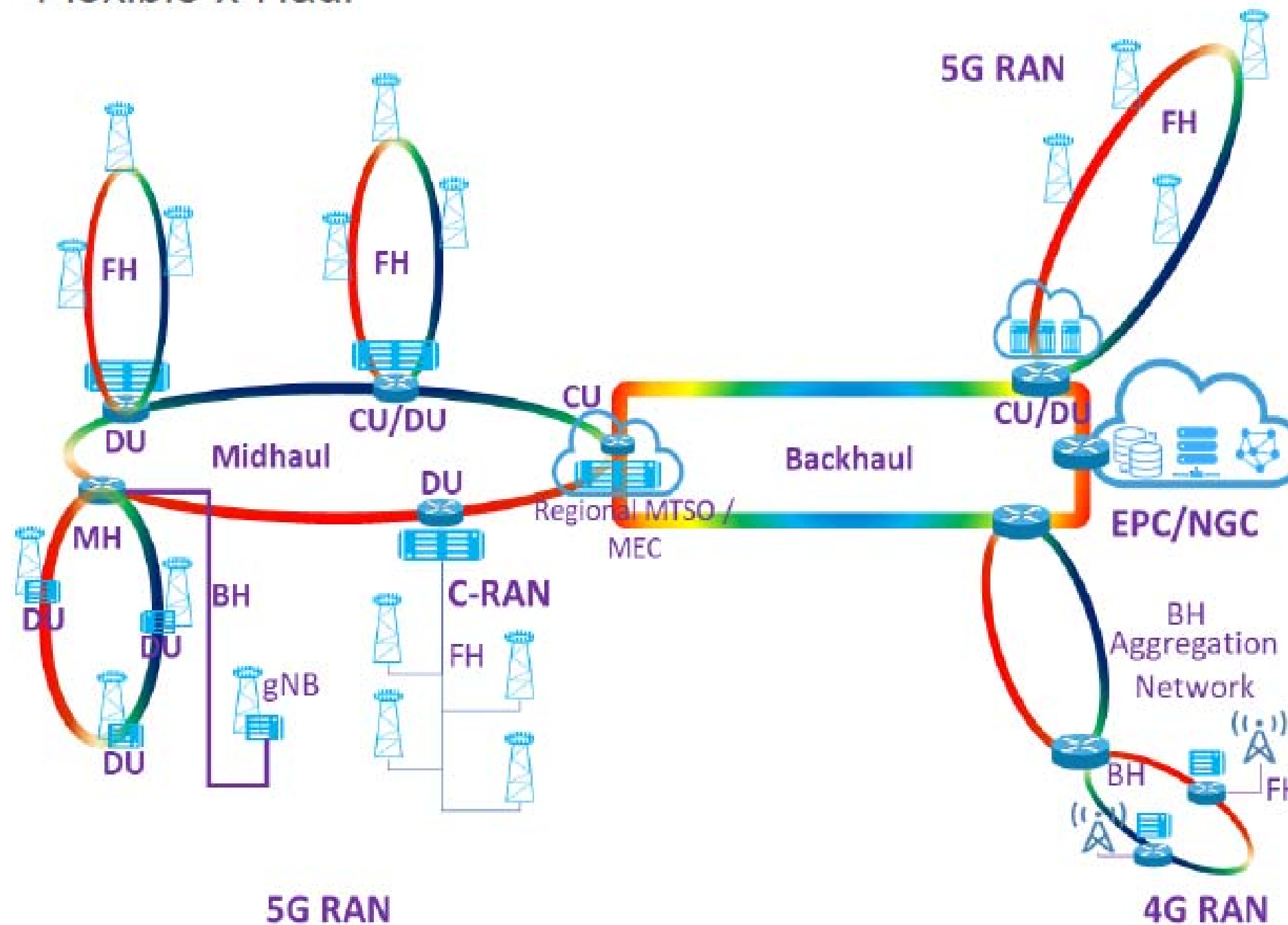
eMBB: Enhanced Mobile Broadband

URLCC: Ultra-Reliable Low Latency Communications

mMTC: Massive Machine Type Communications

3GPP 5G NR standards is designed to support multiple use cases/verticals

Flexible x-Haul



Fronthaul DU-RU

- CPRI/eCPRI/ORAN
- Range <20km
- Latency μ s

Midhaul CU-DU

- F1 Interface
- Range <80km
- Latency low ms

Backhaul CU-Core

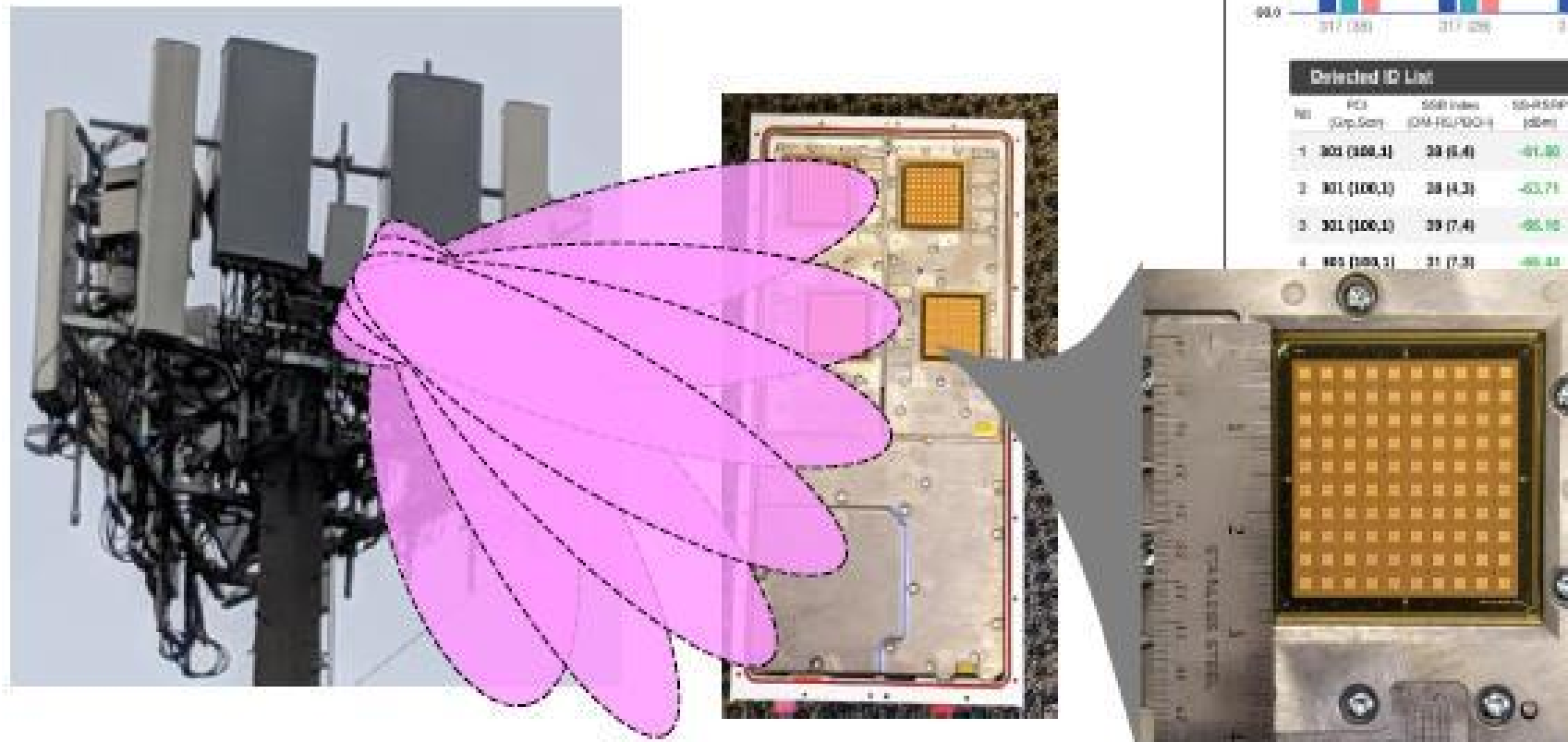
- S1/eS1 Interface
- Range <200km
- Latency tens of ms

Testing 5G air interface

5G beam analysis

Beamforming performance

- Flexible 3GPP standards defining the actual location of the SSB block
- Visibility into the way different NEMs configure their beamforming policies for 1x/2x/4x/8x or 64x

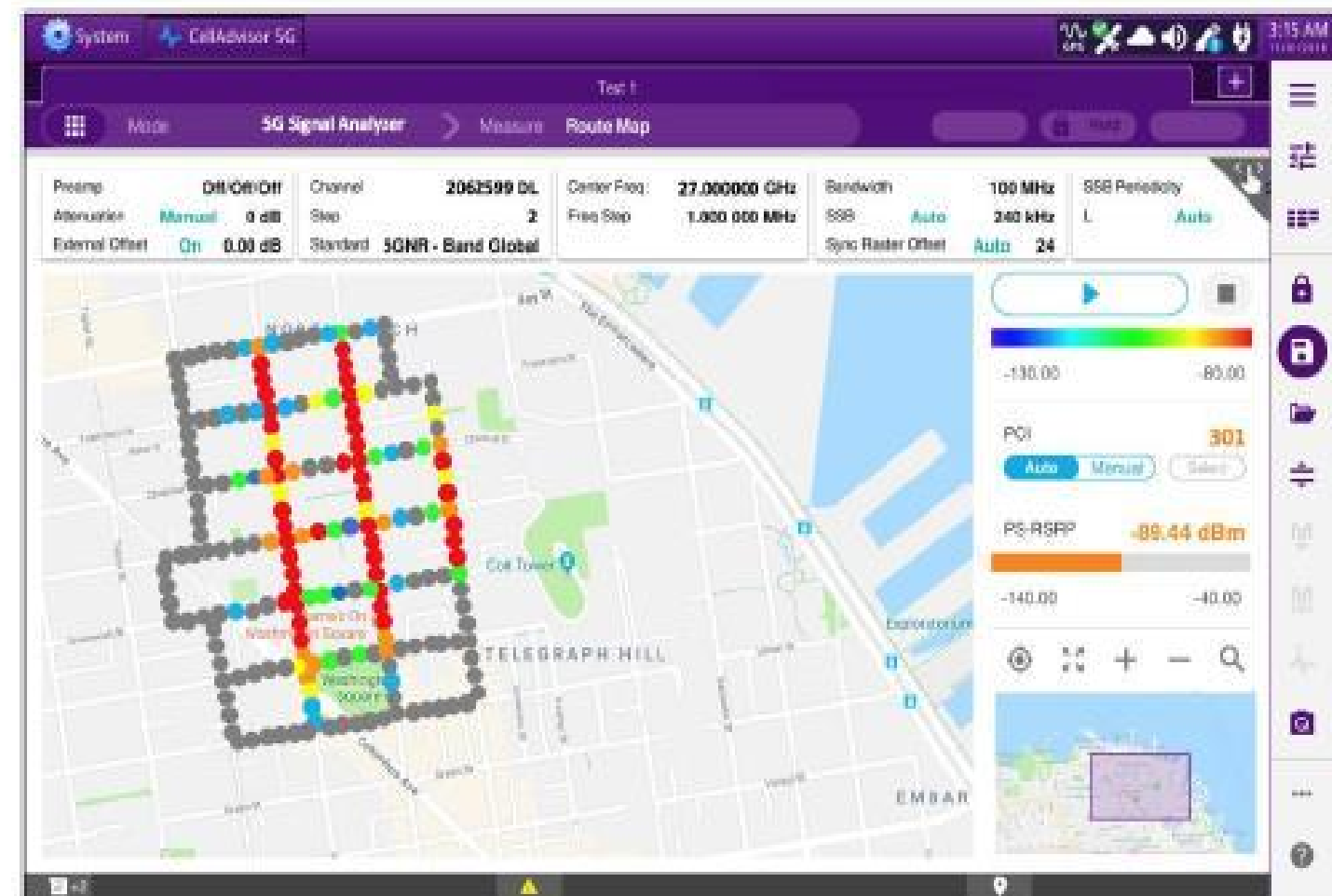
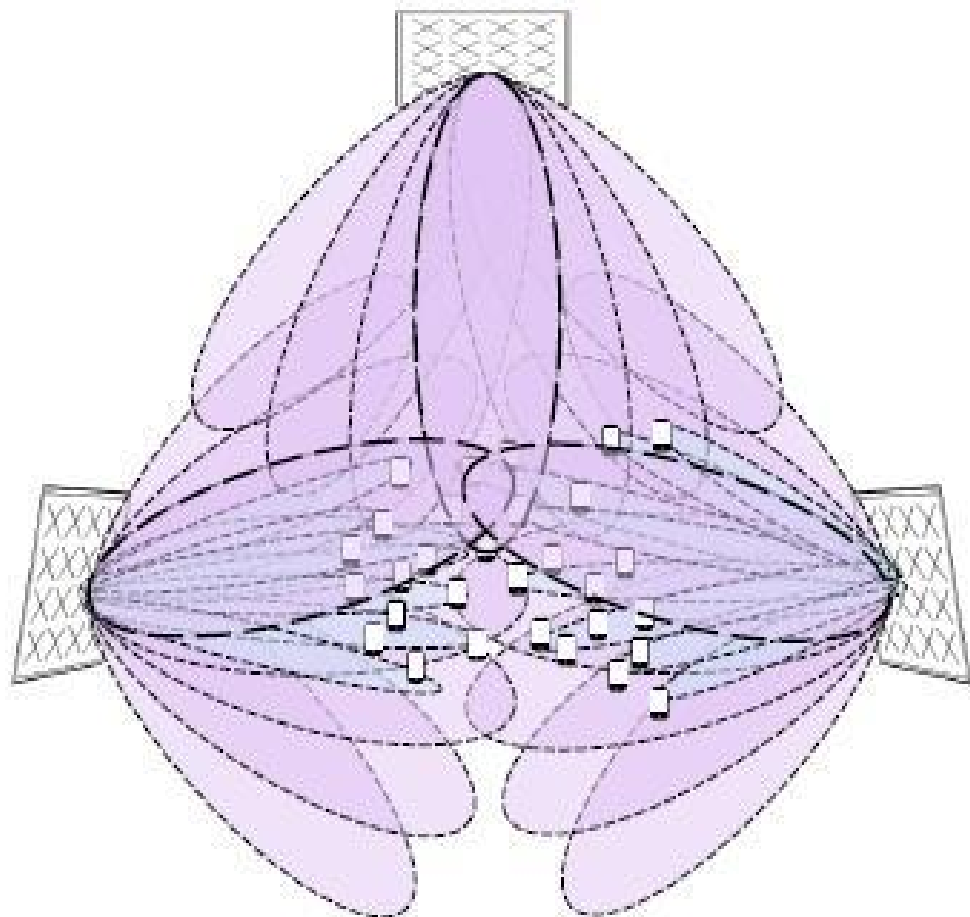


5G beam analyzer (8 strongest beams)

Testing 5G air interface

5G route map coverage

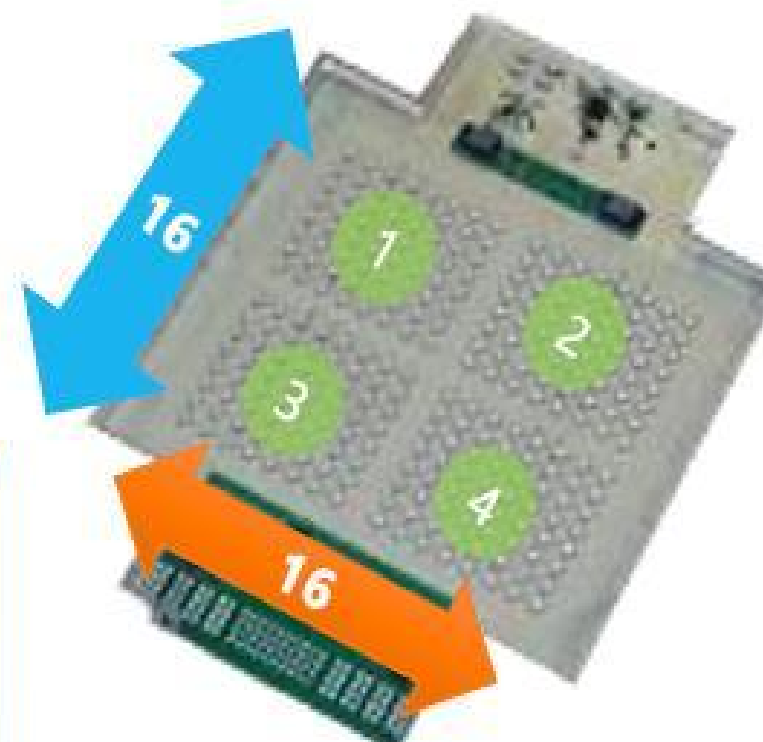
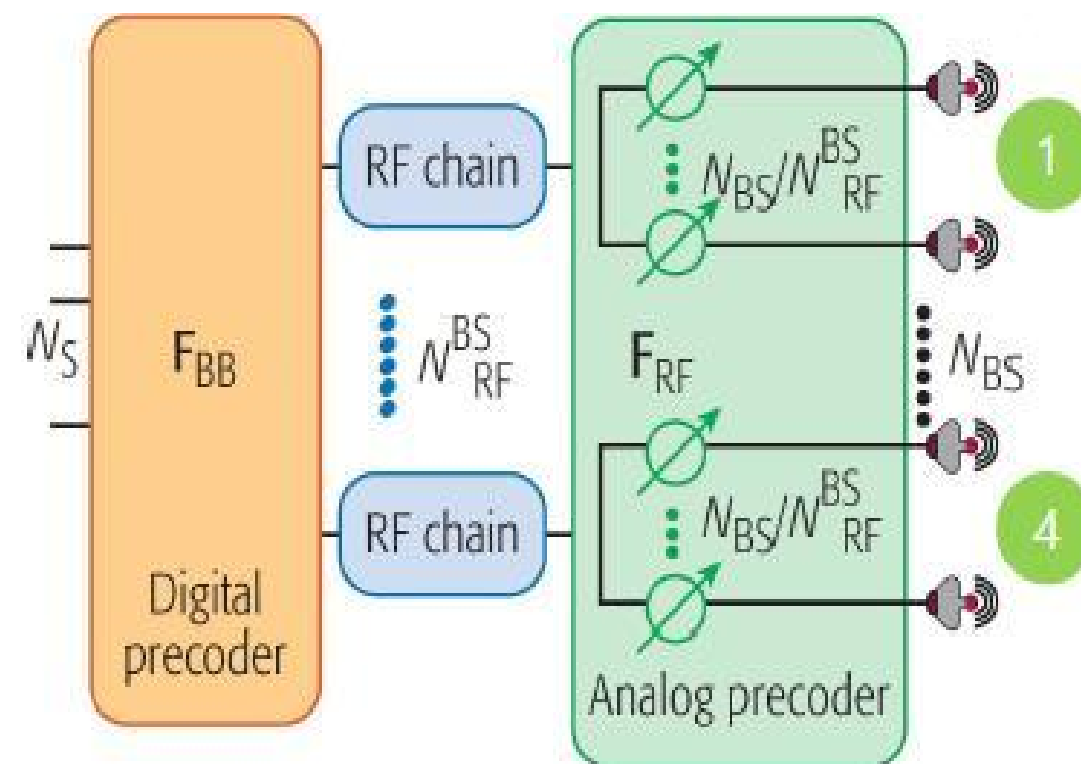
- Cell coverage
- Beam availability
- Beam propagation
- Interference/capacity



5G route map (coverage)
Physical cell ID, Beam index, Beam power, Beam SNR

Strategy 6 MaMIMO-FWA

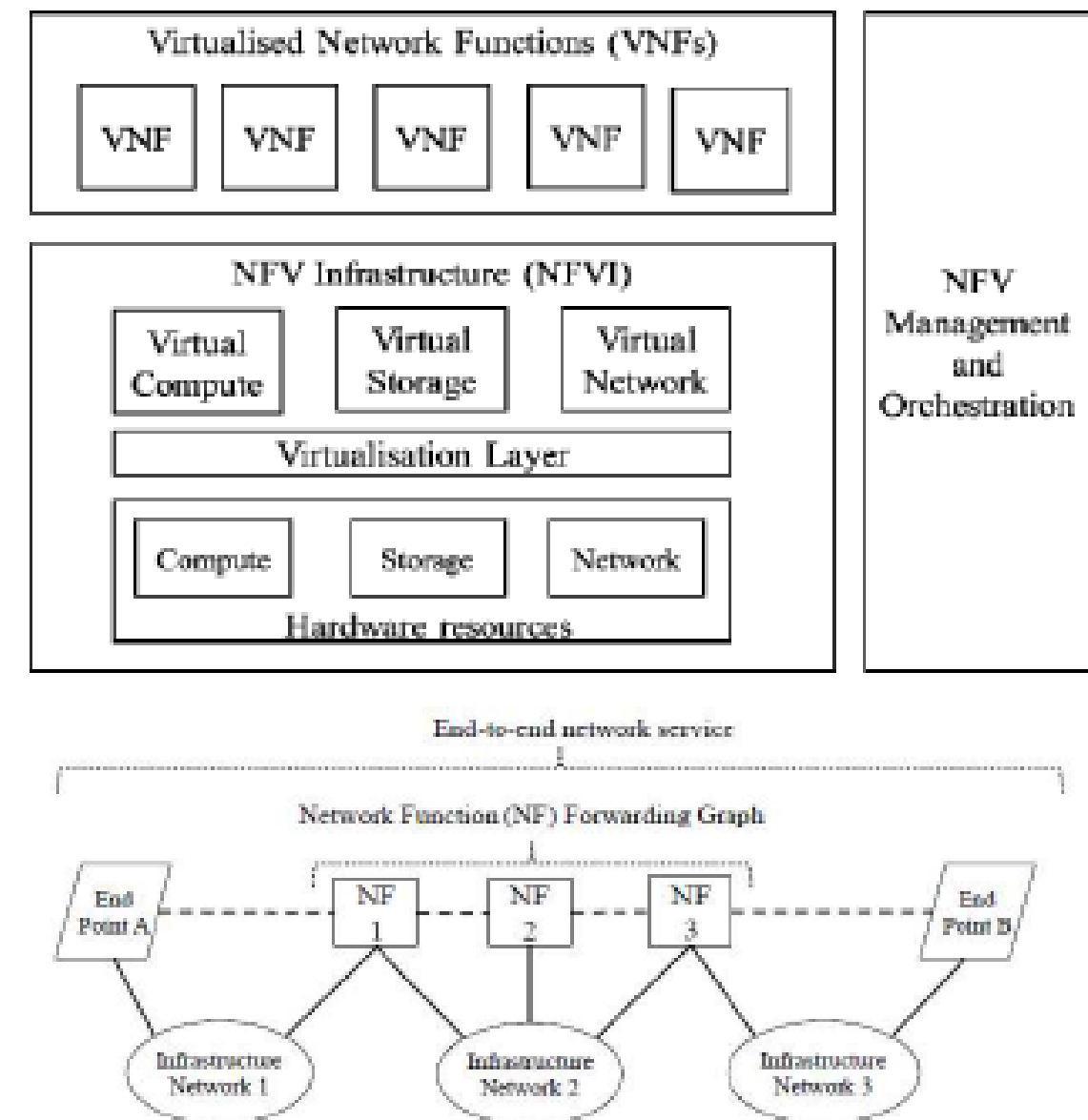
- 28 GHz, 60 dBm EIRP
- $N_{RF}^{BS} = 32$ RF chains
- $N_{BS} = 256$ Antenna Elements
- ORAN Fronthaul interface



Esquema General de NFV

A nivel macro, NFV está integrado por tres grandes dominios:

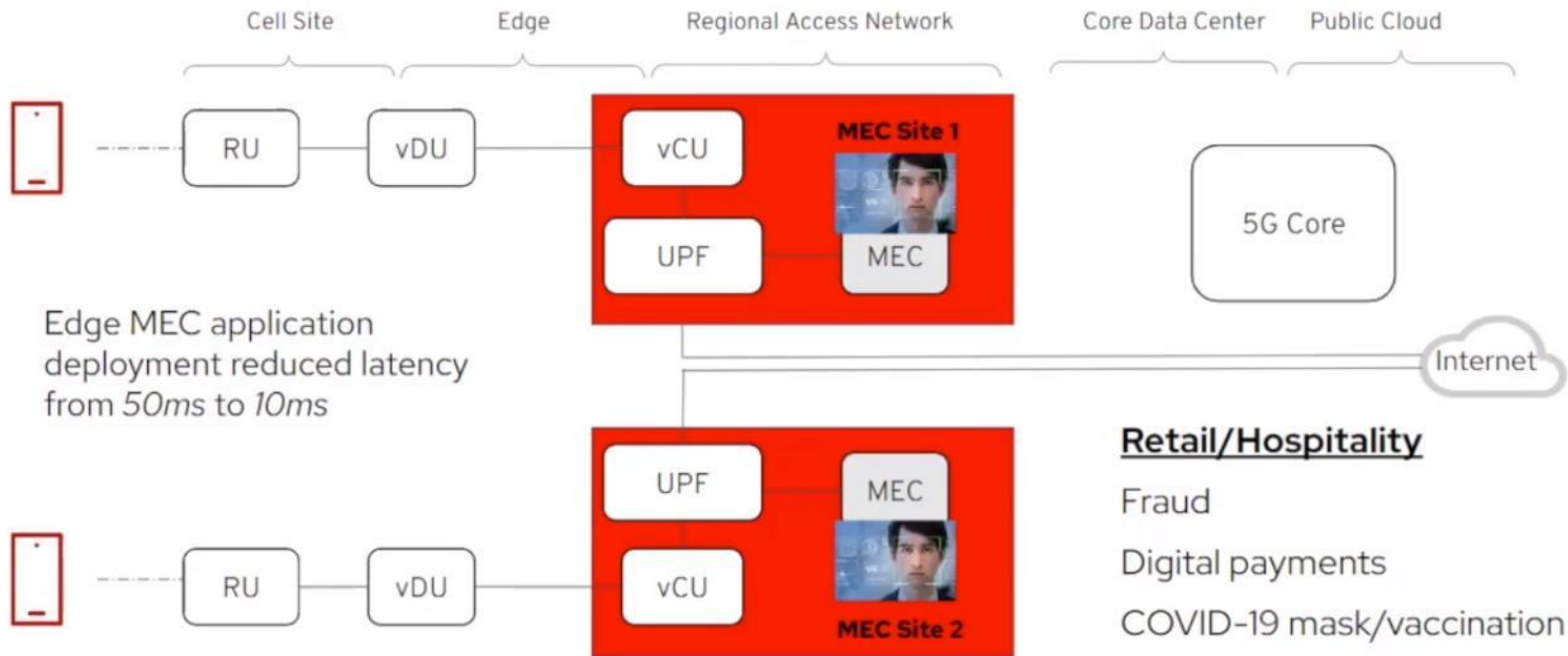
1. Funciones de red virtualizadas (VNF): estas funciones se ejecutan en la NFVI.
2. Infraestructura de NFV (NFVI): integrada por los recursos físicos y la manera como estos pueden ser virtualizados. La NFVI soporta la ejecución de las funciones virtualizadas VNF.
3. Gestión y Orquestación de NFV: gestión de los recursos lógicos y físicos que soportan la infraestructura de virtualización.



URLLC

Industry Vertical	Application
Smart Factory/Industrial Automation	Industrial Control Robot Control Machine to Machine Process Control
Healthcare Industry	Remote Diagnosis Emergency Response Remote Surgery
Entertainment Industry	Immersive Entertainment Online Gaming
Transport Industry	Driver Assistance Applications Enhanced Safety Autonomous Driving Traffic Management
Manufacturing Industry	Motion Control Remote Control AR and VR Applications
Energy Sector	Smart Energy Smart Grid

Smart Retail/Hospitality- face recognition applications



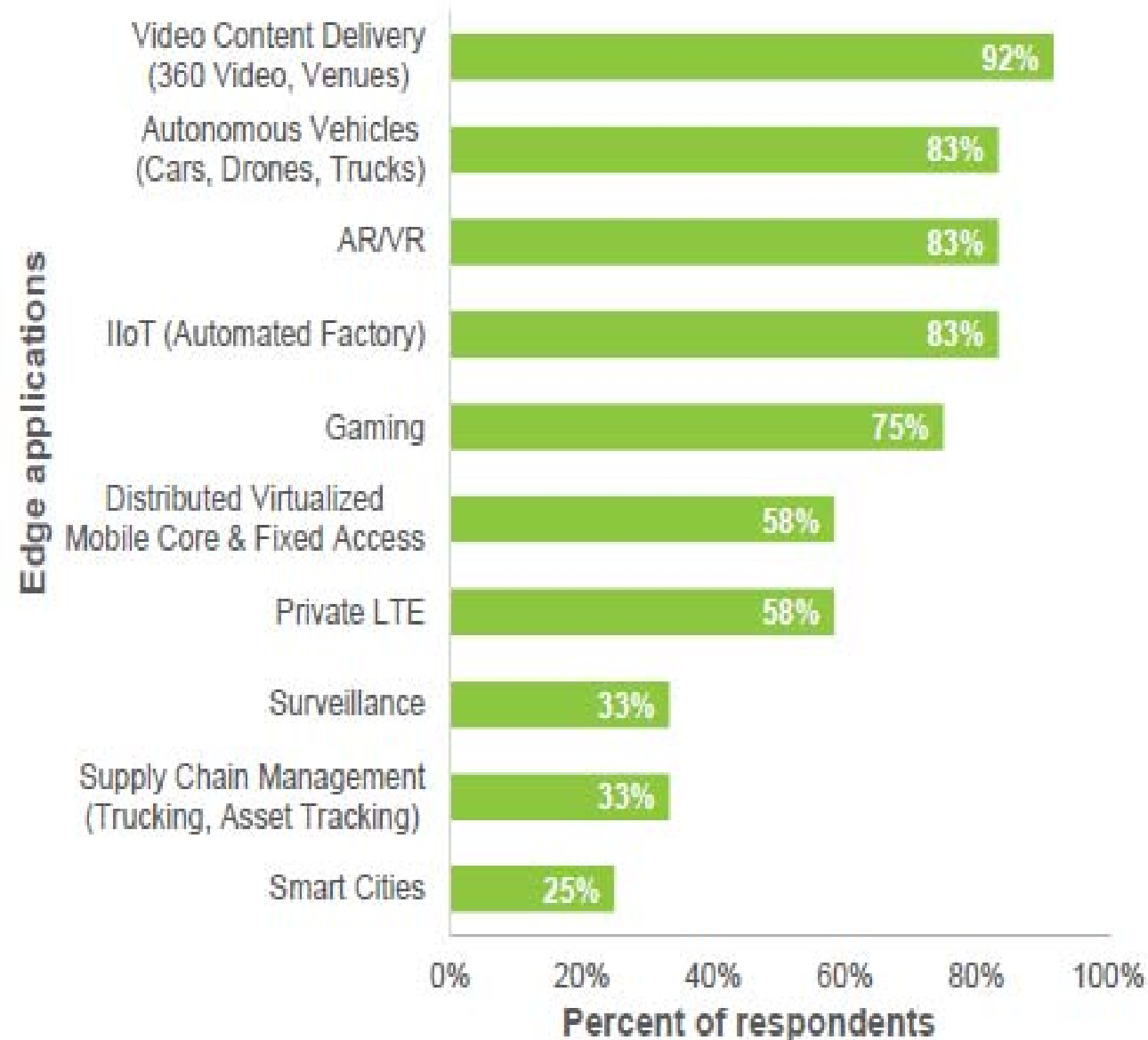
13

NA/APJC - Mobile Operator



Video drives many top edge services; widespread deployments planned long-term

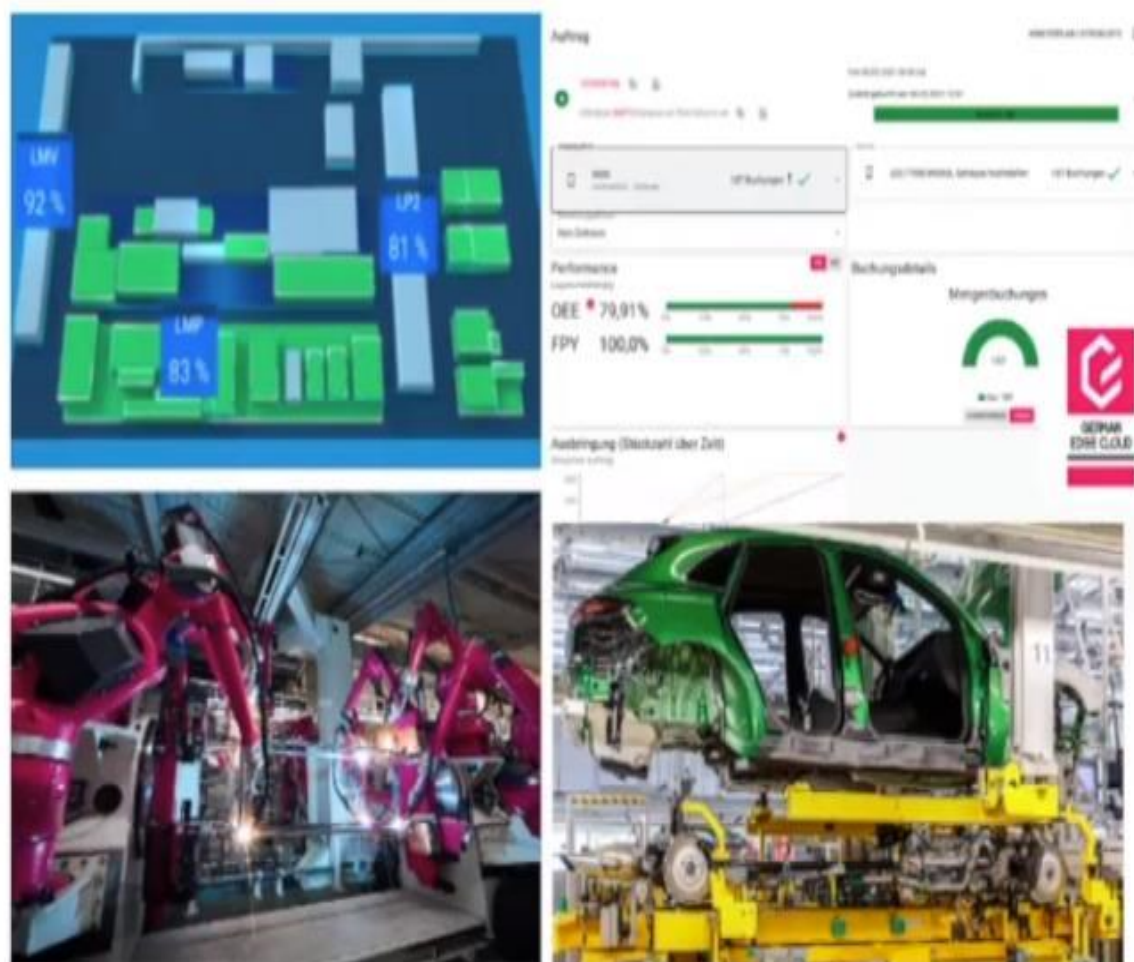
Q: What are the top 5 edge services?



Source: IHSM survey report: *New Research on the Embryonic Telco Edge: Apps, Money, Momentum*, January, 2019

- Many metro IX locations within 20ms of parts of populations...
- Telcos have advantage of COs, cell sites, cell backhaul aggregation, fixed backhaul, street cabinets, etc. much closer to users
- Edge enhanced apps include many elements: natural language, facial recognition, immersive experience, swarming
- Big (too much) bandwidth top driver
- Our categories are a grouping of several applications

Smart manufacturing operations – private edge clouds



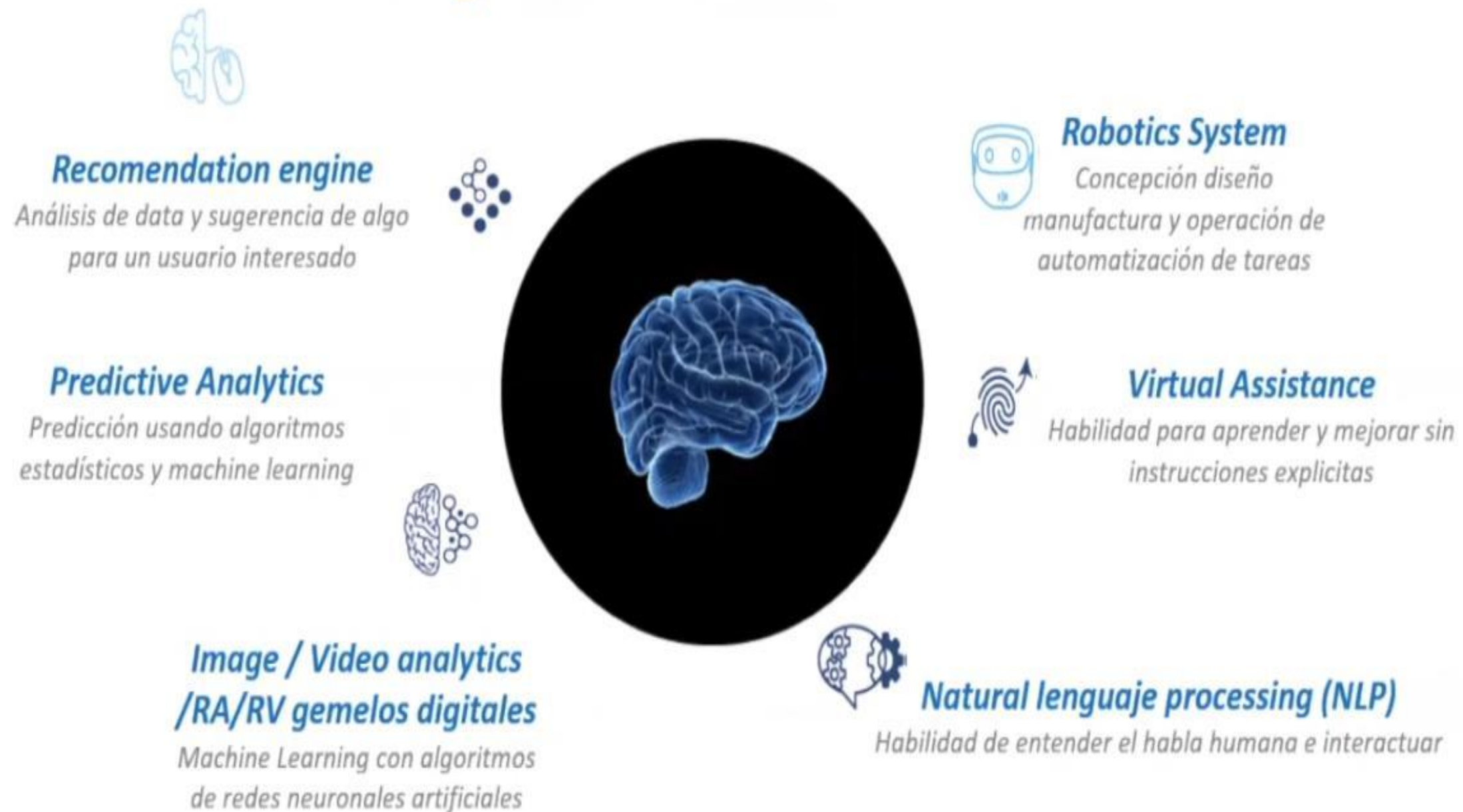
Automobile / Electronics Factory – Funded Consortium

- ▶ 25% improved value
- ▶ Maximize production throughput
- ▶ Minimize equipment downtime
- ▶ Decrease worker safety risks
- ▶ SCADA / digital twin / robotics
- ▶ Integrated factory / SAP automation
- ▶ IIOT platform / industrial dashboard
- ▶ Virtual hybrid cloud automation

Reliable and data sovereign edge computing at the factory floor

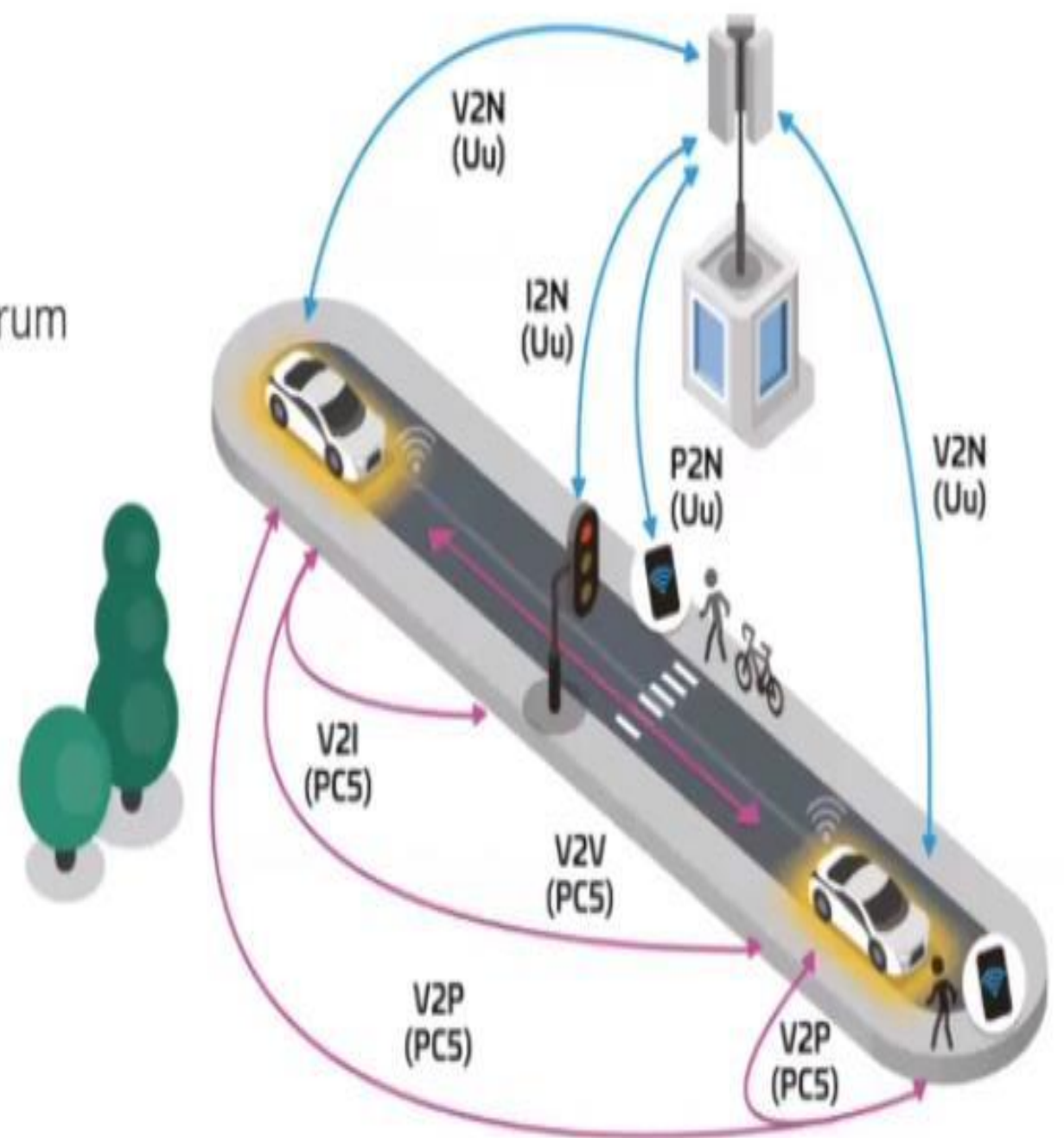
Algunos campos donde la AI hoy tiene mayores desarrollos

Imagen / Video / Audio / Texto



C-V2X Mobile Network Communications (Uu)

V2N/I2N/P2N in licensed spectrum bands designated for mobile network communication



C-V2X Direct Communications (PC5)

V2V, V2I, and V2P operating in ITS bands (e.g. 5.9 GHz) independent of cellular network

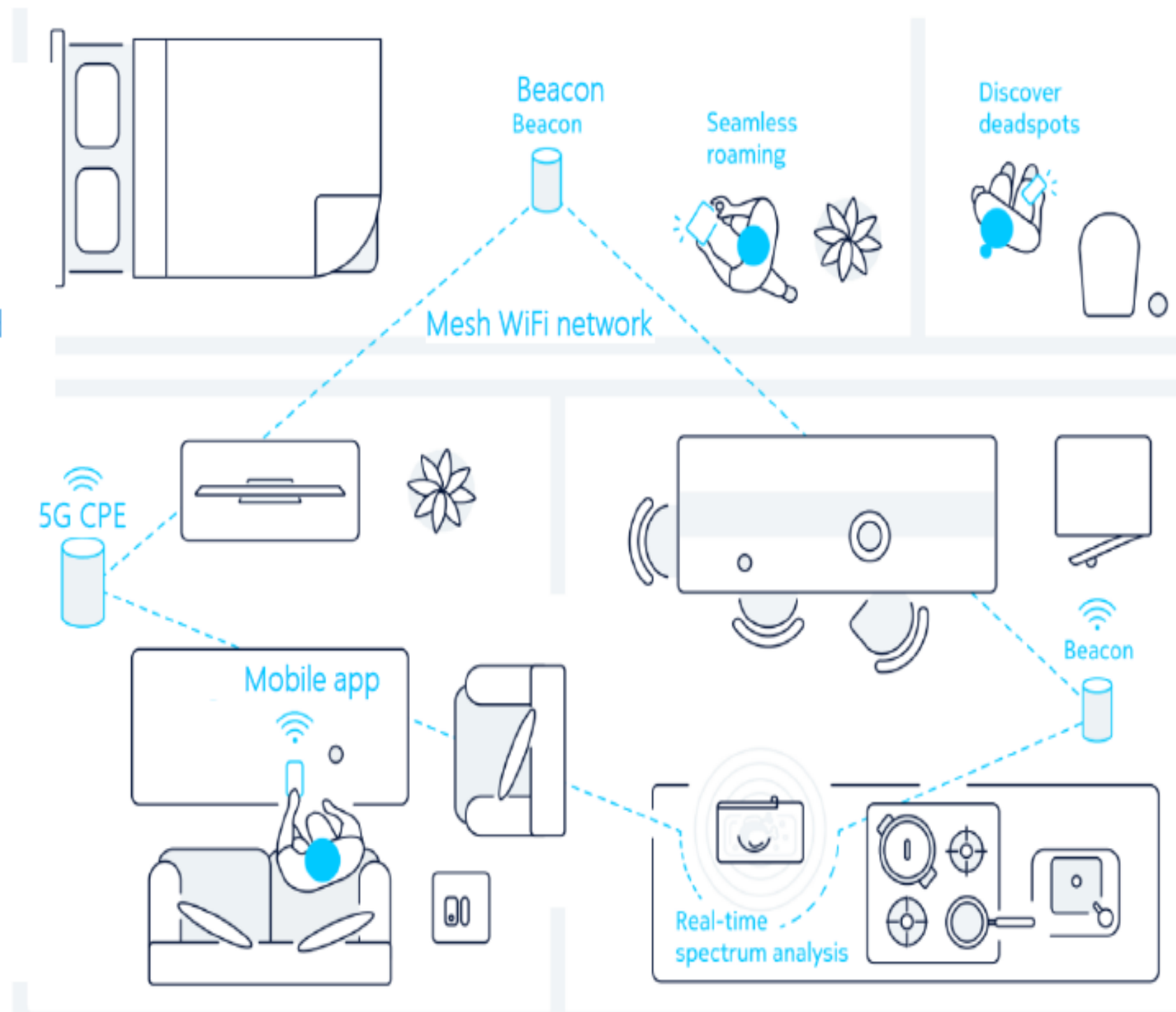
Requirements for a mesh network (part 1)

Offer peak performance

- Performance hampered by interference
 - Neighbor WiFi interference
 - Non-WiFi interference from household devices (microwave ovens, Bluetooth devices, ...)
- Need to detect and mitigate interference asap

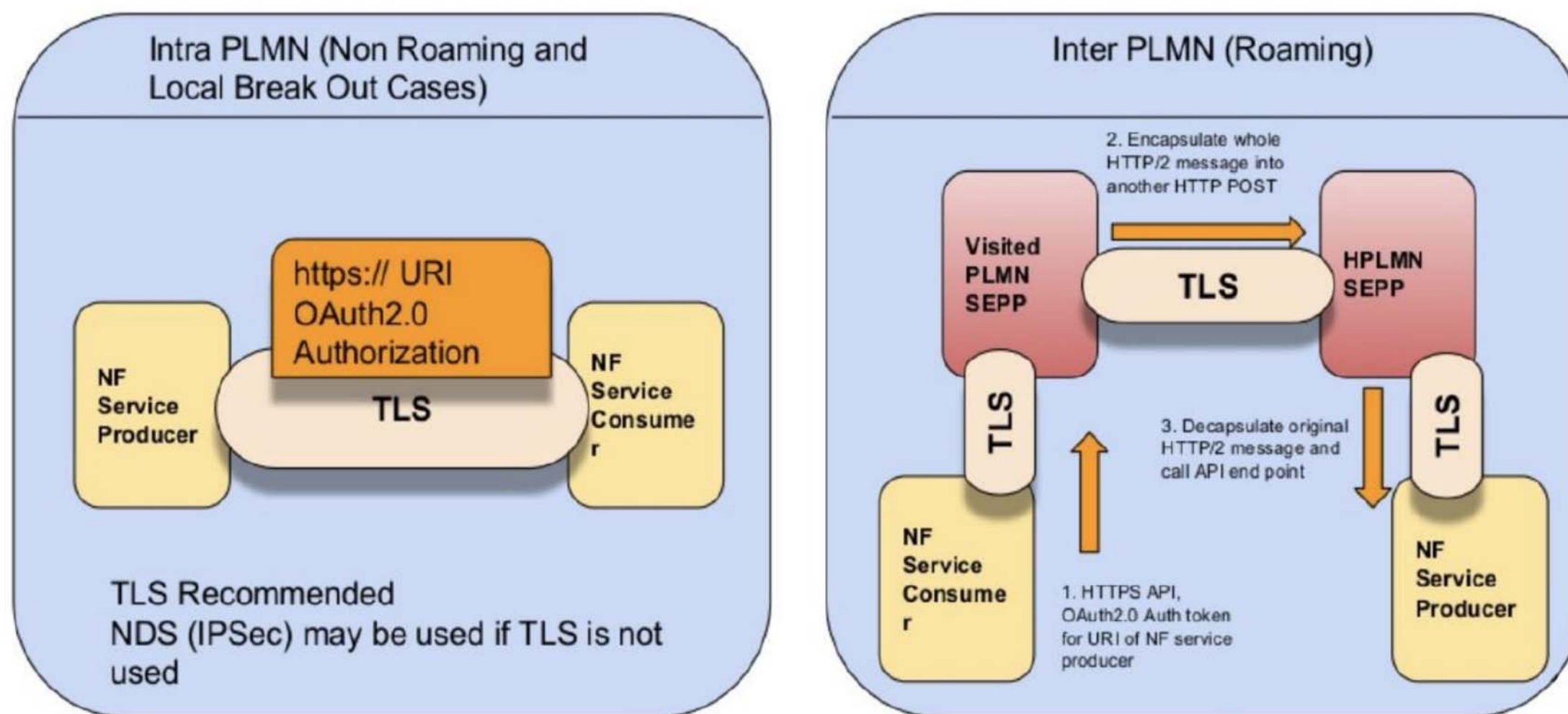
Offer uninterrupted service

- Create a single WiFi network across the whole home
- Reliable mesh
- Hybrid backhaul (fast rerouting)
- Seamless handover



Seguridad

Security



Seguridad

The SA3 Working Group (WG) is responsible for security and privacy in 3GPP systems.

3GPP TS 33.501 V15.1.0 (2018-06) is the latest specification published by SA3 for 5G security. It defines the security architecture, features and mechanisms for the 5G system and the 5G core. In addition, it covers the security procedures performed within the 5G system, including the 5G core and the 5G New Radio (NR).

2.1.2 UNIFIED AUTHENTICATION FRAMEWORK

In 5G networks, authentication will be access agnostic. The same authentication methods are used for both 3GPP and non-3GPP access networks (for example, 5G radio access and Wi-Fi access). Native support of Extensible Authentication Protocol (EAP) allows for new plug-in authentication methods to be added in the future without impacting the serving networks.

2.1.3 SECURITY ANCHOR FUNCTION (SEAF)

5G introduces the concept of an anchor key, with the new function of the Security Anchor Function (SEAF). The SEAF allows for the re-authentication of the device when it moves between different access networks or serving networks without having to run the full authentication method (for example, Authentication and Key Agreement (AKA)). This reduces the signaling load on the home network Home Subscriber Server (HSS) during various mobility services. The SEAF and the Access and Mobility Management Function (AMF) could be separated or co-located. In 3GPP Release 15, the SEAF functionality is co-located with the AMF.

https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/08/5G-Security-White-Paper_8.15.pdf

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

Expositor: Ing. Adolfo Arias Echandi.
Correo electrónico: ***AAriasE@ice.go.cr***

