



## FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

<b>Título</b>	Incidencia de la Tecnología 5G sobre la aeronavegabilidad militar	
<b>Autor/es</b>	<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Fuerza Armada</b>
	Jefe: CF Luis Eduardo GARECA	ARA
	Subjefe: TC Daniel Orlando BUSTAMANTE	EA
	CM Pablo Javier BENTAVERRI	EMCO
	TC Guillermo Enrique TORRES	EMCO
	VC Mario Javier NUÑEZ	EMCO
	VC Gonzalo Nazareno CALDERÓN RODRIGUEZ	EMCO
	CT Juan Cruz BERTOLDI	EMCO
	CT Javier AGUIRRE	EA
	CF Mariano Andrés RIVOLTA	ARA
	VC Adolfo MENGUAL GOMEZ	FAA
	VC Gonzalo Sebastián OJEDA	FAA
	SP Lucas Damián ASTUDILLO	FAA
<b>Fecha</b>	03/11/2022	

RESUMEN:

*En Estados Unidos, ante la inminente puesta en servicio de las redes 5G por parte de las operadoras de telecomunicaciones, prevista para el 19 de enero de 2022, se generó una polémica en la cual múltiples compañías aéreas alertaron de los posibles riesgos que podría representar a la seguridad aérea la puesta en marcha de las redes 5G en la banda de frecuencia de 3,7 a 3,98 GHz, ubicadas en las cercanías de los aeropuertos, ya que podrían llegar a interferir en los radares altimétricos de las aeronaves. La proximidad de las frecuencias empleadas, podrían alterar el funcionamiento de dichos equipos y crear situaciones de peligro, particularmente durante las maniobras de aterrizaje de las aeronaves. Debido a ello, la Administración Federal de Aviación (FAA) de dicho país, en coordinación con los organismos técnicos de competencia implementó una serie de medidas tendientes a minimizar el impacto de dicho inconveniente hasta encontrar una solución definitiva. En este contexto, ante la inminente puesta en servicio de las redes 5G en la Argentina, surge como duda el grado de impacto que tendrán dichas redes sobre las aeronaves militares.*

Palabras clave: Tecnología 5G, Redes Móviles, Aeronavegabilidad

ABSTRACT:

*In the event of imminent enforcement of 5G networks in the US by telecommunications service providers, scheduled for January 19th, 2022, a controversy arose in which several airlines warned of the possible risks that it could represent to the security the deployment of 5G networks in the frequency band from 3.7 to 3.98 GHz, located in the vicinity of airports, since they could interrupt the altimetry radars of aircraft. The frequency proximity, would be able to alter the performance of the above mentioned equipment creating risk situations, particularly during aircraft landing operations. As a result, the Federal Aviation Administration (FAA) of that country, in coordination with technical suitable agencies, implemented a series of measures aimed at minimizing the impact of that inconvenience until a definitive solution is found. In this context, given the imminent commissioning of 5G networks in Argentina, a great deal of uncertainty arises on how big the level of impact will be on military aircrafts.*

Key words: 5G Technology, Mobile Networks, Airworthiness

## Tabla De Contenidos

Lista De Tablas .....	4
Lista De Figuras .....	5
Introducción .....	6
Capítulo 1. Planteamiento del Problema.....	7
1.1.    Formulación del Problema.....	7
1.2.    Objetivos.....	7
1.3.    Justificación .....	7
1.4.    Alcance .....	8
Capítulo 2. Diseño de investigación propuesto.....	9
2.1    Área de estudio .....	9
2.2    Marco teórico y tipo de investigación .....	9
Capítulo 3. Desarrollo .....	10
3.1    El despliegue de las redes 5G en Estados Unidos .....	10
3.2    Diferencia en la implementaron de las redes 5G entre EEUU y otros países .....	22
3.3    Situación de las redes 5G en Argentina.....	30
Capítulo 4. Conclusiones .....	32
Capítulo 5. Recomendaciones .....	33
Referencias .....	34
Apéndice A Infografía del 5G.....	38
Apéndice B Niveles de señales 5G vs satelitales .....	39
Apéndice C Países que implementaron las redes 5G en el mundo .....	40
Apéndice D Open RAN en Argentina.....	43
Apéndice E Radioaltímetros de Aeronaves Militares .....	44
Apéndice F Documento 720-22-4522 .....	45

### **Lista De Tablas**

Tabla 1. Aviones Boing autorizados a operar en aeropuertos de EEUU con 5G disminuida.. 27  
Tabla 2. Los primeros países en implementar las redes 5G ..... 40

### Lista De Figuras

Figura 3. Arquitectura NSA .....	13
Figura 3. Arquitectura SA .....	14
Figura 5. Reasignación de la banda C para el 5G .....	16
Figura 5. Emisiones fundamentales y espurias del 5G .....	18
Figura 5. Frecuencias asignadas a los radioaltímetros, redes 5G y margen de guarda .....	18
Figura 6. Funciones críticas de los RA .....	20
Figura 7. Diferencias en la implementación del 5G entre EEUU y Francia .....	23
Figura 8. Método de evaluación actual del AMOC .....	25
Figura 9. Modelo paramétrico realista .....	26
Figura 10. Zonas de Precaución y de Seguridad - Francia.....	28
Figura 11. Incidencia del PIRE en las ZS - Noruega vs Francia.....	29
Figura 12. Visión, camino y cooperación internacional del 5G.....	38
Figura 13. Comparativa entre señales 5G y Satelitales sobre RA.....	39
Figura 14. Frecuencias asignadas y consideradas a nivel mundial .....	41
Figura 15. Cobertura 5G en Latinoamérica, Julio 2022.....	42
Figura 16. Open RAN en Argentina .....	43

## Introducción

En lo que respecta a los Sistemas de Telecomunicaciones Móviles, el continuo avance tecnológico sumado a la, cada vez mayor, demanda de servicios digitales y al incremento de dispositivos, obligaron al desarrollo de tecnologías innovadoras que pudieran adaptarse a las nuevas exigencias. Es así como fueron surgiendo los diversos sistemas, mayormente conocidos como las redes 2G, 3G, 4G y la actual 5G. Particularmente para esta última, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), encargada de la regulación del espectro radioeléctrico y de la elaboración de normas de aplicación a nivel global, en la **Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones** del año 2019 (CMR-19) (**Ref. 1**), acordó, con las partes interesadas de todo el mundo, la identificación del espectro adicional para dicha red. Asimismo, surge la primera edición de las especificaciones relativas a dicha red, denominadas por la UIT “IMT-2020” (**Ref. 2**). A partir de la cual, se iniciaron el despliegue de las redes 5G en un número limitado de países del mundo, habiéndose anunciado, desde ese entonces, en muchos más; no obstante, en Estados Unidos, antes de su ejecución, fijada para el 19 de enero de 2021, surgió la preocupación sobre los posibles riesgos que podría representar la implementación de dichas redes sobre la seguridad aérea, teniendo en cuenta que ese país tenía algunas particularidades respecto a otros, principalmente en lo referido a las bandas de frecuencias licenciadas, de 3,7 a 3,98 GHz (**Ref. 3**) y, que, a diferencia del resto se encontraban más próximas a la banda adoptada a nivel global para los radios altímetros, de 4,2 a 4,4 GHz (**Ref. 4**), por lo que, a raíz de ello, múltiples compañías de aeronaves alertaron sobre la posible incidencia que estas redes podrían tener sobre esos equipos, las cuales podrían llegar a alterar sus mediciones e incluso ocasionar situaciones de peligro a las aeronaves y sus tripulantes, sobre todo, durante las maniobras de aterrizajes. Esta situación, ocasionó una serie de restricciones sobre las operaciones de las aeronaves y retrasó la puesta en servicio de las antenas 5G instaladas en proximidades a los aeropuertos. Si bien, este inconveniente fue resuelto parcialmente, mediante la implementación de zonas de amortiguamiento, para evitar que se desplieguen antenas 5G que pudieran generar interferencias en ciertos aeropuertos, mientras se continúan con los estudios pertinentes; como si también, mediante la aprobación de determinados radioaltímetros, lo que permitía a ciertas aeronaves realizar aterrizajes de baja visibilidad; no obstante, aun se continúa en la búsqueda de una solución definitiva por parte de la Administración Federal de Aviación (FAA) y el resto de los organismos de competencia.

Por otro lado, en Argentina, si bien, solo se reservaron las posibles bandas de frecuencia para la red 5G, ya se han implementado algunas redes de prueba en varios sitios; no obstante, ante la inminente implementación en el corto/mediano plazo de las mismas, teniendo en cuenta lo acontecido en Estados Unidos y en el resto del mundo, resulta imprescindible efectuar un análisis del impacto que podrían tener este tipo de redes sobre los sistemas de navegación aérea de las Fuerzas Armadas (FFAA) de la República de Argentina, a los fines de anticipar y prevenir las potenciales situaciones de riesgo que pudieran surgir, teniendo en cuenta que, podrían tener incluso injerencia sobre la aviación civil.

## Capítulo 1. Planteamiento del Problema

### 1.1. Formulación del Problema

La actual incertidumbre de la incidencia de las redes 5G sobre los sistemas de navegación correspondientes a las aeronaves de las FFAA requiere de un análisis de la experiencia que fueron adquiriendo los diversos países que desplegaron dichas redes en el mundo, ante los posibles peligros inherentes a su implementación.

Teniendo en cuenta lo acontecido en otros países, principalmente, en EEUU, surge la siguiente pregunta:

*¿Existe una potencial situación de riesgo sobre los “Sistemas de Navegación Aérea y Terrestres” de las FFAA que podrían ser originadas por la futura implementación de las redes 5G en Argentina?*

### 1.2. Objetivos

Objetivo General:

Generar un documento de la posible incidencia de las redes 5G sobre los sistemas de navegación aérea y terrestre de las Fuerzas Armadas, a los efectos de anticipar y prevenir las potenciales situaciones de riesgo, para ser presentado ante las autoridades inherentes a la aeronavegabilidad y otros Organismos Nacionales y Privados.

Objetivos Particulares:

Analizar las experiencias adquirida por EEUU y otros países a nivel mundial del despliegue de las redes 5G.

Establecer las diferencias entre la implementación de las redes 5G de EEUU y otros países.

Detallar el grado de avance de las redes 5G en Argentina.

### 1.3. Justificación

En base a lo acontecido en otros países, principalmente en EEUU, donde la implementación de las redes 5G originaron una serie de inconvenientes que tuvieron un fuerte impacto sobre las diversas operadoras de telecomunicaciones, las diferentes compañías aéreas y, sobre todo, en la sociedad, surge la necesidad de plantearse las posibles contingencias que podrían ocurrir sobre las aeronaves de nuestro país, principalmente, **teniendo en cuenta, la antigüedad de la mayoría de la aeronaves de las FFAA**; por lo que, determinar el grado de incidencia de las redes 5G sobre los radios altímetros u otros sistemas de navegación aérea o terrestre resulta imperioso a los fines de adoptar las medidas correspondientes, tendientes a evitar retrasos en la implementación de dichas redes, continuar con el normal desarrollo de las actividades de las

aeronaves militares, resguardar el material asignado por el Estado y, lo que es más importante, mantener la seguridad e integridad del personal.

#### **1.4. Alcance**

El presente estudio pretende ser un documento guía para ser presentado por el Ministerio de Defensa (MINDEF), a través de la Universidad de la Defensa, (UNDEF) y de la Facultad de la Defensa (FADENA) con alcance a la Autoridad Aeronáutica Nacional, otras entidades y/u organismos nacionales relacionados a la aviación, como así también entidades públicas y privadas afines al presente trabajo de investigación.

## **Capítulo 2. Diseño de Investigación Propuesto**

### **2.1 Área de estudio**

El área de estudio del presente trabajo está orientada a los Sistemas de Navegación Aérea (aeronaves y terrestres) y en particular al potencial impacto que puede llegar a causar por la instalación y funcionamiento de redes de tecnología 5G en zonas próximas a la actividad aeroportuaria en los sistemas antes mencionados, en vistas a la potencial interferencia de dicha tecnología en las aeronaves militares en la República Argentina.

### **2.2 Marco teórico y tipo de investigación**

Directivas de Aeronavegabilidad (AD) y Regulaciones de la Federal Aviation Administration (FAA).

Información del “5G” de la Página Oficial de la FAA

Información de la Página Oficial de la Federal Communications Commission (FCC)

Información de la Página Oficial de la International Air Transport Association (IATA)

Información de la Página Oficial de la International Civil Aviation Organization (ICAO)

Información de la Página Oficial de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)

Información de la 3rd Generation Partnership Project (3GPP).

Information de la Página Oficial de la Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA).

Información de la Página Oficial de la Ente Nacional de Comunicaciones de Argentina (ENACOM).

Información de la Administración Nacional de Aviación Civil de Argentina (ANAC)

Información de los radios altímetros obtenida de las Fuerzas Armadas de Argentina

Información recopilada de Internet inherente a las redes 5G.

Tipo: Investigación Exploratoria

Diseño: Investigación Documental

### Capítulo 3. Desarrollo

#### 3.1 El despliegue de las redes 5G en Estados Unidos

##### 3.2.1. Marco regulatorio internacional de las telecomunicaciones y del 5G

La **Unión Internacional de Telecomunicaciones** (UIT o ITU - International Telecommunication Union) desempeña una función rectora en la gestión del espectro radioeléctrico y en la elaboración de normas de aplicación mundial.

El tratado internacional para la regulación de dicho espectro es plasmado mediante el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT, elaborado y revisado por las administraciones y sus miembros, durante las **Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones** (CMR o WRC - World Radiocommunication Conference), realizado cada CUATRO (4) años, y tiene carácter de tratado y son vinculante para todos sus Estados miembros (**Ref. 5**).

*“El Reglamento de Servicio, antecesor del actual RR, entró en vigor el 1 de julio de 1908 y constituyó una norma jurídicamente vinculante, articulada en torno a una serie de disposiciones técnicas que cabía observar para garantizar que todos los sistemas de radiocomunicaciones pudieran funcionar sin interferencia alguna”* (**Ref. 6**).

Por otro lado, en lo que respecta a los acuerdos adoptados inherentes al área aeronáutica, los cuales se realizan en base a informes y estudios técnicos previos, se efectúan en coordinación con la **Organización de Aviación Civil Internacional** (OACI o ICAO - International Civil Aviation Organization). A nivel mundial, se acordó reservar de forma exclusiva la banda de frecuencia de 4,2 a 4,4 GHz para la utilización de los radares altimétricos embarcados en aeronaves. Es conveniente acotar que, la atribución de esta banda destinada al Servicio de Radionavegación Aeronáutica empieza a registrarse por primera vez en el “Reglamento de Radiocomunicaciones Anexo al Convenio Internacional de Telecomunicaciones (Atlantic City, 1947)” (**Ref. 7**). En el año 1987, debido a los estudios realizados por la OACI, en el que indicaban que para el funcionamiento de los radioaltímetros necesitaba toda la banda, por lo que, en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los Servicios Móviles de ese año (Ginebra, 1987), se realizó la Recomendación N.º 606 (MOB-87): “Posibilidad de reducir la banda 4200 - 4400 MHz empleada por radioaltímetros del servicio de radionavegación aeronáutica” (**Ref. 8**), y como consecuencia de ello, se efectuó el Informe 1186 (UIT , 1990) “Utilización de la banda de frecuencias 4200 a 4400 MHz por radioaltímetros” (**Ref. 4**), donde se **definió la necesidad del empleo de dicha banda de frecuencia para los radioaltímetros**.

Radioaltimétrico: *“Equipo de radionavegación instalado a bordo de una aeronave o de un vehículo espacial, que permite determinar la altura a que se encuentra la aeronave o el vehículo espacial sobre la superficie de la Tierra u otra superficie.”* (Art. 1.108 RR Edición 2020 – **Ref. 9**).

Básicamente existen DOS (2) tipos de radioaltímetros, **los de onda continua modulada en frecuencia** y los **de modulación por impulso** o de pulso. Dichos equipos están diseñados para funcionar durante toda la vida útil de la aeronave donde fueron instalados, pudiendo superar los 30 años y, es por ello que, existen radioaltímetros de diversas fechas de fabricación y de diferentes tolerancias/rendimientos. Por ejemplo, el radioaltímetro de onda continua modulada en frecuencia, puede considerarse básicamente un radar de efecto Doppler que emite una onda continua de baja potencia que se encuentra modulada en frecuencia, lo que permite la medición de la distancia al suelo. Utiliza un par de antenas con escasa directividad integradas al fuselaje de la aeronave, dado que, lo que se pretende detectar es el suelo. La información medida se integra en el **“Sistema de Advertencia de Proximidad al Suelo”** (GPWS - Ground Proximity Warning System) que, en conjunción con la cartografía digital de la zona, alerta al piloto en las maniobras de aproximación y aterrizaje de los posibles riesgos de colisión frente al terreno, por lo que resulta primordial para prevenir y/o evitar accidentes. Además, es un elemento esencial para el aterrizaje en piloto automático y en condiciones de baja visibilidad.

La UIT en su Recomendación UIT-R M.2059-0 (**Ref. 10**), detalla las características técnicas y de funcionamiento, como así también, los criterios de protección de los radioaltímetros.

En 1992, en la CMR de la UIT celebrada en España, por ese entonces denominada **Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones** (CAMR), se tomó la decisión de incluir en el RR de la UIT bandas de frecuencia destinadas al funcionamiento de los futuros **Sistemas Públicos de Telecomunicaciones Móviles Terrestres** (FSPTMT), introduciendo esta terminología, por primera vez, actualmente denominada **Sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales** (IMT - International Mobile Telecommunications) (**Ref. 11**). Si bien, este último es el término usado desde el punto de vista regulatorio, no obstante, los servicios móviles emplearon las jergas 2G, 3G, 4G, 5G.

La UIT en su Recomendación UIT-R M.1224-1 **“Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales”** (IMT) (marzo 2012) definió las IMT de la siguiente manera: *Los sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), son sistemas móviles que ofrecen acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicación y en particular a servicios móviles avanzados, soportados por las redes móviles y fijas que cada vez más utilizan tecnología de paquetes.* (**Ref. 12**).

Así surgió, a partir del año 2000, el primer conjunto de normas técnicas IMT, las denominadas IMT-2000; las cuales integraron los sistemas móviles de **tercera generación**. Posteriormente, se estandarizaron las IMT-Avanzadas, cuya principal particularidad fue la incorporación de aplicaciones multimedia de alta calidad y la integración de los servicios móviles de **cuarta generación**. Asimismo, a los fines de integrar los sistemas 5G, se incorporaron las normas IMT-2020.

Es conveniente acotar que, a medida que surgen necesidades y/o avances tecnológicos, el Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R), dentro de la estructura de UIT, destinado a la

normalización y gestión del espectro global, actualiza las definiciones y las características de las IMT.

Entre otras cosas, la identificación de espectro para las IMT permite el empleo armónico de las bandas de frecuencias, con el fin de facilitar la interoperabilidad y evitar las interferencias. Además, la implementación de los sistemas IMT en determinadas bandas de frecuencias implicó el desarrollo de Tecnologías de Interfaces Radioeléctricas (RIT - Radio Interface Technologies), las cuales, a requerimiento de la UIT, eran propuestas por parte de organismos de normalización técnica a nivel global, como es el caso del **“Proyecto Asociación de Tercera Generación”** (3GPP, 3rd Generation Partnership Project) y de la Sociedad de Normalización de Telecomunicaciones de India (TSDSI).

**Infografía del 5G (ver Apéndice A):** Visión del 5G, El camino del 5G y la Cooperación internacional 5G.

Actualmente existen aprobadas CUATRO (4) tecnologías que cumplen las especificaciones IMT-2020: 3GPP 5G-SRIT, 3GPP 5G-RIT, 5Gi y DECT 5G-SRIT (**Ref. 13**).

Dos de ellas pertenecen al **“Proyecto Asociación de Tercera Generación”**, el 3GPP 5G-RIT (Radio Interface Technology - RIT) y el 3GPP 5G-SRIT (Sets of Radio Interface Technologies - SRIT) (**Ref. 14**), las cuales son independientes y completas en sí misma, y consta del Release 15 (**Ref. 15 y 16**) y del Release 16 (**Ref. 17 y 18**). La **tercera**, 5Gi, corresponde a la **“Sociedad de Normalización de Telecomunicaciones de India”**, la cual es una versión actualizada de 3GPP 5G-RIT, diseñada principalmente para mejorar la cobertura rural. Por último, en febrero 2022, surge la DECT 5G-SRIT, siendo una tecnología no celular, autónoma y descentralizada, destinada, entre otras, a la telefonía inalámbrica y las aplicaciones industriales del **“Internet de las Cosas”** (IoT), la cual fue planteada por el **“Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones”** (ETSI - European Telecommunications Standards Institute) que sentó las bases esenciales de la misma, junto con el Foro DECT, una asociación mundial de la **“Industria de las Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Mejoradas”** (DECT) o tecnología inalámbrica.

Particularmente, el 3GPP, cuya tecnología es la más empleada a nivel mundial, definió la tecnología 5G en las Release 15 (conocida como 5G fase 1) y 16 (5G fase 2). Las redes de comunicaciones móviles al ser extremadamente complejas evolucionan constantemente a partir de las Releases anteriores del propio estándar.

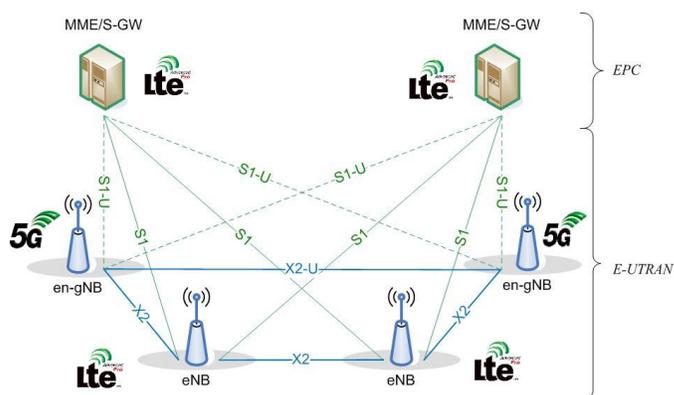
La Release 15, define TRES (3) casos de uso básicos, llamados “enhanced Mobile Broadband” (eMBB), “massive Machine Type Communications” (mMTC) y “Ultra-Reliable Low-Latency Communications” (URLLC) (**Ref. 16**). El **eMBB, define servicios que requieren altas tasa de transmisión de datos**. Mientras que, **mMTC define servicios que permitan la conectividad masiva de miles de dispositivos**, aunque con transmisiones esporádicas y a baja velocidad de transmisión. Asimismo, el URLLC es para aplicaciones que requieren comunicaciones muy fiables y con una muy baja latencia, inferiores a 1 ms. Además, define una

nueva red de acceso “Radio Access Network” (RAN) y una nueva red troncal “Core Network” (CR). Previendo la dificultad del despliegue, se definieron dos modos de operación: el **modo No-Autónomo** (NSA - Non-StandAlone) y el **modo Autónomo** (SA - StandAlone).

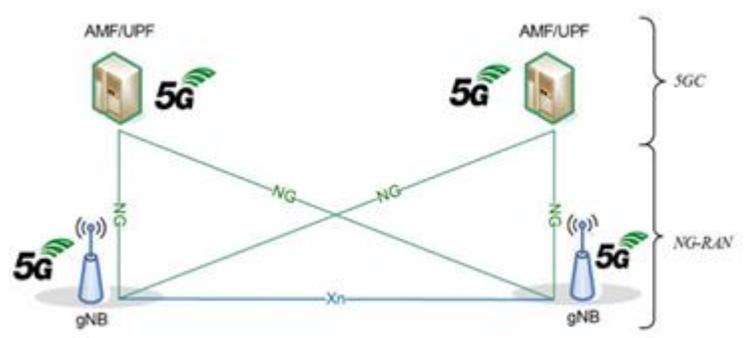
El modo NSA, el cual emplea como base la infraestructura existente de las redes 4G, es decir, que la red de acceso de radio 5G (AN) y su nueva interfaz de radio (NR) trabajarán junto con la red central de infraestructura LTE (4ta generación de tecnologías de telefonía móvil - Long Term Evolution) y “4G Core - Evolved Packet Core” (EPC 4G Core) - existente, permitiendo que la tecnología NR se encuentre disponible sin la necesidad del reemplazo total de la red, facilitando de esta forma una integración progresiva. Mientras que, el modo SA, el cual implica un cambio completo, tanto de la arquitectura de la Red de Acceso por Radio (AN) como la de su Core o núcleo, prevé, además, bandas de frecuencias más altas para operar la evolución de la tecnología Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) y poder obtener spatial beamforming (haces de transmisión muy direccionales entre estación base y dispositivo móvil que permiten reducir las interferencias), como así mismo, implementa el concepto de network slicing, que permite crear redes virtuales sobre una red física, entre otras.

Por otro lado, la Release 16 desarrolló mejoras de las tecnologías existentes en las versiones o Releases anteriores e implementó nuevas funcionalidades, por ejemplo, introdujo mejoras en el ámbito de la tecnología MIMO; en los mecanismos de compartición de espectro dinámico (DSS, Dynamic Spectrum Sharing), que permite a los operadores utilizar el actual espectro en uso por el LTE y ofrecer a través de los mismos accesos a las redes 5G; y en los mecanismos de ahorro de energía. Además, las mejoras introducidas para el URLLC, facilitan la utilización del 5G en los sistemas inteligentes de transporte y, entre otras cosas, permite alcanzar un sistema posicionamiento con precisiones del orden de centímetros.

Actualmente, el proceso de estandarización continúa progresando y van surgiendo nuevas versiones.



**Figura 1:** Arquitectura NSA (fuente: Reporte técnico 3GPP TR 21.915 V15.0.0, NOV 2019. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Release 15 Description; Summary of Rel-15 Work Items (Release 15). **Ref. 16**)



**Figura 2:** Arquitectura SA (fuente: Reporte técnico 3GPP TR 21.915 V15.0.0, NOV 2019. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Release 15 Description; Summary of Rel-15 Work Items (Release 15). **Ref. 16**)

La red 5G NSA ofrece conectividad dual, a través de las redes “4G” AN (E-UTRA) y “5G” AN (NR).

Las redes 5G, cuentan con una serie de características que presentan ventajas respecto a la generación anterior 4G, entre ellas, las más destacadas, se detallan a continuación:

- **Mayor ancho de banda y capacidad de datos:** velocidades de hasta 10 Gbps vs 100 Mbps.
- **Menor latencia:** velocidad de respuesta menor a 5 milisegundos o incluso pudiendo alcanzar 1 milisegundo vs latencias superiores a los 10 milisegundos.
- **Mayor cantidad de dispositivos conectados:** podrían llegar a alcanzar el millón de dispositivos conectados por km<sup>2</sup> simultáneamente vs los 100 mil dispositivos conectados por km<sup>2</sup>.
- **Mayor movilidad:** podrían mantener la transmisión y recepción a velocidades de 500 km/h vs velocidades de 350 km/h.

Las redes 5G están diseñadas para minimizar la potencia, lo que da como resultado niveles de campos electromagnéticos (EMF) optimizados. Cuentan con un equipamiento que consigue transmitir la misma información con una potencia mucho menor. Incorporan funcionalidades que monitorizan y controlan los niveles de campos electromagnéticos. Estas funcionalidades están recogidas en las pautas de seguridad de la “**Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante**” (ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Además, las antenas Massive MIMO, siendo una de las tecnologías más relevantes empleadas por las redes 5G, permiten dirigir la potencia sólo a la dirección requerida, minimizando la potencia que se transmite a otras direcciones, lo que conllevará niveles de exposición menores a los de las anteriores tecnologías (2G, 3G y 4G).

Teniendo en cuenta las particularidades de los sistemas 5G, los distintos servicios que se pretendían suministrar a través de ellos, las diversas áreas de cobertura, las migraciones de

plataformas y, sobre todo, las características físicas y de propagación de las ondas de radio, las cuales varían según la frecuencia, fueron propuestas oportunamente TRES (3) bandas de frecuencias para cubrir el espectro más conveniente para los sistemas 5G:

- **Frecuencias bajas** (inferiores a 1 GHz): poseen mayor cobertura, aunque capacidad de transferencia de datos limitada. Particularmente, permitirán una migración gradual de los sistemas 4G hacia los sistemas 5G. **Destinado a zonas rurales y remotas.**
- **Frecuencias medias** (entre 1 y 6 GHz): la cobertura se reduce y la capacidad de transferencia de datos aumenta, en comparación con las frecuencias bajas. Además, permitirá el despliegue de nuevas tecnologías que sean compatibles con las bandas existentes para el 4G y con las nuevas bandas de frecuencias para el 5G. **Destinado a áreas urbanas y suburbanas.**
- **Frecuencias altas** (superiores a 6 GHz): poseen un alcance reducido con muy alta capacidad de transferencia de datos y muy baja latencia. Se emplearán para grandes cantidades de usuarios y con canales con anchos de banda de varios cientos de MHz. Por encima de 24 GHz se podrían brindar altas tasas de transferencias de datos en áreas específicas. **Destinado a áreas urbanas densas.**

### 3.2.2. Implementación de las redes 5G en Estados Unidos:

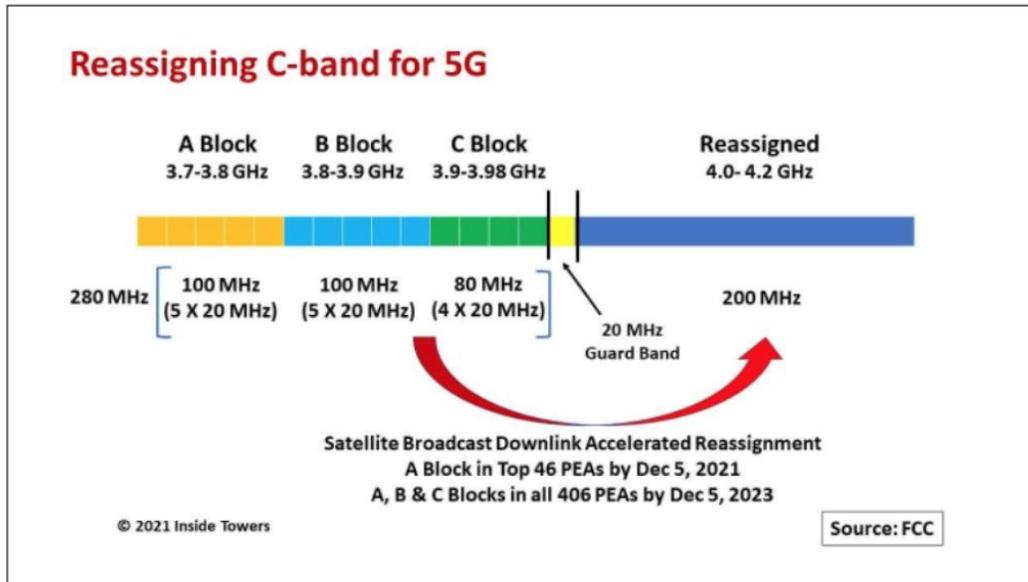
Desde el año 2015, la Administración Federal de Aviación (FAA - Federal Aviation Administration), entidad gubernamental responsable de la regulación de los aspectos de la aviación civil, junto a la industria mundial de la aviación, empezaban a plantear la necesidad de que se abordase, de manera conjunta con las industrias del 5G, una coexistencia segura, como ya se venía realizando en otros países.

Por otro lado, con el objeto de otorgar un marco jurídico a los cambios tecnológicos sobre el espectro radioeléctrico, el congreso norteamericano, instauró la “Ley MOBILE NOW”, en marzo de 2018, que permitiría impulsar el desarrollo de la próxima generación de banda ancha móvil 5G, siendo su objetivo principal garantizar la disponibilidad de un mayor espectro federal para uso comercial y la reducción de la burocracia para la construcción de redes inalámbricas, la cual, además, ordenaba a la “**Comisión Federal de Comunicaciones**” (FCC-Federal Communications Commission), autoridad de competencia en las telecomunicaciones de dicho país, la evaluación de la viabilidad de las implementaciones inalámbricas en el rango de frecuencias de 3,7 a 4,2 GHz.

Según lo detallado en la página oficial de la FAA (**Ref. 19**), en el año 2018, la **empresa Boeing** había planteado inquietudes y propuso una solución. Además, se detallaba que la “Organización de la Aviación Civil Internacional” (OACI), había identificado que cualquier uso del espectro de frecuencias ubicadas en cercanías de la banda 4,2 a 4,4 GHz debía depender de los correspondientes estudios de los radioaltímetros.

Mediante una nota de mayo de 2018, la “**Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas**” (ALPA - Air Line Pilots Association, International) planteó sus preocupaciones a la FCC (**Ref. 20**).

La FCC reasignó una parte de la banda de frecuencia correspondiente al espectro de 3,7 a 3,98 GHz, para el empleo de las redes 5G, autorizando su empleo en marzo de 2020. Por este motivo, la industria satelital, que usaba parte de ese espectro, tuvo que iniciar su reubicación en un rango más alto.



**Figura 3:** Reasignación de la banda C para el 5G (Fuente: imagen tomada de artículo publicado por John Celentano, Inside Towers Business Editor, 5 de marzo de 2021. Rockin’ the C-band. Ref. 21)

En el 2020, la FAA había reiterado su preocupación, solicitando un aplazamiento para colaborar en pos de una solución. Por otro lado, la “Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información” (NTIA - National Telecommunications and Information Administration), el coordinador del gobierno federal sobre disputas de espectro, **había obviado introducir la carta que fundamentaba dicha preocupación en el expediente de la FCC (Ref. 22).**

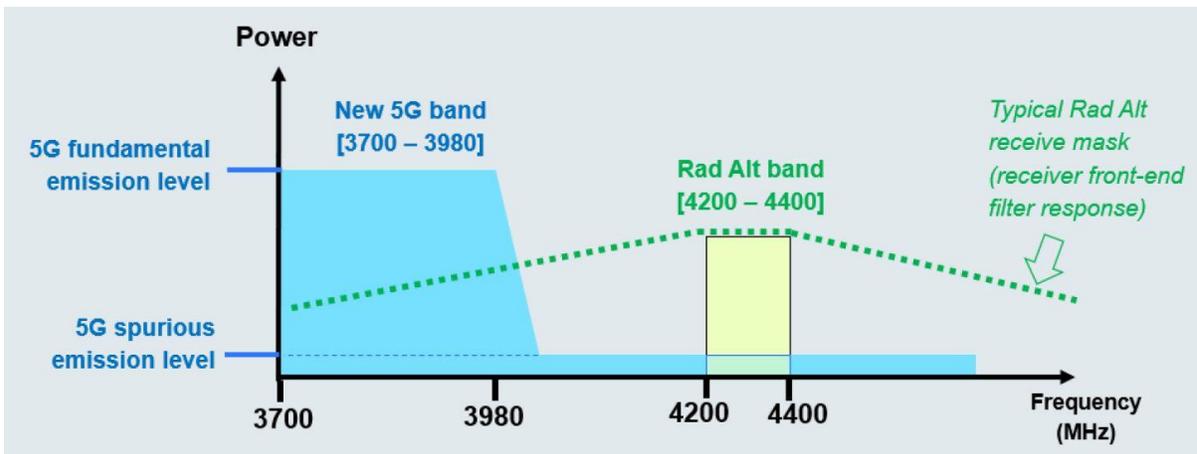
En octubre de 2020, la Organización No Gubernamental “**Comisión Técnica de Radio para la Aeronáutica**” (RTCA - Radio Technical Commission for Aeronautics), evaluó el impacto de la interferencia de la banda 3,7 a 3,98 GHz sobre los radioaltímetros, mediante un informe (Documento RTCA No. 274-20 / PMC-2073) titulado “Evaluación del impacto de la interferencia de las telecomunicaciones móviles en banda C en las operaciones del radioaltímetro de bajo alcance” (Ref. 23), preparado por el comité RTCA / SC-239, del cual la FAA formaba parte, para el desarrollo de estándares de desempeño operacional mínimo (MOPS) compatibles con las bandas en cuestión, tendientes a establecer los futuros diseños de los radioaltímetros. De este informe, se destacaron los siguientes problemas:

- *Que “las estaciones base 5G presentan un riesgo de interferencia perjudicial para los altímetros de radar en todos los tipos de aeronaves, con consecuencias e impactos de gran alcance para las operaciones de aviación”.*
- *Que la emisión fundamental (señales de 3,7 - 3,98 GHz) de la estación base 5G que utiliza sistemas de antenas activas podría causar interferencias perjudiciales para la categoría de uso 1 (aviones de transporte aéreo comercial) en determinadas circunstancias. Observando que la emisión fundamental crea efectos en el Radioaltímetro como bloqueo, saturación, intermodulación...*
- *Para la categoría de uso 2 (aviación comercial regional y aviación general) y la categoría de uso 3 (helicóptero), cada configuración de estación base 5G generará interferencias perjudiciales, tanto de emisiones fundamentales como espurias, que estarán presentes en prácticamente todos los escenarios operativos y geometrías.*
- *Que no se espera que los equipos de usuario (UE) 5G que operan en tierra causen interferencias perjudiciales a los radioaltímetros.*
- *Que 5G UE operando a bordo de aeronaves de categoría de uso 2 y 3 podría causar interferencias dañinas a los altímetros de radar.*

En diciembre del 2020, la FCC realizó la subasta de la banda de frecuencia 3,7 a 3,98 GHz, donde resultaron adjudicatarias, principalmente, las operadoras de telecomunicaciones Verizon y AT&T.

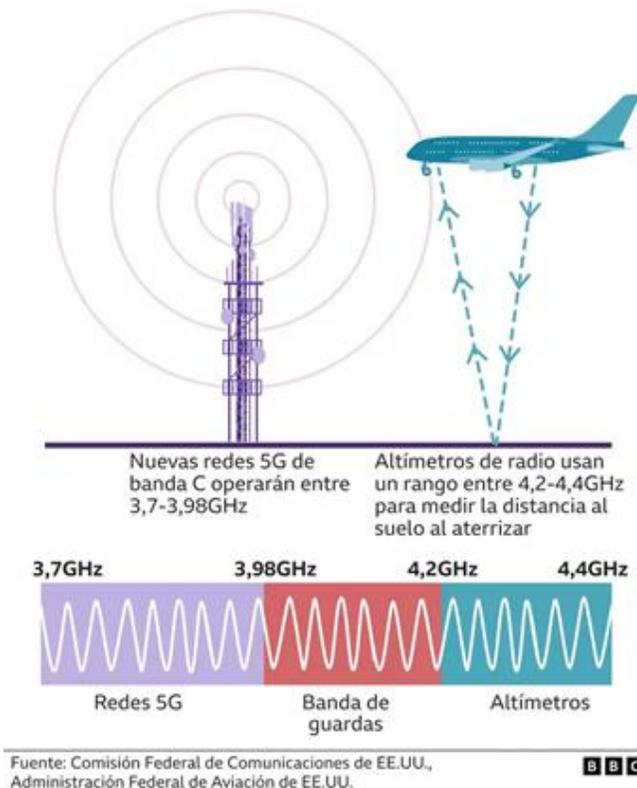
Con el tiempo, se fue potenciando la preocupación sobre los posibles riesgos que podrían representar a la seguridad aérea la puesta en marcha de las redes 5G, ya que las mismas podrían llegar a interferir, principalmente, en los radares altimétricos de las aeronaves debido a la proximidad de las frecuencias empleadas, pudiendo alterar el funcionamiento de dichos equipos y crear situaciones de potencial peligro, particularmente durante las maniobras de despegue, aproximación y aterrizaje de las aeronaves. Esto se debía a las posibles interferencias, dada la escasa selectividad que suelen tener los filtros de entrada y de frecuencia intermedia de algunos receptores radar, sobre todo, en los modelos más antiguos, al tener un ancho de banda mayor al requerido, los que tienden a facilitar la entrada de señales de frecuencias fundamentales o espurias que se encuentran próximas a las del receptor, las cuales podrían generar errores en las mediciones o alterar/bloquear el funcionamiento del GPWS, poniendo en riesgo la seguridad de la aeronave. Los modelos más actuales de altímetros habitualmente poseen una mayor selectividad en los filtros de entrada, por lo que, podrían minimizar y/o evitar la entrada de estas señales interferentes.

Ver **Apéndice B**: Niveles de señales 5G vs satelitales.



**Figura 4:** Emisiones fundamentales y espurias del 5G (Fuente: Reporte RTCA, octubre 2020. Assessment of C-Band Mobile Telecommunications Interference Impact on Low Range Radar Altimeter Operations (RTCA Paper No. 274-20/PMC-2073). **Ref. 23)**

**Nuevo espectro 5G en EE.UU. enfrenta resistencia de la industria de la aviación**



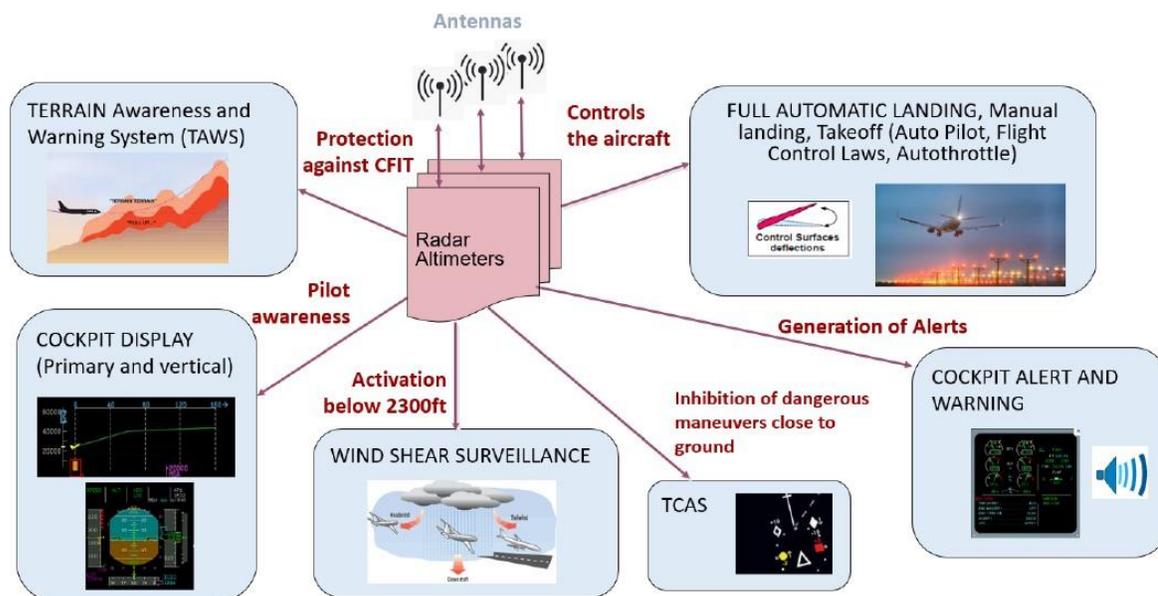
**Figura 5:** Frecuencias asignadas a los radioaltímetros, redes 5G y margen de guarda. (Imagen tomada del artículo publicado por Rafael Abuchaibe, 19 enero 2022. BBC News Mundo, 5G: cómo afecta esta tecnología a los aviones comerciales (y por qué las aerolíneas en EE.UU. hablan de un peligro inminente) – **Ref. 24)**

Durante el año 2021, la industria de la aviación continuaba requiriendo la colaboración de las partes involucradas y solicitaba más tiempo, antes de la implementación de las redes 5G, para evaluar los posibles inconvenientes.

En diciembre de 2021, la FAA emitió DOS (2) Directivas de Aeronavegabilidad (AD - Airworthiness Directive), destinadas a las aeronaves equipadas con radioaltímetros, la **primera** AD 2021-23-12 para los aviones de categoría de transporte y pasajeros (**Ref. 25**) y la **segunda** AD 2021-23-13 para los helicópteros (**Ref. 26**), ante la incerteza de que los radioaltímetros pudieran sufrir ocasionales interferencias producto del empleo de la banda “C” adoptada para el 5G, las cuales podrían derivar en la incorporación de restricciones que prohibiesen determinadas operaciones de las aeronaves que implicaran el empleo de los datos de los radioaltímetros.

Según lo detallado en la Alerta de Seguridad (SAFO - Safety Alert for Operators) emitida por la FAA, SAFO 21007 (**Ref. 27**), de fecha 23 de diciembre de 2021, podrían verse afectados una gran variedad de sistemas de seguridad automáticos que se basaban en los datos de los radioaltímetros, entre ellos se indicaban los siguientes, aunque no lo limitaban a los mismos:

- *Class A Terrain Awareness Warning Systems (TAWS-A)*
- *Enhanced Ground Proximity Warning Systems (EGPWS)*
- *Traffic Alert and Collision Avoidance Systems (TCAS II)*
- *Take-off guidance systems*
- *Flight Control (control surface)*
- *Tail strike prevention systems*
- *Windshear detection systems*
- *Envelope Protection Systems*
- *Altitude safety call outs/alerts*
- *Autothrottle*
- *Thrust reversers*
- *Flight Director*
- *Primary Flight Display of height above ground*
- *Alert/warning or alert/warning inhibit*
- *Stick pusher / stick shaker*
- *Engine and wing anti-ice systems*
- *Automatic Flight Guidance and Control Systems (AFGCS)*



**Figura 6:** Funciones críticas de los RA. (Imagen tomada del documento de ICAO, OCT 2021, “NAM/CAR/SAM Workshop on the ICAO Position for the International Telecommunication Union (ITU) World Radiocommunication Conference (2023) (WRC-23)”. **Ref. 28)**

Mediante el comunicado de la FAA, de fecha 3 de enero de 2022 (**Ref. 19**), se informaba la aceptación de un retraso voluntario por DOS (2) semanas de las compañías AT&T y Verizon, y el ofrecimiento realizado por las mismas, sobre implementar una serie de mitigaciones similares a las adoptadas en Europa, por un lapso de SEIS (6) meses, alrededor de los 50 aeropuertos (**Ref. 29**) identificados como los de mayor impacto en el sector de la aviación de EEUU.

Si bien, el lanzamiento del 5G fue previsto para el 19 de enero 2022 tras haber sufrido retrasos, los posibles inconvenientes planteados no habían sido resueltos; por lo que, la FAA junto a las industrias de la aviación, los organismos de competencia y a las operadoras de telecomunicaciones, además de acordar la creación de “zonas de amortiguamiento” (buffer zone) alrededor de algunos aeropuertos, **donde se evitaba la implementación del despliegue o el encendido de las antenas 5G en cercanías de los mismos**; también, iban aprobando determinados radioaltímetros, que, por ejemplo, permitía a ciertas aeronaves realizar aterrizajes de baja visibilidad; mientras se continuaba en la búsqueda de una solución definitiva, que permitiese la interacción armoniosas entre la implementación de las redes 5G y los sistemas de aeronavegabilidad. La FAA, para esa fecha, ya había emitido aprobaciones, a determinados aviones con uno de los CINCO (5) radioaltímetros aprobados, los cuales incluían algunos modelos Boeing 717, 737, 747, 757, 767, 777, MD-10/-11 y Airbus A300, A310, A319, A320, A330, A340, A350 y A380 (**Ref. 19**), permitiendo con esto que aproximadamente el 62% de la flota comercial pudiese realizar aterrizajes de baja visibilidad en aeropuertos donde se encontraban desplegadas antenas 5G (**Ref. 30**). Los nuevos buffer’s de seguridad establecidos alrededor de los aeropuertos para el despliegue 5G, permitió ampliar la cantidad de aeropuertos disponibles, donde los aviones con radioaltímetros aprobados podían realizar aterrizajes de baja

visibilidad. Por otro lado, continuaba trabajando conjuntamente con los fabricantes de los radioaltímetros, tratando de comprender cómo se utilizaban los datos de éstos en el resto de los sistemas de control de vuelo.

Asimismo, con fecha 20 de enero de 2022, la FAA ya había emitido nuevas aprobaciones, ampliando la cantidad de aeronaves, con uno de los TRECE (13) radioaltímetros aprobados, entre ellos, todos los Boeing 717, 737, 747, 757, 767, 777, 787, MD-10/-11; todos los modelos Airbus A300, A310, A319, A320, A330, A340, A350 y A380; y algunos jets regionales Embraer 170 y 190 (**Ref. 19**).

No obstante, con fecha 25 de enero de 2022, la FAA emitió la AD 2022-03-05 (**Ref. 31**) que prohibía a los aviones Boeing 747-8, 747-8F y 777 aterrizar en aeropuertos (**Ref. 30**) donde podría haber interferencia 5G, debido a que, muchos sistemas dependían del radioaltímetro, incluido el acelerador automático, la advertencia de proximidad al suelo, los inversores de empuje y el sistema de prevención de colisiones de tráfico. Además, posteriormente, emitió la Directivas AD 2022-03-20 (**Ref. 32**), en la cual indicaban que se encontraban en revisión los requisitos de aterrizaje para ciertos aviones en los aeropuertos donde podría ocurrir interferencia generadas por las redes 5G, entre ellos se encontraban las series Boeing 737-8, 737-9 y 737-8200, modificando parte de las autorizaciones emitidas con anterioridad.

Con fecha 28 de enero de 2022, la FAA informaba que a través de una continua colaboración técnica entre ella y las empresas Verizon y AT&T, se acordaron medidas que permitían que se ampliara la cantidad de aeronaves que pudieran usar los aeropuertos claves de manera segura, además de ir permitiendo que algunas torres pudieran implementar el servicio 5G (**Ref. 19**). Esto se habría logrado gracias a la información suministrada por dichas empresas, cuya mayor precisión de los datos sobre la ubicación exacta de los transmisores inalámbricos permitían un análisis más exhaustivo de cómo las señales 5G interactuaban con los instrumentos sensibles de las aeronaves, con lo que la FAA podía realizar un mapeo, de manera segura y más precisa, respecto al tamaño y la forma de las áreas alrededor de los aeropuertos donde se mitigan las señales 5G, acotando las áreas donde los operadores inalámbricos podrían encender más torres de manera segura a medida que implementan el servicio 5G.

Con fecha 14 de febrero de 2022, la FAA emitió una AD 2022-04-05 (**Ref. 33**) que revisaba los requisitos de aterrizaje para que los aviones Boeing 757 y Boeing 767 respecto al aterrizaje en aeropuertos donde podría ocurrir interferencia 5G, debido a que muchos sistemas de estas aeronaves se basaban en los datos del radioaltímetro, como el acelerador automático, la advertencia de proximidad al suelo, los inversores de empuje y el sistema de prevención de colisiones de tráfico. Esta medida afectaba a aproximadamente a 1138 aviones en los EEUU y 1984 en todo el mundo.

Con fecha 23 de febrero de 2022, la FAA emitió una AD 2022-05-04 (**Ref. 34**), similar a la anterior, pero destinada a ciertos aviones de la serie Boeing 737, lo que afectaba aproximadamente a 2442 aviones en los EEUU y 8342 en todo el mundo.

Con fecha 17 de junio de 2022, la FAA informaba (**Ref. 35**), que las industrias, de la aviación y las inalámbricas, habían identificado una serie de pasos tendientes a proteger los viajes aéreos comerciales debido a la interferencia de la banda C 5G, permitiendo, además que Verizon y AT&T pudieran mejorar el servicio en ciertos aeropuertos. Asimismo, se requería que los operadores de aeronaves regionales con radioaltímetros más susceptibles a la interferencia debieran actualizarlos con filtros de radiofrecuencia para fines del año 2022. Si bien esta tarea ya se había iniciado, se preveía acelerarla. Las negociaciones iniciales fueron realizadas en enero, donde las compañías inalámbricas ofrecieron mantener las mitigaciones hasta el 5 de julio de 2022, mientras, la FAA continuaba trabajando para comprender mejor los efectos de las señales de banda C 5G en instrumentos de aviación sensibles; no obstante, las compañías inalámbricas ofrecieron continuar con cierto nivel de mitigaciones voluntarias por otro año. Asimismo, los filtros indicados precedentemente y las unidades de reemplazo para la flota comercial principal deberían estar disponibles, debiendo completarse, en gran medida, para julio de 2023, por lo que, después de ese tiempo, **las compañías inalámbricas esperan poder operar sus redes en áreas urbanas con restricciones mínimas**. Además, en dicha información se indicaba lo siguiente:

*“Los fabricantes de radioaltímetros han trabajado a un ritmo sin precedentes con Embraer, Boeing, Airbus y Mitsubishi Heavy Industries para desarrollar y probar filtros y kits de instalación para estos aviones. Los clientes están recibiendo los primeros kits ahora. En la mayoría de los casos, los kits se pueden instalar en unas pocas horas en las instalaciones de mantenimiento de las aerolíneas”.*

A la fecha, la FAA continúa trabajando tanto con las industrias de la aviación e inalámbricas para ir relajando las mitigaciones, indicadas anteriormente, en los aeropuertos claves, y con la FCC y la NTIA sobre las cuestiones técnicas asociadas a estos esfuerzos. a medida que se avanza en una integración segura entre las redes 5G y las operaciones de las aeronaves de ala fija y ala móvil.

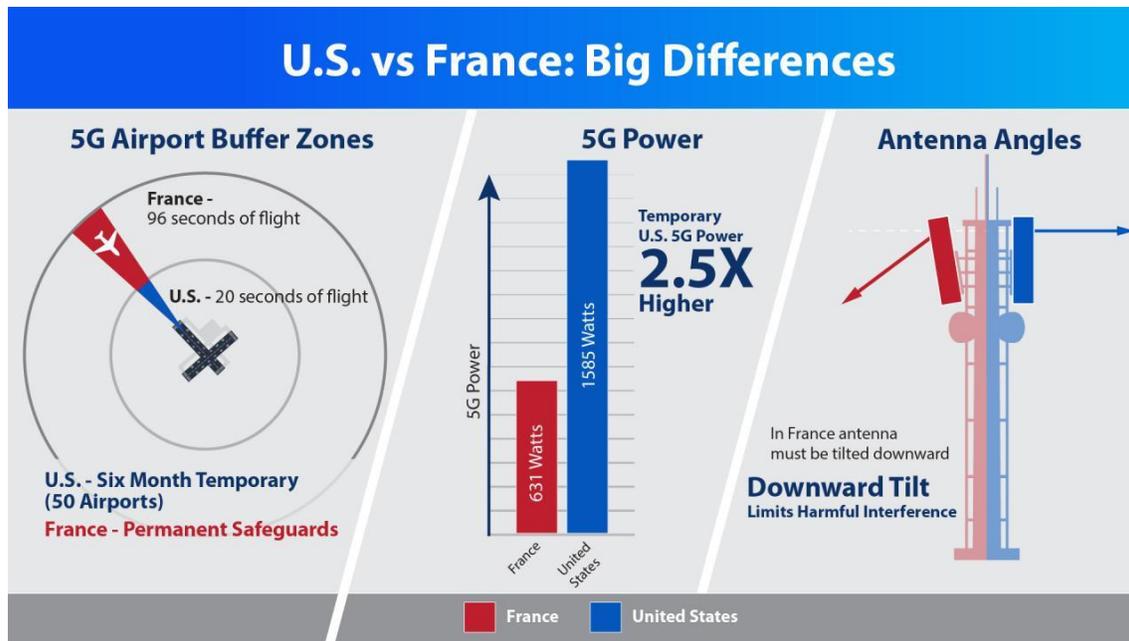
### 3.2 Diferencia en la implementaron de las redes 5G entre EEUU y otros países

Países como Francia o Japón, implementaron las redes 5G sin mayores inconvenientes, tenían diferencias respecto a la de EEUU (**Ref. 36**), siendo este último, el país con los estándares más altos de seguridad, según lo detallado en la página oficial de la FAA (**Ref. 35**), se registran las siguientes:

- *Niveles de potencia más bajos*
- *Antenas ajustadas para reducir la posible interferencia con los vuelos*
- *Colocación diferente de las antenas en relación con los aeródromos*
- *Frecuencias con una proximidad diferente a las frecuencias utilizadas por los equipos de aviación*

Considerando las medidas temporales adoptadas por EEUU, según lo detallado en la **Figura 7**, se puede observar que, las ubicaciones de las antenas en Francia tienen un cierto grado de

inclinación para evitar que las mismas generen interferencias sobre los sistemas de navegación de las aeronaves, mientras que en EEUU están casi perpendiculares al suelo. En lo que respecta a la aproximación de las aeronaves, *“las zonas de protección planificadas para los aeropuertos de EE. UU. solo protegen los últimos 20 segundos de vuelo, en comparación con un rango mayor en el entorno francés”*. Asimismo, en Francia se ha otorgado a las redes 5G la banda de frecuencia de 3,4 a 3,8 GHz; mientras que, EEUU empleará la banda de 3,7-3,98 GHz, una vez que la industria satelital haya abandonado dicho espectro, lo que implica que la banda de guarda es de 220 MHz respecto a la banda que emplean los radioaltímetros, siendo inferior a la de Francia.



**Figura 7:** Diferencias en la implementación del 5G entre EEUU y Francia (Fuente: FAA, enero 2022. **Ref. 36**)

Noruega, en el 2022, concluyó que las redes 5G no suponen un peligro para la aviación. La “Autoridad Noruega de Comunicaciones” (NKOM - Nasjonal kommunikasjonsmyndighet, Nkom), afirmó que en las pruebas efectuadas en dicho país no han detectado ningún problema (Fuente: artículo publicado por Albert Cuesta, 10 de febrero 2022. Mobile World Live en español: Noruega concluye que la 5G no supone un peligro para la aviación. **Ref. 37**).

*“En Corea del Sur, la frecuencia de comunicación móvil 5G es la banda de 3,42-3,7 GHz y no hay constancia de interferencias con la onda de radio desde la comercialización del 5G en abril de 2019. Actualmente, las estaciones inalámbricas de comunicación móvil 5G están en funcionamiento cerca de los aeropuertos, pero no se han registrado problemas”* (Fuente: artículo publicado por La Nación de las Agencias AFP y Reuters, 18 de enero de 2022. Polémica en EE.UU.: las operadoras telefónicas postergan el despliegue de sus redes de 5G tras una dramática advertencia de las aerolíneas, **Ref. 38**).

Según el artículo publicado por CNN: *“En Francia, citada por operadores de telecomunicaciones como AT&T y Verizon como ejemplo de que el 5G y la aviación funcionan juntos sin problemas, la altura de una antena 5G y la potencia de su señal determinan la cercanía que se le permite a una pista de aterrizaje y a la trayectoria de vuelo de un avión, según una nota técnica de la Agencia Nacional de Frecuencias de Francia (ANFR)”*. Asimismo, se detallaba que la “Agencia de Seguridad Aérea de la Unión Europea” (EASA- European Union Aviation Safety Agency), entidad que supervisa la aviación civil en 31 países europeos, les indicó que *“Los datos técnicos recibidos de los fabricantes de la Unión Europea no ofrecen pruebas concluyentes para las preocupaciones de seguridad inmediatas en este momento”* (Fuente: artículo publicado por Charles Riley, Joseph Ataman, 19 de enero 2022. CNN en español: Así fue cómo Europa desplegó la red 5G sin afectar a la aviación. **Ref. 39**).

En la presentación detallada en la página oficial de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA - International Air Transport Association) (**Ref. 40**), correspondiente a la “Presentation: 5G impact on aviation” (**Ref. 41**), se detallan algunas acciones regulatorias inherentes a las implementaciones del 5G y las condiciones particulares impuestas por determinados países, entre ellas las siguientes:

Japón, Francia y Canadá, emitieron suficientes condiciones técnicas para el 5G aliviando las preocupaciones de la aviación:

- *Incluían separación de espectro, limitaciones de potencia de transmisión y diagramas de antena, zona de no instalación cerca de trayectos de aproximación.*
- *Las condiciones habían sido emitidas por la autoridad de competencia del espectro en coordinación con la correspondiente autoridad de seguridad aérea de esos países.*

Australia, Canadá, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Tailandia y los Emiratos Árabes Unidos, emitieron avisos de seguridad, que incluían recomendaciones para:

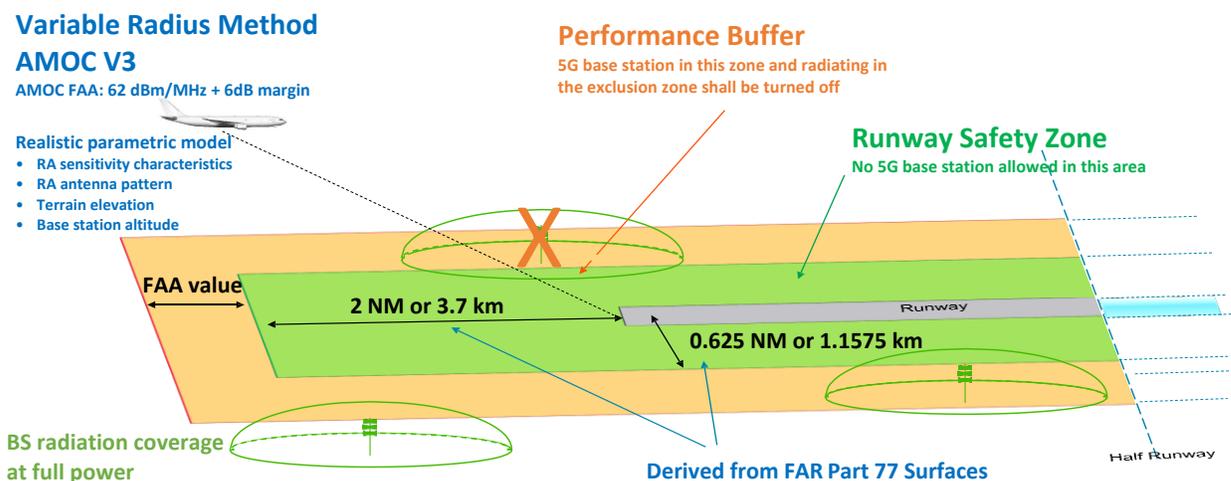
- *Todo el equipamiento 5G, el cual debía ser apagado mientras se encontraba a bordo de la aeronave.*
- *Pasajeros que debían ser advertidos, asegurando que todos los dispositivos electrónicos en el equipaje se encontrasen apagados.*
- *Operadores que debían informar a los proveedores de servicios del tráfico aéreo sobre cualquier perturbación en el radioaltímetro e informar de dicha ocurrencia a la Autoridad de Aviación Civil (CAA - Civil Aviation Authority).*
- *Proveedores de servicios de tráfico aéreo, alentándolos a informar a sus controladores sobre la posibilidad de tales reportes por parte de las tripulaciones.*

Asimismo, se indicaba la actualización del modelo de seguridad de pista:

- **Runway Safety Zone (RSZ)** - Determinación de la FAA del área de seguridad alrededor de una pista: El área de seguridad definida como el área donde la función poco confiable del radioaltímetro puede conducir a un resultado catastrófico. Criterios de aceptación: El Radioaltímetro debe funcionar con precisión y fiabilidad en el 100% de la RSZ.
- **Performance Buffer (PB)**: los AMOC de la FAA se emiten en función de las capacidades de rendimiento del radioaltímetro. El método actual consiste en determinar la distancia mínima

desde una antena 5G a la aeronave, para poder cumplir con los criterios de aceptación de la RSZ. Esto se describe como un radio de una antena 5G.

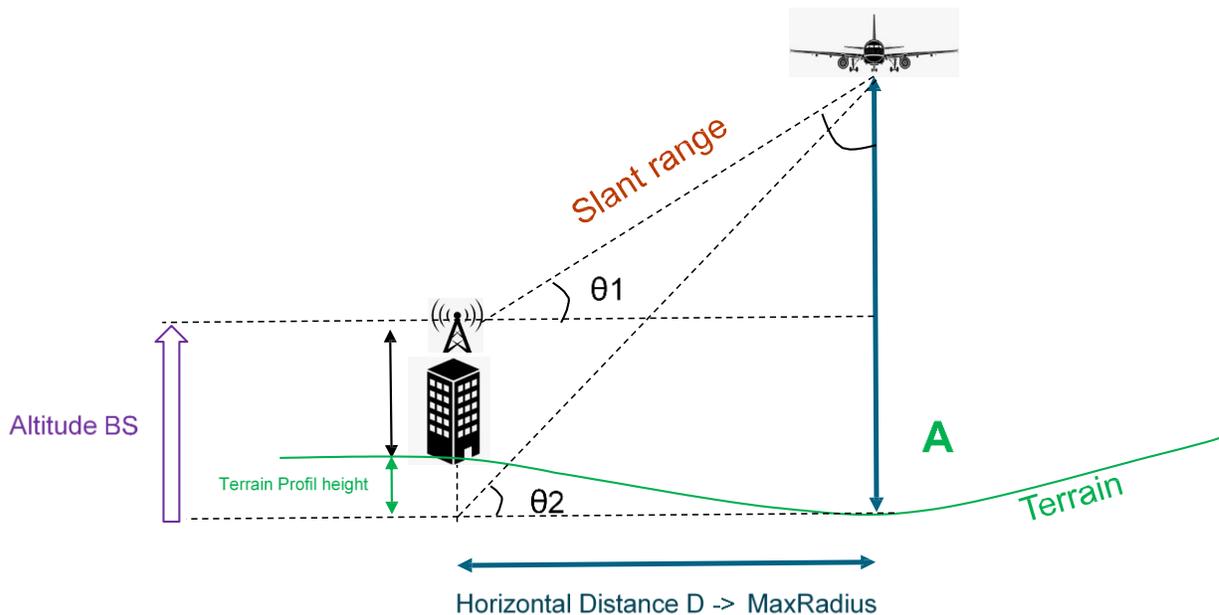
En la presentación realizada por AIRBUS, “Key Potential Operational Effects from 5G on Radio Altimeter - Regional preparations for WRC-23 – ATU” (Ref. 42), con fecha 22 de abril de 2022, se indicaba que el proceso AMOC se refiere a las métricas de rendimiento del radioaltímetro basadas en parámetros de prueba estandarizados para definir un radio de protección por modelo de RA sin interferencias, además, se detallaba que la evaluación más reciente de los “Métodos Alternativos de Cumplimiento” (AMOC - Alternative Methods of Compliance) de la FAA se basaba en el método **AMOC Versión 3** (marzo 2022).



**Figura 8:** Método de evaluación actual del AMOC (fuente: Tomado de la presentación AIRBUS de página oficial de ICAO, Claude Pichavant, Executive Expert Com, Nav, Surv, 22 April 2022. “Key Potential Operational Effects from 5G on Radio Altimeter - Regional preparations for WRC-23 – ATU”. Ref. 42)

Modelo paramétrico realista:

- Características de sensibilidad del RA.
- Patrón de antena del RA.
- Elevación terrestre.
- Altitud de la Estación Base y ubicación exacta.



**Figura 9:** Modelo paramétrico realista (fuente: Tomado de la presentación AIRBUS de página oficial de ICAO, Claude Pichavant, Executive Expert Com, Nav, Surv, 22 April 2022. “Key Potential Operational Effects from 5G on Radio Altimeter - Regional preparations for WRC-23 – ATU”. **Ref. 42)**

- *Altura sobre el nivel del suelo [0....1000 pies], independiente de la operación y de la trayectoria vertical.*
- *Distancia horizontal  $D$  entre la estación base y la aeronave [0...max] >>>  $MaxRadius = D$  máxima entre todas las alturas AGL con peor Altitud BS.*
- *Altitud de Estación base [0..500 pies]*

Es conveniente acotar que las distintas empresas de la aviación generaban ensayos y los presentaban a la FAA, a través de sus respectivos AMOC, para ser analizados y, de corresponder, aprobados por dicha entidad. Por ejemplo, a través del Documento 720-22-4522-RL, de fecha 24 de marzo de 2022, remitida por la FAA a la compañía Boeing (**Apéndice F**), cuyo asunto trataba la “Aprobación de Método Alternativo de Cumplimiento (AMOC) a la Directiva de Aeronavegabilidad (AD) 2021-23-12”, se informaba que la propuesta planteada por esa Compañía cumplía con los niveles de seguridad y, por lo tanto, había sido aprobada. La misma permitía a diversos aviones Boeing equipados con radioaltímetros del fabricante Collins Aerospace “LRA-900”, detallados en la Tabla N° 1, operar en los aeropuertos y pistas que se encontraban incluidas en la lista adjunta a dicha nota, aunque resulta necesario acotar que la misma se va actualizando con el tiempo (Revisión 7 incluida en el **Apéndice F**). Según lo detallado, en dicho documento, para la confección de ese listado se había tomado en cuenta los datos de las pruebas realizadas, provistos por Boeing, que demostraban que los radioaltímetros “LRA-900” podían operar de manera segura, ya que la susceptibilidad a la interferencia de las emisiones de la banda C del 5G habían sido minimizadas, habiéndose considerando un área de

seguridad, que comprendía un rectángulo definido por una longitud de 2 millas náuticas más allá de cada extremo de la pista y un ancho de 1,25 millas náuticas alrededor de la línea central de la misma.

<i>Aircraft Make: Boeing Aircraft Model: (See Note 1)</i>	<i>Radio Altimeter Manufacturer</i>	<i>Radio Altimeter Model</i>	<i>Radio Altimeter Part Number (See Note 2)</i>
<i>MD-10-10F MD-10-30F MD-11 MD-11F</i>	<i>Collins Aerospace</i>	<i>LRA-900</i>	<i>822-0334-220 822-0334-221</i>
<i>737 (all Series) 747 (all Series)</i>	<i>Collins Aerospace</i>	<i>LRA-900</i>	<i>822-0334-002 822-0334-003</i>
<i>757 (all Series)</i>	<i>Collins</i>	<i>LRA-900</i>	<i>822-0334-002</i>
<i>Note 1: All Boeing comercial derivative models with LRA-900 certification.</i>			
<i>Note 2: Approval only applicable to radio altimeter part numbers listed.</i>			

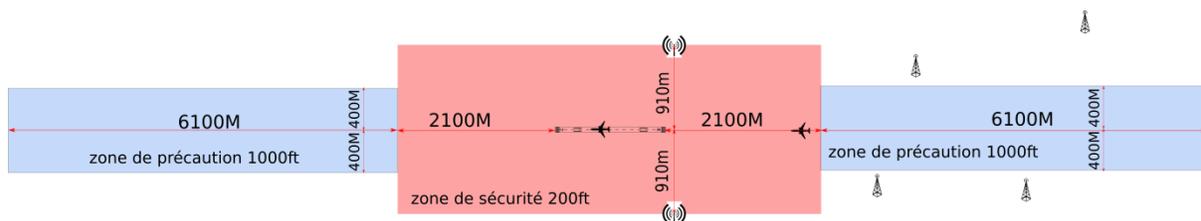
**Tabla 1:** Aviones Boing autorizados a operar en aeropuertos de EEUU con 5G disminuida (Ver Apéndice F).

La medida empleada por EEUU referente a la RSZ, tenía similitudes a las adoptadas oportunamente por los franceses para mitigar las posibles interferencias sobre los radioaltímetros. Francia había determinado dichas medidas considerando el reporte RTCA SC-239 (Ref. 23), según lo indicado en el documento informativo **FSMP-WG/12 IP/08 “Agenda Item 3c: National efforts to implement broadband mobile near 4200-4400 MHz - Report from correspondence group on radio altimeters (CG-RA)”** de la OACI (Ref. 43). En el mismo, se detallan una serie de documentos de varios países, entre ellos, el documento **ECC PT1(21)006 “Protection of radio altimeters from 5G/MFCN in the band 3.4-3.8 GHz”** (Ref. 44), publicado por la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT - European Conference of Postal and Telecommunications Administrations), a través de uno de sus TRES (3) comités autónomos, el **Comité de Comunicaciones Electrónicas (ECC - Electronic Communications Committee)**, responsable del desarrollo de políticas y regulaciones comunes en comunicaciones electrónicas y aplicaciones relacionadas para Europa, en el cual se definía la “Zona de Seguridad” y la “Zona de Protección” alrededor de los aeropuertos. Dichas zonas pueden observarse en la Fig. 8, las cuales fueron desarrolladas bajo la suposición de una Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE o EIRP - Effective Isotropic Radiated Power) de 78 dBm y una Potencia Radiada Verdadera (TRP - True Radiated Power) de 53 dBm, y ausencia de antenas 5G dentro de las mismas.

Definición de la Protección de Zonas para Francia (Ref. 44):

- Zona de Seguridad: “*zones de sécurité*” (safety zone) around the airport for the protection of the RA in the phase where the aircraft is below 200 ft (61 m), based on the following assumptions:
  - *3° slope with a tolerance of 0.375° (ie 2.625°). Therefore the aircraft may be below 200 ft on a line corresponding to the runway extended by 1130 m each side (1330 m from the touchdown point).*

- *Base station maximum eirp.*
  - *6 dB safety margin.*
  - *0 dBi maximum RA antenna gain below 3.8 GHz (RTCA Report)*
  - *-19 dBm interference threshold (RTCA Report Cat.1 @200 ft).*
  - *The rectangular safety zone has a width on each side of the runway (protection distance) calculated with these assumptions and a length extended by 1330 m + the protection distance.*
- *Zona de Precaución: “zones de precaution” (precautionary zone) on each side of the “zones de sécurité” to protect the landing approach below 1000 ft (305 m), based on the following assumptions:*
    - *3° slope with a tolerance of 0.375° (ie 2.625°) and a vertical margin of 80 m, ie, the aircraft will be at 1000 ft from the ground at 8393 m from the touchdown point (8193 from runway edge).*
    - *Lateral tolerance assumed to be 91 m.*
    - *Base station maximum TRP.*
    - *BS antenna gain:*
      - *Envelope provided by the operator.*
      - *In the absence of the envelope from the operator, the maximum grating lobes is taken as 18 dBi, as per ITU-R draft characteristics for AAS in the band 3-6 GHz, 54° vertical beamwidth and 0.9 wavelength for V for rural and suburban macro stations (Att.4 of ITU-R WP5D Chairman Report), as well as within 3GPP.*
    - *No safety margin.*
    - *0 dBi maximum RA antenna gain below 3.8 GHz (RTCA Report)*
    - *-26 dBm interference threshold (RTCA Report Cat.1 @1000 ft), with logarithmic interpolation between 200 ft and 1000 ft.*
    - *The rectangular precautionary zone has a width on each side of the runway calculated by adding the horizontal projection of the these assumptions and a length extended by 1330 m from touchdown (1130 from runway edge) + the protection distance.*



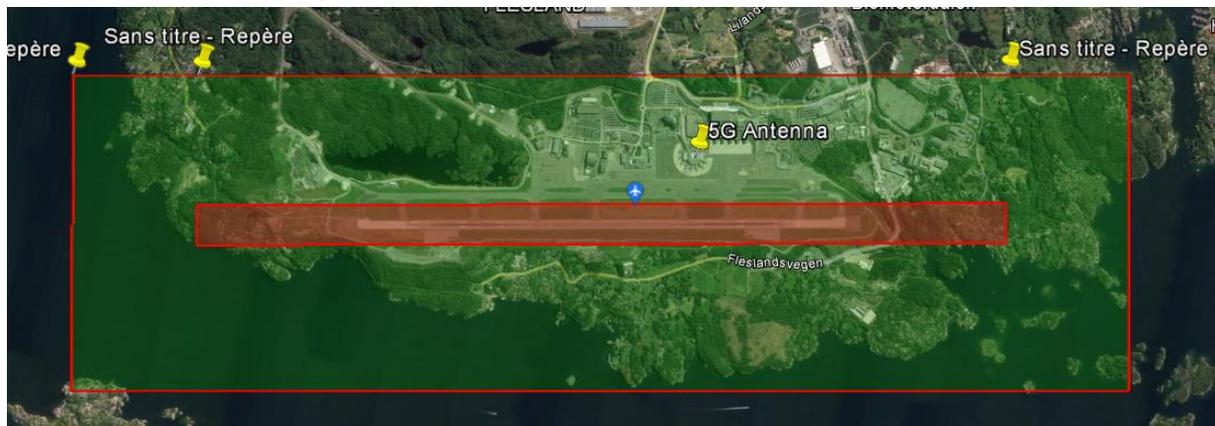
**Figura 10:** Zonas de Precaución y de Seguridad - Francia (fuente: CEPT ECC, ENE 2021, ECC PT1(21)006: “Protection of radio altimeters from 5G/MFCN in the band 3.4-3.8 GHz”. Ref. 44).

En **Apéndice C**, se detallan otros países que implementaron las redes 5G.

Según lo detallado en el documento informativo FSMP-WG/12 IP/08 (**Ref. 43**) de la OACI, el riesgo de interferencia a un radioaltímetro depende de muchos parámetros, los cuales difieren de un país a otro, incluso entre los miembros de la CEPT:

- Potencia isotrópica radiada máxima efectiva (PIRE = Potencia de la Estación Base 5G (xxx dBm) + Ganancia de Antena (yy dBi).
  - Potencia de la Estación Base 5G (xxx dBm) llamada TRP (True Radiated Power)
  - Ganancia de Antena (yy dBi) según el tipo de antena.
- Ubicación de la antena de la estación base
- Inclinação de la antena.
- Tasa de uso de una estación base
- Reflexión del suelo y la altitud
- Banda de frecuencia utilizada.
- Nivel agregado de emisiones no deseadas
- Escaneo vertical (ángulo de escaneo)

En la **Figura 11**, se puede apreciar la incidencia del PIRE en la determinación de las zonas de seguridad en base a las pruebas realizadas por Noruega y Francia. Noruega consideró como parámetro: PIRE de 60.68 dBm (PIRE = TRP + Ganancia de Antena), lo que dio como resultado la zona de seguridad resaltada en color ROJO de 123 m a cada parte de la pista, mientras que Francia, adoptó como parámetro: PIRE de 78 dBm, dando como resultado la zona de seguridad en color VERDE de 910 m a cada parte de la pista, mucho mayor que la obtenida por Noruega.



**Figura 11:** Incidencia del PIRE en las ZS - Noruega vs Francia (fuente: ICAO, OCT 2021, Documento Informativo FSMP-WG/12 IP/08 “Agenda Item 3c: National efforts to implement broadband mobile near 4200-4400 MHz - Report from correspondence group on radio altimeters (CG-RA)”. **Ref. 43**)

Tal cual se puede apreciar, empleando un PIRE de 60,68 dBm para la Estación Base 5G, la “Zona de Seguridad” no incluiría a la terminal aérea, mientras que si lo haría si empleamos 78 dBm, por lo que, el valor del PIRE podría representar un problema.

### 3.3 Situación de las redes 5G en Argentina

En nuestro país, el “**Ente Nacional de Comunicaciones**” (ENACOM) es el encargado de dirigir el proceso de convergencia tecnológica e instaurar condiciones estables de mercado a los fines de garantizar el acceso de todos los usuarios a los diversos servicios de internet, telefonía fija y móvil, radio, postales y televisión.

En particular, dicha entidad, denomina 5G “*a las redes móviles que utilizan tecnología de quinta generación, las cuales son capaces de conectar varios dispositivos inalámbricos a la vez para brindarles acceso a servicios de Internet y telefonía con características de velocidad y latencia muy superiores a las que utilizan las generaciones anteriores. Para realizar estas conexiones inalámbricas, las redes 5G usan típicamente bandas de frecuencias más altas que las redes 4G Long Term Evolution (LTE), lo que permite aumentar el rendimiento de la red*”. **(Ref. 45)**

El ENACOM ya tiene identificada y reservada las posibles bandas de frecuencias que resultarían aptas para la implementación y despliegue de las redes 5G.

Las bandas reservadas son:

- Banda de 1500 MHz: 1427 — 1518 MHz (n75/n76)
- Banda AWS-3: 1770 — 1780 MHz / 2170 — 2200 MHz (n66)
- Banda de 2300 MHz: 2300 — 2400 MHz (n40)
- **Banda de 3500 MHz: 3300 — 3600 MHz (n78)**
- Banda de 26 GHz: 24,25 — 25,75 GHz (n258)
- Banda de 38 GHz: 37 — 43,5 GHz (n260)

Actualmente, en Argentina, de acuerdo a la información pública disponible, la red 4G emplea las bandas B2 (1900 MHz), B4 (1700/2100 MHz AWS), B7 (2600 MHz) y B28 (700 MHz APT).

En el año 2018, Telecom Argentina S.A. efectuó pruebas de laboratorio junto a Nokia. En el año 2019, realizaron las primeras demostraciones públicas junto a Huawei en la Ciudad de Buenos Aires y en Córdoba. En febrero de 2021, encendió la primera red 5G en la Argentina, colocando en funcionamiento DIEZ (10) antenas móviles para prestar servicio 5G, empleando la compartición dinámica de espectro (DSS), las mismas fueron activadas en Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) empleando tecnología de Huawei y en Rosario lo realizó con Nokia. En diciembre de 2021, puso en funcionamiento DIEZ (10) nuevas antenas de tecnología Huawei, de las cuales CUATRO (4) fueron instaladas en las localidades balnearias de Mar del Plata, en las zonas de Playa Bristol, Varese, Mogotes y Playa Grande; CINCO (5) en Pinamar; y UNA (1) en la zona céntrica de Cariló. **(Ref. 46)**

Asimismo, Telefónica de Argentina, en 2021, desplegó la primera red con tecnología Open RAN (ver Apéndice D) en Puerto Madryn (provincia de Chubut), lo que le permitirá avanzar

hacia las redes de nueva generación, tanto 5G como 6G, siendo el segundo país con el despliegue de este tipo de infraestructura, además de Alemania. **(Ref. 47)**

A la fecha, nuestro país tiene autorizada una licencia en la banda de frecuencia de 28 GHz.

Resulta conveniente acotar, que la principal banda media adoptada a nivel global es la denominada de 3,5 GHz (de 3,3 a 3,8 GHz), entre ellos, se encuentra Argentina y gran parte de los países Latinoamericanos.

Por otro lado, la “Administración Nacional de Aviación Civil” (ANAC) de Argentina, en referencia a las Advertencias de Aeronavegabilidad (AD) emitidas por la FAA, realizaba las correspondientes advertencias, entre ellas, por ejemplo, la ADVERTENCIA 001/DOA **(Ref. 48)**, de fecha 21 de febrero de 2022, la cual tenía como objeto dar a conocer las situaciones expuestas en las FAA AD 2021-23-12 y la FAA AD 2021-23-13, dirigido a los explotadores bajo las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC) 121 **(Ref. 49)** y RAAC 135 **(Ref. 50)**, Operadores bajo RAAC 91 **(Ref. 51)** y/o propietarios de aeronaves.

La titular de la ANAC Argentina, Paola Tamburelli, mantuvo una reunión con representantes de Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA - International Air Transport Association) respecto a la futura implementación de la tecnología de telecomunicaciones 5G y su relación con la actividad aérea, donde detallo: *“En el encuentro se coincidió en el análisis favorable respecto a que el 5G en nuestro país se desplegaría en una banda de frecuencia más alejada de la utilizada por los radioaltímetros de las aeronaves, por lo cual no afectaría a las mismas”*. Asimismo, se indicaba que *“...ANAC Argentina dará seguimiento al proceso a fin de evitar que el mismo impacte negativamente en la aviación civil”*. (Fuente: Cuenta oficial de Twitter de la ANAC Argentina, 25 de febrero de 2022. **Ref. 52**).

En Apéndice E, se detallan algunos radioaltímetros de aeronaves militares.

## Capítulo 4. Conclusiones

La República Argentina ha identificado y reservado la banda de frecuencia media de 3,3 a 3,6 GHz, para las redes 5G, la cual difiere de la banda licenciada en EE. UU. de 3,7 a 3,98 GHz, y de la mayoría de los países europeos (3,4 a 3,8 GHz); asimismo, en lo que respecta a las restricciones impuestas para la seguridad de la aeronavegación respecto a las del país de norte, en Europa son menores.

El espectro de frecuencia reservada internacionalmente es de 4.200-4.400 MHz y es utilizado por el equipamiento radioaltimétrico, lo cual genero que la FAA de intervención mediante el AD 2021-23-12 para restringir la operación con el uso de los radioaltímetros en cercanía de los aeropuertos, por ser este sistema más susceptible a la potencia de irradiación de las antenas. Las frecuencias de operación de los radioaltímetros instalados en las diversas aeronaves militares de Argentina, tanto los correspondientes a los de ala fija como los de alas rotativas, se encuentran dentro de la banda de frecuencia reservada internacionalmente; por ejemplo, los radioaltímetros de las aeronaves TRACKER trabajan en 4,3 GHz, mientras que, los correspondientes a helicópteros FENNEC trabajan en 4,2 GHz. Esto indica que, la separación electromagnética entre el equipamiento radioaltimétrico y los equipos 5G en nuestro país es mayor a la empleada en la mayoría de los países europeos y EE. UU.

En base a lo publicado por el titular de la ANAC, las probabilidades de que las redes 5G generen interferencias sobre los radioaltímetros o a los sistemas de navegación, son bajas, sobre todo, en lo correspondiente a la aviación de transporte. No obstante, dada la antigüedad de algunos radioaltímetros existentes en aeronaves tanto civiles como militares y el impacto que esto puede ocasionar a los sistemas de navegación asociados, **surge la incertidumbre sobre si estos serían susceptibles o no a las interferencias de las redes 5G**, ya que en el momento de su diseño y construcción no fueron considerados los niveles de las señales fundamentales y espurias de las antenas correspondientes a esta nueva tecnología y, por lo tanto, **se desconoce si requieren o no el reemplazo de dicho equipamiento o la incorporación de filtros pasabandas de radiofrecuencia que aseguren el adecuado filtrado de las frecuencias no deseadas** que podrían llegar a interferir sobre los mismos, de todas formas el hecho de que no se vea afectado el equipamiento dentro de la República Argentina no implica que no se deban tomar medidas de mitigación, debido a que es factible que las aeronaves operen fuera de la región y sean susceptibles a estas interferencias.

## **Capítulo 5. Recomendaciones**

Dada la antigüedad del equipamiento de alguna de las aeronaves militares, se observa conveniente:

- Dar intervención a los organismos técnicos de competencia en el país.
- Efectuar las consultas a los fabricantes de cada radio altímetro.
- Realizar las pruebas de campo que resulten necesarias para determinar con certeza el grado de incidencia del 5G sobre los sistemas de navegación.
- Prevenir / advertir al Sistema de Aeronavegabilidad de la Defensa (SADEF) sobre este potencial fenómeno técnico.
- No utilizar celulares con tecnología 5G durante el despegue y aterrizaje.

Asimismo, deberían analizarse otros posibles riesgos, desde una perspectiva militar, como lo sería el guiado de misiles o drones dentro de un área determinada, teniendo en cuenta el reducido delay que presenta la tecnología 5G, como así también, la posibilidad de la pérdida del control de los mismos ante posibles ciberataques. Como toda nueva tecnología debe analizarse las consecuencias de su implementación.

**La formulación de conjeturas sin tener los fundamentos suficientes podría derivar en potenciales situaciones de riesgo.**

## REFERENCIAS

1. CMR-19, NOV 2019, Actas finales de la Conferencia mundial de radiocomunicaciones 2019, Sharm El-Sheikh (Egipto), [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.14-2019-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.14-2019-PDF-S.pdf)
2. Recomendación UIT-R M.2150-1, FEB 2022, Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas terrenales de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2020 (IMT-2020). [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2150-1-202202-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2150-1-202202-I!!PDF-S.pdf).
3. FCC, Auction 107: 3.7 GHz Service, AGO 2020, <https://www.fcc.gov/auction/107/factsheet>
4. Informe M.1186-0, 1990, UIT, [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.1186-1990-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.1186-1990-PDF-S.pdf)
5. UIT, Publicaciones Reglamentarias, 2022, <https://www.itu.int/pub/R-REG/es>.
6. Artículo publicado por Albert Nalbandian, MAY 2016, ITUNews Magazine Celebración del Reglamento de Radiocomunicaciones: El papel de las normas de la UIT en el desarrollo del Reglamento de Radiocomunicaciones, [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/opb/gen/S-GEN-NEWS-2016-P5-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/gen/S-GEN-NEWS-2016-P5-PDF-S.pdf).
7. Secretaria General de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra 1949, “Reglamento de Radiocomunicaciones Anexo al Convenio Internacional de Telecomunicaciones (Atlantic City, 1947)”, <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.7.48.es.300.pdf>
8. CAMR-87, 1987. Actas Finales de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los servicios móviles (MOB-87), Ginebra 1987, <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.117.43.es.300.pdf>.
9. UIT, 2020, Reglamento de Radiocomunicaciones Artículos - Edición de 2020 - “RR-2020-00013-Vol.I-SA5”, [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/reg/R-REG-RR-2020-ZIP-F.zip](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/reg/R-REG-RR-2020-ZIP-F.zip)
10. Recomendación UIT-R M.2059-0, FEB 2014, Características técnicas y de funcionamiento y criterios de protección de altímetros radioeléctricos que utilizan la banda de frecuencias 4 200-4 400 MHz. Serie M “Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos”, [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2059-0-201402-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2059-0-201402-I!!PDF-S.pdf)
11. CAMR-92, 1992. Actas Finales de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro, Málaga-Torremolinos, <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.122.43.es.300.pdf>
12. Recomendación UIT-R M.1224-1, 2012. Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT). Serie M “Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos”, [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1224-1-201203-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1224-1-201203-I!!PDF-S.pdf).
13. UIT, 5G – Quinta generación de tecnologías móviles, ABR 2022, <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>
14. Kevin FLYNN, NOV 2020, 3GPP, 3GPP meets IMT-2020, <https://www.3gpp.org/news-events/2143-3gpp-meets-imt-2020>
15. 3GPP, Release 15, 2019, <https://www.3gpp.org/Release-15>

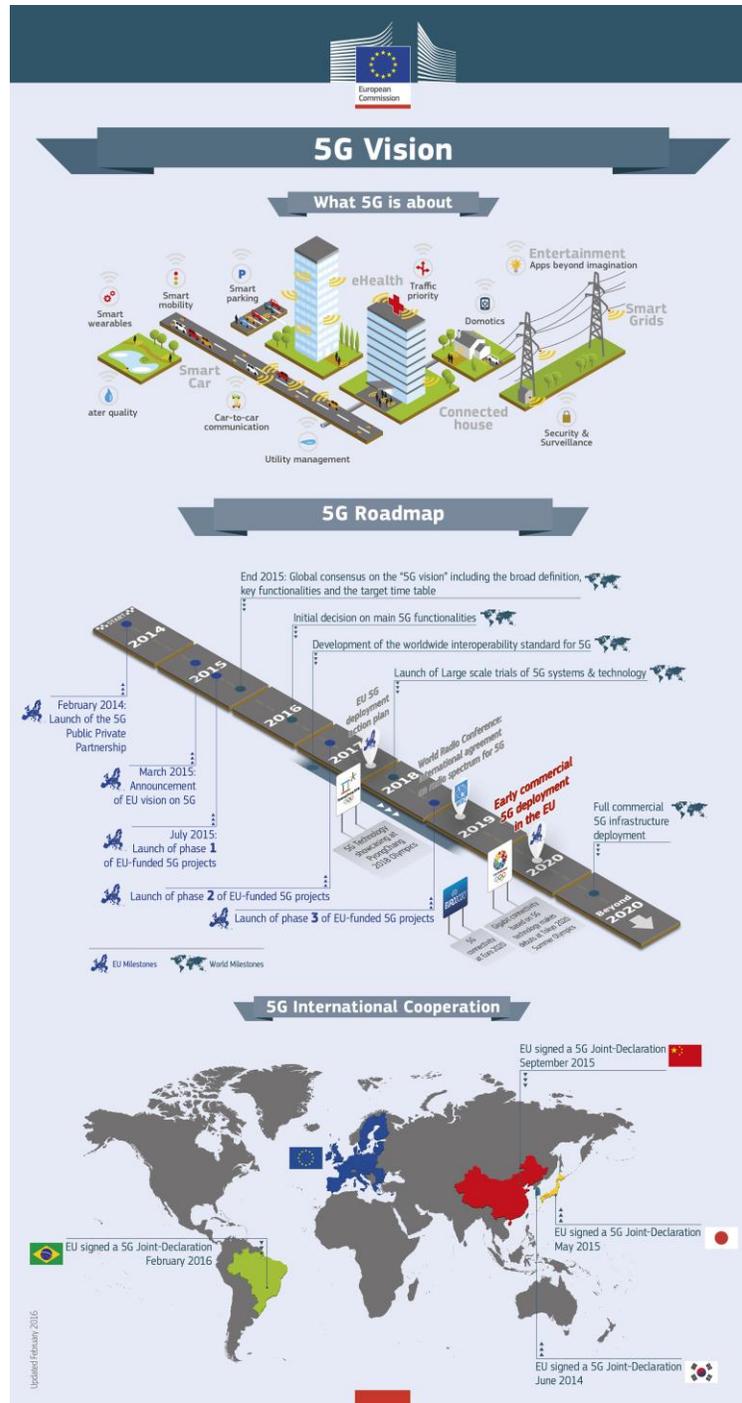
16. Reporte técnico 3GPP TR 21.915 V15.0.0, SEP 2019. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Release 15 Description; Summary of Rel-15 Work Items (Release 15). [https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/21\\_series/21.915/21915-f00.zip](https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/21_series/21.915/21915-f00.zip)
17. 3GPP, Release 16, 2020, <https://www.3gpp.org/Release-16>
18. Reporte técnico 3GPP TR 21.916 V16.2.0 (2022-06), JUN 2022. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Release 16 Description; Summary of Rel-16 Work Items (Release 16). [https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/21\\_series/21.916/21916-g20.zip](https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/21_series/21.916/21916-g20.zip).
19. FAA, FAA Statements on 5G, JUN 22, <https://www.faa.gov/newsroom/faa-statements-5g>.
20. Carta ALPA a FCC, Re: GN Docket Nos. 17-183, 18-122, MAY 2018, <https://ecfsapi.fcc.gov/file/10531182083849/ALPA%20Comments%202017-183%2018-122.pdf>
21. Artículo publicado por John Celentano, Inside Towers Business Editor, 5 de marzo de 2021. Rockin’ the C-band, <https://diariorealidad.news/tecnologia/como-resuelve-la-fcc-las-guerras-territoriales-del-espectro-radioelectrico/>.
22. Carta FAA a NTIA, Re: Expanding Flexible Use of the 3.7 to 4.2 GHz Band FCC Docket Nos. GN 18-122, IB 20-205, GN 20-305, DIC 2020, [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-10/DOT\\_Letter\\_to\\_NTIA\\_FCC3.7\\_GHz\\_Band\\_Auction.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-10/DOT_Letter_to_NTIA_FCC3.7_GHz_Band_Auction.pdf).
23. RTC-SC239, 7 de octubre de 2020. Assessment of C-Band Mobile Telecommunications Interference Impact on Low Range Radar Altimeter Operations (RTCA Paper No. 274-20/PMC-2073), [https://www.rtca.org/wp-content/uploads/2020/10/SC-239-5G-Interference-Assessment-Report\\_274-20-PMC-2073\\_accepted\\_changes.pdf](https://www.rtca.org/wp-content/uploads/2020/10/SC-239-5G-Interference-Assessment-Report_274-20-PMC-2073_accepted_changes.pdf)
24. Artículo publicado por Rafael Abuchaibe, 19 enero 2022. BBC News Mundo, 5G: cómo afecta esta tecnología a los aviones comerciales (y por qué las aerolíneas en EE.UU. hablan de un peligro inminente) - <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-60048544>.
25. FAA, 9 de diciembre de 2021. Docket No. FAA-2021-0953; Project Identifier AD-2021-01169-T; Amendment 39-21810; AD 2021-23-12. Airworthiness Directives; Transport and Commuter Category Airplanes. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-12/FRC\\_Document\\_AD-2021-01169-T-D.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-12/FRC_Document_AD-2021-01169-T-D.pdf)
26. FAA, 9 de diciembre de 2021. Docket No. FAA-2021-0954; Project Identifier AD-2021-01170-R; Amendment 39-21811; AD 2021-23-13. Airworthiness Directives; Various Helicopters. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-12/FRC\\_Document\\_AD-2021-01170-R-D.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-12/FRC_Document_AD-2021-01170-R-D.pdf)
27. FAA, DIC 21, SAFO 21007, Subject: Risk of Potential Adverse Effects on Radio Altimeters when Operating in the Presence of 5G CBand Interference. [https://www.faa.gov/other\\_visit/aviation\\_industry/airline\\_operators/airline\\_safety/safo/all\\_safos/media/2021/SAFO21007.pdf](https://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/airline_operators/airline_safety/safo/all_safos/media/2021/SAFO21007.pdf)
28. ICAO, OCT 2021. NAM/CAR/SAM Workshop on the ICAO Position for the International Telecommunication Union (ITU) World Radiocommunication Conference (2023) (WRC-23). <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2021/CRM23/SummaryDiscussion-ICAOPositionWRC23Rev.pdf>

29. FAA, ENE 2022, Airports with 5G Buffer, <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-01/50%20Airports%20with%205G%20Buffer.pdf>
30. FAA, ENE 2022, Commercial Airports with Low-Visibility Approaches in 5G Deployment (CAT II & III, RNP AR). [https://cms.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-01/Commercial\\_Airports\\_with\\_Low-Visibility\\_Approaches\\_in\\_5G\\_Deployment\\_0.pdf](https://cms.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-01/Commercial_Airports_with_Low-Visibility_Approaches_in_5G_Deployment_0.pdf)
31. FAA, 20 ENE 2022, Docket No. FAA-2022-0012; Project Identifier AD-2022-00057-T; Amendment 39-21922; AD 2022-03-05. [https://public-inspection.federalregister.gov/2022-01695.pdf?utm\\_source=federalregister.gov&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=pi+subscription+mailing+list](https://public-inspection.federalregister.gov/2022-01695.pdf?utm_source=federalregister.gov&utm_medium=email&utm_campaign=pi+subscription+mailing+list).
32. FAA, 26 ENE 2022, Docket No. FAA-2022-0017; Project Identifier AD-2022-00058-T; Amendment 39-21937; AD 2022-03-20. <https://public-inspection.federalregister.gov/2022-01995.pdf>
33. FAA, 14 FEB 2022, Docket No. FAA-2022-0095; Project Identifier AD-2022-00054-T; Amendment 39-21947; AD 2022-04-05. <https://www.regulations.gov/document/FAA-2022-0095-0001>.
34. FAA, FEB 2022, Docket No. FAA-2022-0142; Project Identifier AD-2022-00071-T; Amendment 39-21955; AD 2022-05-04. <https://public-inspection.federalregister.gov/2022-03967.pdf>
35. FAA, ENE 2022, 5G and Aviation Safety. <https://www.faa.gov/5g>
36. FAA, ENE 2022. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-01/US-France%20graphic\\_0.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-01/US-France%20graphic_0.pdf)
37. Artículo publicado por Albert Cuesta, 10 de febrero 2022. Mobile World Live en español: Noruega concluye que la 5G no supone un peligro para la aviación <https://www.mobileworldlive.com/spanish/noruega-concluye-que-la-5g-no-supone-un-peligro-para-la-aviacion>.
38. Artículo publicado por La Nación de las Agencias AFP y Reuters, 18 de enero de 2022. Polémica en EE.UU.: las operadoras telefónicas postergan el despliegue de sus redes de 5G tras una dramática advertencia de las aerolíneas, <https://www.lanacion.com.ar/estados-unidos/polemica-en-eeuu-las-aerolineas-advierten-sobre-una-crisis-aerea-catastrofica-por-los-nuevos-nid18012022/>
39. Artículo publicado por Charles Riley, Joseph Ataman, 19 de enero 2022. CNN en español: Así fue cómo Europa desplegó la red 5G sin afectar a la aviación. <https://cnnespanol.cnn.com/2022/01/19/europa-red-5g-interferencia-aviacion-trax/>
40. IATA, JUN 2022, Aviation and 5G. <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/air-traffic-management/5g/>
41. IATA, 2022, Presentation: 5G impact on aviation. <https://www.iata.org/contentassets/047eae4355824577a2060ac745110215/5g-impact-on-aviation.pdf>
42. ICAO, Claude Pichavant, Executive Expert Com, Nav, Surv AIRBUS, 22 April 2022. Key Potential Operational Effects from 5G on Radio Altimeter - Regional preparations for WRC-23 – ATU. [https://www.icao.int/ESAF/Documents/meetings/2022/WRC23%20Workshop%2026-27%20April%202022/FSMP-WG14-WRC23WrkShp12\\_ATU-%20april%202022%20-%20RA%20and%205G%20Issue%20-%20Airbus%20final.pdf](https://www.icao.int/ESAF/Documents/meetings/2022/WRC23%20Workshop%2026-27%20April%202022/FSMP-WG14-WRC23WrkShp12_ATU-%20april%202022%20-%20RA%20and%205G%20Issue%20-%20Airbus%20final.pdf)

43. ICAO, OCT 2021, Documento Informativo FSMP-WG/12 IP/08 “Agenda Item 3c: National efforts to implement broadband mobile near 4200-4400 MHz - Report from correspondence group on radio altimeters (CG-RA)”. [https://www.icao.int/safety/FSMP/MeetingDocs/FSMP%20WG12/IP/FSMP-WG12-IP08\\_CG-RA%20Report%20V1.01.doc](https://www.icao.int/safety/FSMP/MeetingDocs/FSMP%20WG12/IP/FSMP-WG12-IP08_CG-RA%20Report%20V1.01.doc)
44. CEPT ECC, ENE 2021, ECC PT1(21)006: Protection of radio altimeters from 5G/MFCN in the band 3.4-3.8 GHz. [https://cept.org/Documents/ecc-pt1/62166/ecc-pt1-21-006\\_france-protection-of-radio-altimeters-from-mfcn-in-34-38-ghz](https://cept.org/Documents/ecc-pt1/62166/ecc-pt1-21-006_france-protection-of-radio-altimeters-from-mfcn-in-34-38-ghz)
45. ENACOM, ¿Qué es el 5G?. [https://enacom.gob.ar/-que-es-el-5g-\\_p4903](https://enacom.gob.ar/-que-es-el-5g-_p4903)
46. Clarin.com, 26 de diciembre de 2021, Lanzamiento- El 5G llegó a la Argentina: Telecom “encenderá” la red de ultra velocidad de datos en la Costa Atlántica [https://www.clarin.com/tecnologia/5g-llego-argentina-telecom-encendera-red-ultra-velocidad-datos-costa-atlantica\\_0\\_e5zMBI7AN.html#:~:text=El%20avance%20del%205G%20en%20Argentina&text=La%20empresa%20fue%20la%20primera,de%20Buenos%20Aires%20y%20Rosario.](https://www.clarin.com/tecnologia/5g-llego-argentina-telecom-encendera-red-ultra-velocidad-datos-costa-atlantica_0_e5zMBI7AN.html#:~:text=El%20avance%20del%205G%20en%20Argentina&text=La%20empresa%20fue%20la%20primera,de%20Buenos%20Aires%20y%20Rosario.)
47. Andrea Catalano, 26 de marzo de 2021. IPPROFESIONAL: La compañía puso en marcha una red Open RAN que abre el camino para evolucionar hacia 5G y 6G. En dónde está ubicada y de qué se trata, <https://www.iprofesional.com/tecnologia/335906-movistar-activo-en-argentina-y-alemania-su-red-open-ran.>
48. ANAC, FEB 2022, ADVERTENCIA 001/DOA. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/adv\\_001\\_-\\_doa\\_publicar.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/adv_001_-_doa_publicar.pdf).
49. ANAC, JUL 2008, RAAC Parte 121. Requerimientos de Operación: Operaciones Regulares Internas e Internacionales / Operaciones Suplementarias. [http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/raac/raac\\_vigentes/enmiendas/amdt01raac2008\\_5a6.pdf](http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/raac/raac_vigentes/enmiendas/amdt01raac2008_5a6.pdf)
50. ANAC, JUL 2008, RAAC Parte 135. Requerimientos de Operación: Operaciones No Regulares Internas e Internacionales. [http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/raac/raac\\_vigentes/enmiendas/amdt01raac2008\\_6a6.pdf](http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/raac/raac_vigentes/enmiendas/amdt01raac2008_6a6.pdf)
51. ANAC, MAY 2022, RAAC Parte 91. Reglas de Vuelo y Operación General. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/raac\\_91.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/raac_91.pdf)
52. Cuenta oficial de Twitter de la ANAC Argentina, 25 de febrero de 2022. <https://twitter.com/ANACArgentina/status/1497329731057831936>.
53. Comisión Europea, febrero 2016, [https://ec.europa.eu/newsroom/dac/document.cfm?action=display&doc\\_id=9551](https://ec.europa.eu/newsroom/dac/document.cfm?action=display&doc_id=9551)
54. Revista Mercado, 12 de noviembre 2021: El mapa de 5G, ¿en qué países ya se implementa esta tecnología?, <https://www.revistamercado.do/tecnologia/el-mapa-de-5g-en-que-paises-ya-se-implementa-esta-tecnologia.>
55. ICAO, OCT 2021. Agenda Item 5: Other issues to be considered by the Safety stream. Safety Concerns Regarding Interference to Aircraft Radio Altimeters. [https://www.icao.int/Meetings/HLCC2021/Documents/WP/EN/SAF/wp\\_30\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/HLCC2021/Documents/WP/EN/SAF/wp_30_en.pdf)
56. The CIU, 25 julio 2022, Estado de Cobertura de 5G en Latinoamérica. <https://www.theciu.com/publicaciones-2/2022/7/25/estado-de-cobertura-de-5g-en-latinoamrica>

## Apéndice A

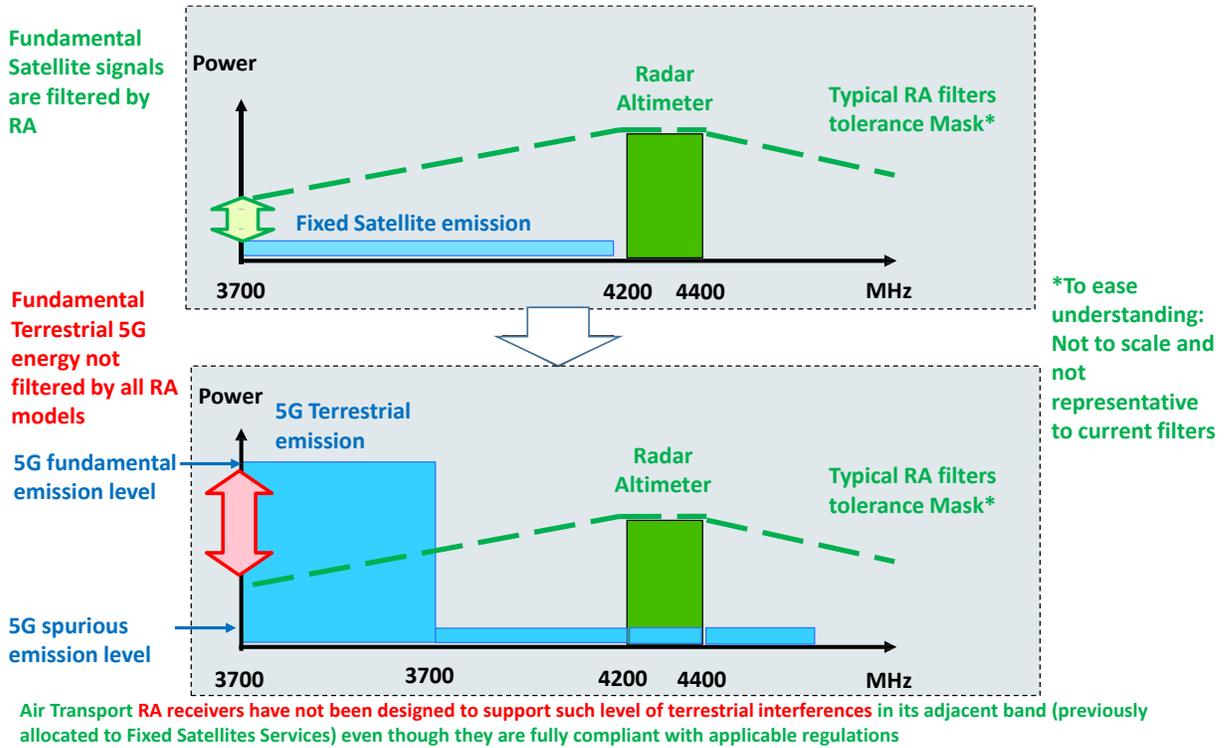
Infografía del 5G: Visión del 5G, El camino del 5G y la Cooperación internacional 5G.



**Figura 12:** Visión, camino y cooperación internacional del 5G (Fuente: Comisión Europea, febrero 2016. Ref. 53)

**Apéndice B**

Niveles de señales 5G vs satelitales



**Figura 13:** Comparativa entre señales 5G y Satelitales sobre RA (fuente: Tomado de la presentación AIRBUS de página oficial de ICAO, Claude Pichavant, Executive Expert Com, Nav, Surv, 22 April 2022. “Key Potential Operational Effects from 5G on Radio Altimeter - Regional preparations for WRC-23 – ATU”. **Ref. 41)**

### Apéndice C

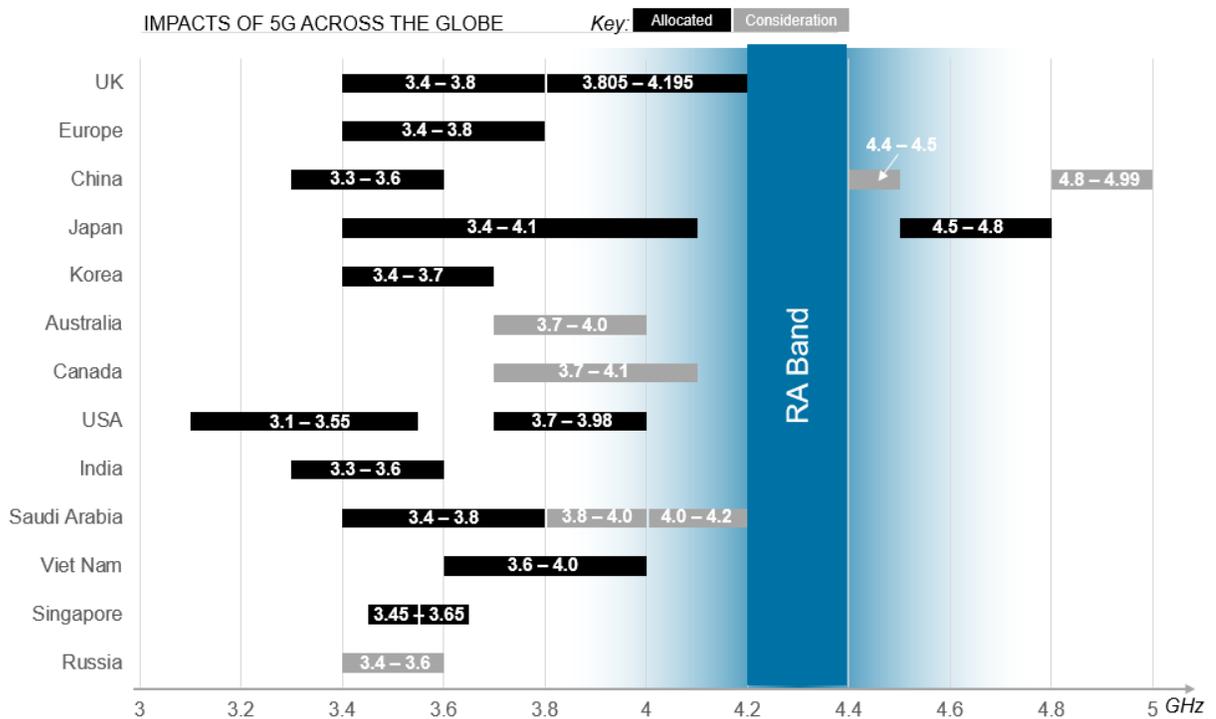
Países que implementaron las redes 5G en el mundo

A) Los primeros países que implementaron la Tecnología 5G

País	Fecha
Corea del Sur	abril de 2019
Suiza	abril de 2019
Emiratos Árabes Unidos	mayo de 2019
Finlandia	mayo de 2019
Reino Unido	junio 2019
España	junio de 2019
Italia	junio de 2019
Alemania	junio de 2019
Japón	septiembre de 2019
Irlanda	octubre de 2019
China	noviembre de 2019
Rumanía	noviembre de 2019
Suecia	14 de diciembre de 2019
Estados Unidos	6 de diciembre de 2019
Canadá	15 de enero de 2020
Austria	25 de enero de 2020
Tailandia	marzo de 2020
Bélgica	abril de 2020
República Dominicana	01 de diciembre de 2021

**Tabla 2:** Los primeros países en implementar las redes 5G (Fuente: Revista Mercado, 12 de noviembre 2021: El mapa de 5G, ¿en qué países ya se implementa esta tecnología? **Ref. 54**).

B) Frecuencias medias empleadas por algunos países.



**Figura 14:** Frecuencias asignadas y consideradas a nivel mundial (ICAO, OCT 2021. Agenda Item 5: Other issues to be considered by the Safety stream. Safety Concerns Regarding Interference to Aircraft Radio Altimeters. Ref. 55)

C) América Latina y el 5G

En Latinoamérica y el Caribe, Uruguay fue el primer país en activar las radiobases 5G a través de la operadora Antel Uruguay en una zona de Montevideo.

A la fecha, Nokia, Ericsson y Huawei son los principales proveedores de equipamiento para 5G. Los primeros despliegues se están realizando con los modelos tradicionales.

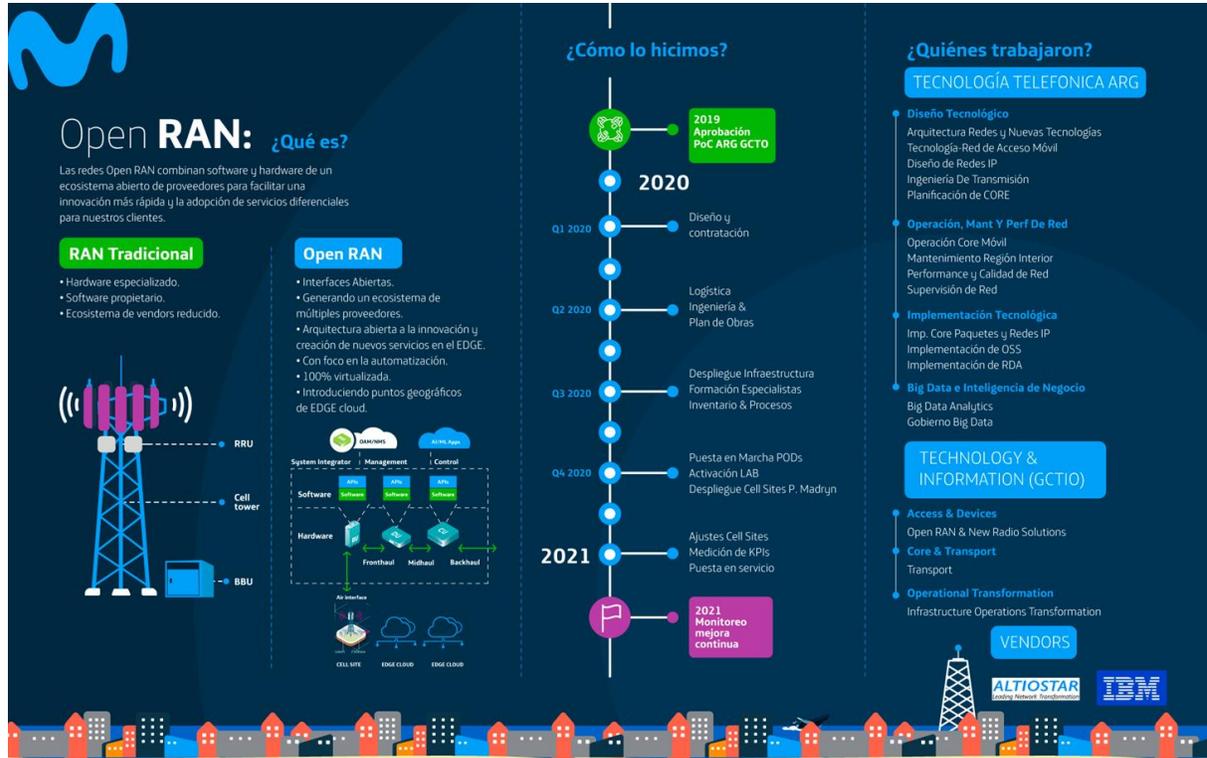
La cobertura 5G en Latinoamérica se muestra en la **Figura 15** (actualizada en 25 de julio de 2022).

País	5G	Operadores	Información Adicional
Argentina	Sí	Telecom	La cobertura se concentra principalmente en Buenos Aires, Rosario y Mar del Plata
Brasil	Sí	Algar, Claro, Telefónica y TIM	Brasilia se convirtió en la primera ciudad del país con servicio de 5G, en los próximos meses deberá llegar a las otras 26 capitales regionales
Colombia	No	-	Claro Colombia está realizando pruebas en Bogotá, Medellín, Barrancabermeja y Cali
Chile	Sí	Claro, Movistar, Entel y WOM	WOM reporta 79% de la población urbana con cobertura 5G
Guatemala	Sí	Tigo y Claro	Es el primer país centroamericano en activar servicios 5G
México	Sí	Telcel y AT&T	América Móvil reporta cobertura 5G en 40 ciudades de México, AT&T en Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey
Puerto Rico	Sí	Claro, AT&T y T-Mobile	Existen 860 antenas 5G en Puerto Rico
República Dominicana	Sí	Claro y Altice	Las ciudades con 5G disponible son: el Distrito Nacional, el Gran Santo Domingo, Santiago, La Altagracia y La Romana
Uruguay	Sí	Antel, Claro y Movistar	La primer red comercial 5G de Latinoamérica desde 2019
Bolivia	No	-	Se espera la implementación de la tecnología hasta 2024, no es prioridad en el país ante el rezago en 4G y déficit de banda ancha fija
Ecuador	No	-	Se han realizado pruebas piloto de conectividad en Guayaquil desde 2021
Paraguay	No	-	El gobierno paraguayo ha delineado un plan estratégico para el despliegue de tecnología 5G en 2024
Centroamérica	No	-	El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá no cuentan con servicios 5G

**Figura 15:** Cobertura 5G en Latinoamérica, Julio 2022 (Fuente: Firma Consultora Mexicana “The Competitive Intelligence Unit” (The CIU) con información de los órganos reguladores y operadores, 25 julio 2022, Estado de Cobertura de 5G en Latinoamérica. **Ref. 56**)

## Apéndice D

### Open RAN en Argentina



**Figura 16:** Open RAN en Argentina. (Fuente: imagen tomada del artículo de Andrea Catalano, 26 de marzo de 2021. IPPROFESIONAL: “La compañía puso en marcha una red Open RAN que abre el camino para evolucionar hacia 5G y 6G. En dónde está ubicada y de qué se trata”. Ref. 47).

## Apéndice E

### **Radioaltímetros de Aeronaves Militares**

- a) Radioaltímetro APN-171  
Aeronave UH-3H / AUGUSTA  
Fabricante: HONEYWELL  
Frec de TX: 4.300 MHZ +- 10MHZ (4,3 GHZ)  
Pot de pico: 100W  
Indic de Altura: 0 a 1000 Feet
  
- b) Radioaltímetro ALT-55  
Aeronave TRACKER  
Fabricante: ROCKWELL INTERNAT  
Frec de TX: 4.300 MHZ +- 15MHZ (4,3 GHZ)  
Pot Nominal: 350 mW  
Indic de Altura: 0 a 2.500 Feet
  
- c) Radioaltímetro AHV-8  
Aeronave: FENNEC  
Fabricante: T.R.T  
Frec de TX: 4.200 MHZ a 4.400 MHZ  
Pot Nominal: 100mW  
Indic de Altura: 0 a 2.500 Feet
  
- d) Radioaltímetro ALA-52B  
Aeronave: BOEING 737-700NG  
Fabricante: HONEYWELL  
Frec de TX: 4.200 MHZ a 4.400 MHZ  
Pot Nominal: 1W  
Indic de Altura: -20 a 8000 Feet
  
- e) Radioaltímetro ALT-4000  
Aeronave: HERCULES C-130  
Fabricante: COLLINS AEROSPACE  
Frec de TX: 4.300 MHZ +- 15MHZ  
Pot Nominal: 350 mW  
Indic de Altura: -20 a 2500Feet