

Pliego de prescripciones técnicas para la adquisición, despliegue y puesta en marcha de equipos para la infraestructura experimental 6GEN-ORAN, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia - NextGenerationEU a través del proyecto 6GEN-ORAN: Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación (TSI-064100-2023-15)

Número de expediente: 2025101000

El contenido de estas prescripciones técnicas deriva del proyecto 6GEN-ORAN: Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación (TSI-064100-2023-15) aprobado en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia - NextGenerationEU a través del proyecto.

Con la mera presentación de su oferta, la empresa licitadora acepta las prescripciones técnicas establecidas en este pliego.

Cualquier propuesta que no se ajuste a los requerimientos mínimos establecidos en este Pliego quedará automáticamente excluida de la licitación.

1. Contexto

El órgano de la presente contratación (Fundación i2CAT), es un centro de desarrollo e investigación sin ánimo de lucro, que impulsa actividades de I+D+i en el ámbito de arquitecturas, aplicaciones y servicios de Internet avanzados. La estructura organizativa de la Fundación i2CAT está basada en diferentes órganos de gobierno, así como en diferentes áreas y departamentos, para poder gestionar cada área de la forma más eficaz.

La Fundación i2CAT apuesta por un modelo de innovación basado en la colaboración entre las empresas, las administraciones públicas, el mundo académico y los usuarios, con el objetivo de desarrollar tecnologías avanzadas de Internet en beneficio en los ámbitos de 5G/6G e Internet of Things (IoT), entre otros, en diversos ámbitos verticales incluyendo la Industria 4.0.

En este contexto, el objeto de esta contratación consiste en:

1. El suministro, la configuración y puesta en marcha de un (1) controlador inteligente de red de acceso por radio (RAN Intelligent Controller).
2. Suministro y despliegue de dos (2) estaciones base 5G outdoor en banda n77 (100 MHz), tres (3) nodos 5G outdoor en banda n258 (400 MHz) y un (1) core 5G.
3. El suministro de dos (2) servidores enrackables de altas prestaciones.
4. El suministro de un (1) emulador de canal de radio con capacidad multicanal.
5. El suministro de una (1) plataforma dron de última generación y el suministro de una (1) plataforma robótica.
6. El suministro de dos (2) dispositivos Universal Software Radio Peripheral (USRP) y el suministro de dos (2) convertidores de frecuencia.

En el presente documento se establecen los requisitos, se concretan las prestaciones y se definen las obligaciones que se derivan de la contratación para alcanzar los objetivos que se persiguen en el Proyecto.

Las determinaciones establecidas en el presente Pliego de prescripciones Técnicas, así como las contenidas en el Pliego de cláusulas administrativas particulares, constituyen normas

vinculantes para el contratista, quien realizará las prestaciones que constituyen el objeto del contrato con expresa sumisión a los mismos y a las instrucciones de contratación, así como a las directrices que dicte el órgano de contratación.

2. Hitos y objetivos

Entre los objetivos generales del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia figuran el impulso a la transformación digital y el crecimiento inteligente, sostenible e inclusivo, incluyendo actuaciones dirigidas a impulsar la I+D+i, que es un factor crítico para incrementar la productividad y competitividad del país. Dentro de su Política Palanca V: «Modernización y digitalización del tejido industrial y de la PYME, recuperación del turismo e impulso a una España Nación Emprendedora», se encuentra el componente 15, entre cuyos objetivos figura el de liderar el despliegue tecnológico de 5G/6G en Europa, tanto en relación con las infraestructuras como en lo que respecta a la innovación tecnológica.

Esta actuación se enmarca en la Inversión 6 (I6) “Despliegue del 5G: redes, cambio tecnológico e innovación” del componente 15 “Conectividad digital, impulso a la ciberseguridad y despliegue del 5G”. En concreto, las actuaciones a realizar contribuirán a la consecución de los objetivos CID #243 y #244, cuyos hitos y objetivos se configuran como una medida de apoyo I+D+i empresarial, que se centra en las fases de aplicación de nuevo conocimiento y mejora de tecnologías que incrementen la resiliencia y capacidad competitiva a medio y largo plazo del sector, acelerando el desarrollo de ecosistemas de innovación en 5G y 6G y en ciberseguridad 5G.

La actuación permitirá impulsar el desarrollo de un ecosistema de I+D+i en 5G avanzado y 6G, alcanzando de este modo la finalidad de incrementar el liderazgo de los grupos de investigación españoles en 5G, convirtiéndolos a su vez en un referente en el desarrollo tecnológico de 6G. Los objetivos generales de esta actuación son:

- Promover y desarrollar actividad empresarial que impulse la transformación digital a través de la investigación, el desarrollo y la innovación en el ámbito de las tecnologías de 5G avanzado y 6G.
- Generar actividad económica a través de la transferencia de conocimientos y explotación de tecnologías a título oneroso de soluciones desarrolladas en el ámbito del 5G avanzado y 6G.
- Construir un ecosistema en torno al 6G a partir de las infraestructuras y conocimientos generados mediante actividades de investigación aplicada, para solventar este fallo de mercado y para que, de esta forma, y a través de una efectiva transferencia de tecnología pueda crearse un tejido de empresas relacionado con esta tecnología, particularmente PYMEs.

Se persigue fomentar la creación de empleo de calidad y potenciar la autonomía estratégica de la Unión, junto con una economía abierta, que genere valor añadido europeo.

El objetivo del proyecto 6GEN-ORAN es solventar las limitaciones que 6GEN presenta en cuanto a ORAN, para así potenciar las competencias de investigación en ORAN de los tres grupos de investigación que participan en este proyecto. Esta misión se articula a través de los siguientes 3 grandes objetivos:

- Evaluación experimental de soluciones orientadas a eficiencia en el ámbito de la virtualización de redes de acceso radio (RAN) así como la inclusión y adaptación de superficies inteligentes reconfigurables (RIS) a fin de asegurar su interoperabilidad con las arquitecturas O-RAN.

- Puesta en marcha de una pila de protocolos ORAN que incluirá los elementos near real time RIC y non real time RIC. Estos elementos se utilizarán para controlar un entorno ORAN compuesto por: i) estaciones gNB con soporte nativo de ORAN en un entorno de campus network y ii) una herramienta de emulación de red ORAN con soporte para emular decenas de celdas y centenares de dispositivos de usuario. La pila de protocolos ORAN se usará para evaluar en entornos relevantes (TRL 5) las rApps desarrolladas en proyectos de I+D donde participe i2CAT.
- Proporcionar un entorno de trabajo colaborativo y abierto para respaldar la amplia adopción de las especificaciones O-RAN y promover la apertura del ecosistema O-RAN a través de demostraciones y pruebas de laboratorio, incluida la verificación de la interoperabilidad del equipo RAN de diferentes proveedores (o el mismo proveedor) utilizando especificaciones de la interfaz de O-RAN.

En particular se contemplan los siguientes hitos, los cuales deben ser cumplidos para la consecución de los objetivos de este contrato:

- 6GEN-ORAN-H1.1. Incorporación de componentes hardware dotados con las últimas herramientas para virtualización de RAN, como pueden ser los microprocesadores Intel Xeon de cuarta generación dotados de tecnologías vRAN.
- 6GEN-ORAN-H1.2. Adquisición y puesta en marcha de un emulador de canal que permitirá configurar distintos escenarios de evaluación simulando situaciones reales en las que se desplegarán las soluciones diseñadas.
- 6GEN-ORAN-H1.3. Inclusión de superficies inteligentes que habiliten un nuevo grado de libertad a las soluciones diseñadas, permitirán la evaluación de nuevas soluciones y se trabajará en su correcta integración dentro de las arquitecturas O-RAN
- 6GEN-ORAN-H1.4. Inclusión de distintos dispositivos terminales como pueden ser drones, gafas de realidad virtual, robots o módems 5G de forma que las soluciones puedan ser evaluadas con dispositivos reales, así como evaluar aquellas orientadas a la detección y/o comunicación.
- 6GEN-ORAN-H2.1. Ampliación del despliegue 6GEN con celdas que tengan soporte nativo para ORAN. La selección de proveedores ORAN se efectuará durante el proyecto. Se añadirán también celdas a 26GHz necesarias para validar casos de uso con altos requerimientos en transmisión de datos
- 6GEN-ORAN-H2.2. Despliegue de un 5G Core con soporte de Network Exposure Function (NEF). El NEF aporta la posibilidad de tener aplicaciones que interactúan con el 5GCore de manera dinámica. Así, el objetivo de 6GEN-ORAN es tener un entorno de validación de servicios 6G que interactúan con la RAN a través de ORAN y con el core a través de NEF.
- 6GEN-ORAN-H2.3. Despliegue de un entorno de emulación de nodos E2, el cual permita evaluar rApps en entornos compuestos de decenas de celdas y centenares de dispositivos de usuario, lo cual no es posible en el entorno de campus network propuesto en 6GEN.
- 6GEN-ORAN-H2.4. Despliegue de uno o más componentes near real time RIC que se encargará de gestionar los nodos E2 de la red campus y de la red emulada.
- 6GEN-ORAN-H2.5. Despliegue un elemento non real time RIC capaz de gestionar los near real time RICs mediante la interfaz A1. Nótese que con la arquitectura experimental propuesta las rApps podrán gestionar indistintamente los nodos E2 tanto en el entorno

campus como en el entorno emulado. Las rApps dispondrán de una interfaz R1 que les permitirá acceder a la telemetría y a la configuración de la red de manera simplificada.

- **6GEN-ORAN-H2.6.** Despliegue de un nodo de computación dedicado a tareas de aprendizaje automático (Machine Learning - ML) para dar soporte a las rApps desplegadas.

3. Objeto del contrato o necesidad a cubrir

El presente pliego tiene por objeto establecer las prescripciones técnicas que regirán la realización de las prestaciones como parte del proyecto “6GEN-ORAN (Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación)”, en el marco del “Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia - NextGenerationEU”, definiendo así sus cualidades.

Este contrato se centra en actividades relacionadas con el Paquete de Trabajo 3 (PT3) del proyecto “6GEN-ORAN (Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación)”. El PT3 tiene los siguientes objetivos:

1. Adquirir los distintos equipos necesarios para cada uno de los componentes individuales de la infraestructura 6GEN-ORAN (actividades A3.1 - A3.3).
2. Instalar y poner en marcha los distintos equipos, integrándose en el seno de cada componente individual de 6GEN-ORAN.
3. Validar el correcto funcionamiento y operación de cada componente individual a través de experimentos de prueba diseñados para tal fin.
4. Durante la Fase 2, integrar los componentes individuales de 6GEN-ORAN descritos en las actividades A3.1 - A3.3 en una infraestructura completa y coherente que permita experimentar con múltiples aspectos de la arquitectura ORAN a la vez.
5. Corregir errores o defectos detectados durante las pruebas de validación de la infraestructura completa llevada a cabo en el PT4.

El paquete de trabajo 3 contempla 3 actividades de las cuáles forman parte del objeto de este contrato las actividades A3.1, A3.2 y A3.3

Actividad A3.1: Infraestructura comuna ORAN vRAN + RIS

El objetivo principal de esta tarea es incorporar los nuevos componentes orientados a la virtualización de redes de acceso radio a la infraestructura existente diseñada en el contexto del proyecto 6GEN-ORAN: *Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación*. De esta forma se habilitarán sistemas con capacidades de virtualización de radio de última generación, así como dispositivos finales para entornos de desarrollo de soluciones. Esta actividad consta de dos fases:

- **Fase 1:** Despliegue de elementos físicos y su interconexión con la infraestructura desplegada en el contexto del proyecto 6GEN-ORAN. Se instalarán los nodos de radio (estándar y ARM) junto con las tarjetas de radio definida por software, se incorporará el emulador de canal de forma que sea accesible para los distintos nodos de virtualización de radio y se instalarán los elementos terminales quedando dentro del rango operacional de los nodos radio.
- **Fase 2:** Instalación del sistema de virtualización, así como el testeo de distintas soluciones iniciales para virtualización de RAN y sistemas de detección y comunicaciones integradas. Además, se procederá a la integración de superficies inteligentes dentro de la infraestructura O-RAN habilitando su uso para distintas soluciones.

Actividad A3.2: Infraestructura ORAN non real time RIC y rApps

El objetivo de esta actividad es ampliar la infraestructura original desplegada en el proyecto 6GEN-ORAN para dotarla de capacidades ORAN que permitan la evaluación de radio applications (rApps) en entornos operacionales (TRL 5). Con este objetivo se seguirá una doble vía:

- Añadir a la infraestructura de red campus desplegada en el proyecto 6GEN-ORAN nuevos elementos físicos ORAN (celdas outdoor), y software de control (RAN Intelligent Controllers - RICs).
- Desplegar un emulador de red ORAN que permita evaluar rApps en entornos con decenas de celdas y centenares de dispositivos de usuario.

Actividad A3.3: Interoperabilidad ORAN

El objetivo de esta actividad es ampliar la infraestructura original desplegada en el proyecto 6GEN-ORAN para dotarla de capacidades ORAN que permitan la validación de la interoperabilidad ORAN. Para ello, al menos dos (o más) SMO (Service Management & Orchestration) y soluciones Cloud serán desplegadas e integradas a la infraestructura de red del campus desplegada en el proyecto 6GEN-ORAN: *Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación*. A continuación, se definirán varios escenarios para realizar pruebas de interoperabilidad, para las interfaces O1 y O2, dados los NRT-RIC y RT-RIC disponibles en la red del campus. En base a estos escenarios, se implementarán pruebas de validación y configuración para permitir la validación de la interoperabilidad.

El presente contrato tiene como objeto contribuir al desarrollo de las actividades A3,1, A3.2, A3.3 del paquete de trabajo 3 de 6GEN-ORAN, a través del suministro de múltiples equipos de computación y comunicaciones para su instalación en los distintos componentes individuales de la infraestructura experimental 6GEN-ORAN y su posterior puesta en marcha. Con el fin de conseguir ambas actividades, este contrato se divide en seis lotes, para los cuales se identifican los objetivos detallados a continuación.

Objeto del lote 1: Suministro, configuración y puesta en marcha de una solución de RAN Intelligent Controllers (RICs) - Proyecto 6GEN-ORAN: Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación (TSI-064100-2023-15)

El objeto del lote 1 consiste en el suministro, configuración e integración de un RAN Intelligent Controller (RIC) compatible con los estándares definidos por la O-RAN Alliance, que permita gestionar, controlar y optimizar elementos de red de acceso radio (RAN) en el marco de una infraestructura Open RAN. La solución deberá incluir tanto la funcionalidad de near-real time RIC como de non-real time RIC, posibilitando la ejecución de xApps y rApps orientadas a la automatización, mejora del rendimiento y operación de la red. Asimismo, deberá garantizar la interoperabilidad con el resto de componentes de la infraestructura 6GEN-ORAN, incluyendo nodos de acceso radio, core de red y sistemas de gestión, así como ofrecer capacidades de escalabilidad y actualización en línea con la evolución de los estándares O-RAN y las necesidades del proyecto.

Objeto del lote 2: Suministro de estaciones base 5G outdoor en banda n77, nodos 5G outdoor en banda n258 y core 5G - Proyecto 6GEN-ORAN: Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación (TSI-064100-2023-15)

El objeto del lote 2 consiste en el suministro y despliegue de dos (2) estaciones base 5G outdoor en banda n77, tres (3) nodos 5G outdoor y un (1) core 5G para llevar a cabo actividades de I+D en torno al control y gestión de RANs, RAN slicing u optimización de RAN entre otros. Además,

serán un elemento central de la infraestructura, que permitirá dar conectividad 5G avanzada para experimentos de cloud continuum, IoT, NTN, V2X o ciberseguridad.

Objeto del lote 3: Suministro de equipos de computación - Proyecto 6GEN-ORAN: Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación (TSI-064100-2023-15)

El objeto del lote 3 consiste en el suministro de nodos de computación de altas prestaciones destinados a su integración en la infraestructura experimental 6GEN-ORAN. Estos equipos permitirán desplegar, ejecutar y evaluar funciones avanzadas de red y algoritmos intensivos en computación, incluyendo casos de uso relacionados con la virtualización de funciones de red de acceso, procesamiento de señal y offloading dinámico de cargas entre CPU y GPU. Los nodos deberán ser compatibles con entornos de investigación en tecnologías 5G y 6G, ofreciendo capacidades de cómputo heterogéneo que faciliten la exploración de arquitecturas alternativas y la evaluación comparativa de distintos enfoques de ejecución.

Objeto del lote 4: Suministro de un emulador de canales de radio, incluyendo procesamiento central y módulos funcionales de banda base, ancho de banda, MIMO y RF - Proyecto 6GEN-ORAN: Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación (TSI-064100-2023-15)

El objeto del lote 4 consiste en el suministro de un (1) emulador de canales de radio para su utilización en un entorno de investigación avanzado en tecnologías 5G y actividades de prototipado hacia 6G. Este equipo se destinará a la emulación de los efectos del canal radio en escenarios configurables, con soporte mínimo para sistemas MIMO, operación en el rango de frecuencias FR1 (sub 6 GHz) y capacidad para trabajar con anchos de banda amplios, adecuados para entornos de prueba exigentes. Permitirá evaluar el rendimiento de sistemas de comunicaciones en diferentes condiciones de propagación, facilitando el desarrollo, validación y optimización de algoritmos y prototipos de red.

Objeto del lote 5: Suministro de una plataforma dron de última generación y una plataforma robótica - Proyecto 6GEN-ORAN: Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación (TSI-064100-2023-15)

El objeto del lote 5 consiste en la adquisición de una (1) plataforma aérea no tripulada (dron) y (1) una plataforma robótica terrestre, destinadas a su uso en actividades de investigación dentro del proyecto 6GEN-ORAN. La plataforma aérea estará dedicada al desarrollo y validación de soluciones de localización en entornos basados en infraestructuras O-RAN, actuando como terminal móvil para experimentación en posicionamiento y comunicaciones en escenarios dinámicos. La plataforma robótica permitirá el estudio de casos de uso innovadores vinculados al diseño y validación de futuras redes 6G.

Objeto del lote 6: Suministro de dispositivos USRP (Universal Software Radio Peripheral) y conversores de frecuencia - Proyecto 6GEN-ORAN: Infraestructura experimental 6G para redes de acceso radioeléctrico abierto de próxima generación (TSI-064100-2023-15)

El objeto del lote 6 consiste en el suministro de un (2) conversores de frecuencia y dos (2) dispositivos Universal Software Radio Peripheral (USRP), que permitan desplegar pilas de protocolo programables, facilitando la implementación, prueba y validación de soluciones diseñadas en el marco del proyecto. Estos equipos deberán ser aptos para entornos de investigación avanzada y compatibles con arquitecturas experimentales orientadas a 5G y 6G.

4. Actividades y funciones del contratista

Las funciones que deben asumir los contratistas se dividen en una serie de actividades del PT3 dentro de cada lote. Dichas actividades y funciones son las siguientes:

a. Actividades y funciones del contratista del lote 1

6GEN-ORAN-L1-P3-A3.2: Infraestructura ORAN non real time RIC y rApps Dentro de esta actividad, el contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de una solución software completa que proporcione las funcionalidades de Near-RT-RIC y Non-RT-RIC, conforme a las especificaciones O-RAN, asegurando la interoperabilidad con elementos de terceros (radios físicas, nodos RAN, plataformas de prueba): *L1.RIC*.
- Activación de las licencias permanentes o actualizables de software necesarias para la operación de las soluciones de RIC.
- Instalación, configuración inicial e integración de la solución de RIC en la infraestructura de la plataforma de pruebas, incluyendo:
 - Configuración de las interfaces E2, A1 y R1.
 - Integración con radios físicas, plataformas de prueba y otros elementos O-RAN.
- Validación funcional básica de la solución, demostrando la correcta interoperabilidad con elementos de terceros y la capacidad de ejecutar xApps y rApps sobre el sistema.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 1 especificadas en el presente pliego y en el pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

b. Actividades y funciones del contratista del lote 2

6GEN-ORAN-L1-P3-A3.2: Infraestructura ORAN non real time RIC y rApps Dentro de esta actividad, el contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- El suministro y despliegue de una infraestructura de red 5G completa, compuesta por dos estaciones base 5G outdoor en banda n77, tres nodos radio 5G outdoor en banda n258 (FR2), y un Core 5G, conforme a los requisitos técnicos definidos en los apartados L2.RED5G, L2.RADION77, L2.RADION258, L2.GNODEB L2.CORE1 del presente pliego. Las estaciones base y nodos radio suministrados deberán integrarse en la plataforma de experimentación existente, y estar preparados para su operación en entornos exteriores.

- El contratista deberá prestar soporte completo a la instalación de los componentes, configuración inicial e integración de los equipos suministrados con el resto de la infraestructura de la plataforma.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 2 especificadas en el presente pliego y en el pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

c. Actividades y funciones del contratista del lote 3

- **6GEN-ORAN-L1-P3-A3.1: Infraestructura ORAN vRAN + RIS.** Dentro de esta actividad, el contratista llevará a cabo las siguientes funciones:
 - Suministro de un servidor enracable de altas prestaciones, destinado a la virtualización de redes de acceso radio y a la evaluación de arquitecturas optimizadas mediante aceleración avanzada: *L3.NodoEstandar*.
 - Suministro de un servidor enracable basados en arquitectura ARM, orientados al diseño y prueba de redes de acceso radio virtualizadas sobre procesadores de propósito general, con capacidad para evaluar nuevas estrategias de procesamiento y asignación dinámica de cargas: *L3.NodoARM*.
 - El suministro de cables y elementos necesarios para garantizar el funcionamiento completo de los equipos.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 3 especificadas en el presente pliego y en el pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

d. Actividades y funciones del contratista del lote 4

- **6GEN-ORAN-L1-P3-A3.1: Infraestructura ORAN vRAN + RIS.** Dentro de esta actividad, el contratista llevará a cabo las siguientes funciones:
 - Suministro de un emulador de canales de radio: destinado a emular entornos de propagación para comunicaciones 5G y pruebas experimentales en el contexto de 6G: *L4.EMUC*.
 - Soporte a la instalación, configuración inicial y validación del equipo.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 4 especificadas en el presente pliego y en el pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

e. Actividades y funciones del contratista del lote 5

- **6GEN-ORAN-L1-P3-A3.1: Infraestructura ORAN vRAN + RIS.** Dentro de esta actividad, el contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de una plataforma dron de última generación dedicada al desarrollo y validación de soluciones para localización en infraestructuras O-RAN: *L5.DRON*.
- Suministro de una plataforma robótica que habilitará el estudio de casos de uso para futuras redes 6G: *L5.ROBOT*.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 5 especificadas en el presente pliego y en el pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

f. Actividades y funciones del contratista del lote 6

- **6GEN-ORAN-L1-P3-A3.1: Infraestructura ORAN vRAN + RIS.** Dentro de esta actividad, el contratista llevará a cabo las siguientes funciones:
 - Suministro de dos conversores de frecuencia y dos dispositivos USRP (Universal Software Radio Peripheral) con los accesorios necesarios que permitan desempeñar el uso de pilas de protocolo softwareizadas y por lo tanto accesibles para la implementación de las soluciones diseñadas: *L6.USRP*, *L6.FRCONV*.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 6 especificadas en el presente pliego y en el pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

5. Finalidades y objetivos a alcanzar

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización de este contrato son los siguientes:

a. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 1

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GEN-ORAN a los que la realización del lote 1 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

Objetivo 6GEN-ORAN-2. Puesta en marcha de una pila de protocolos ORAN que incluirá los elementos near real time RIC y non real time RIC. Estos elementos se utilizarán para controlar un entorno ORAN compuesto por: i) estaciones gNB con soporte nativo de ORAN en un entorno de campus network y ii) una herramienta de emulación de red ORAN con soporte para emular decenas de celdas y centenares de dispositivos de usuario. La pila de protocolos ORAN se usará para evaluar en entornos relevantes (TRL 5) las rApps desarrolladas en proyectos de I+D donde participe i2CAT.

b. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 2

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GEN-ORAN a los que la realización del lote 2 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

Objetivo 6GEN-ORAN-2. Despliegue de una infraestructura de red 5G completa y operativa, compuesta por estaciones base en banda n77, nodos radio en banda n258 y un core 5G carrier-grade, con el objetivo de habilitar un entorno de pruebas y validación en condiciones realistas. Esta infraestructura se utilizará en el campus experimental de i2CAT para evaluar configuraciones de red avanzadas,

experimentación con tráfico 5G en escenarios de movilidad, pruebas de interoperabilidad en diferentes bandas y ejecución de casos de uso enmarcados en proyectos de I+D. Su despliegue permitirá alcanzar un nivel de madurez tecnológica relevante (TRL 5).

c. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 3

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GEN-ORAN a los que la realización del lote 3 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

Objetivo 6GEN-ORAN-2. Puesta en marcha de un entorno experimental para el despliegue y evaluación de redes de acceso radio virtualizadas sobre diferentes plataformas hardware. El lote incluye nodos de propósito general y nodos basados en procesadores ARM, que permitirán analizar el comportamiento de funciones RAN distribuidas y optimizadas según las capacidades del hardware subyacente. Esta infraestructura servirá como base para diseñar, probar y comparar soluciones de virtualización de acceso radio adaptadas a entornos de edge computing, y se empleará en proyectos de I+D orientados al desarrollo de arquitecturas eficientes, flexibles y sostenibles. Las actividades previstas se realizarán en entornos relevantes (TRL 5).

d. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 4

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GEN-ORAN a los que la realización del lote 4 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

Objetivo 6GEN-ORAN-1. Evaluación experimental de soluciones orientadas a la eficiencia en redes de acceso radio (RAN) virtualizadas mediante la incorporación de un emulador de canal, que permitirá replicar condiciones de propagación realistas en laboratorio. Este entorno de pruebas facilitará la validación temprana de configuraciones de red, así como la realización de evaluaciones intensivas sobre soluciones previamente desplegadas. El emulador de canal permitirá también estudiar el impacto de la integración de tecnologías complementarias, como las superficies inteligentes reconfigurables (RIS), asegurando su interoperabilidad con arquitecturas RAN abiertas y distribuidas.

e. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 5

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GEN-ORAN a los que la realización del lote 5 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

Objetivo 6GEN-ORAN-1. Evaluación experimental de soluciones orientadas a la eficiencia en redes de acceso radio (RAN) mediante el uso de terminales móviles avanzados, que permitan reproducir escenarios de movilidad y sensorización en entornos controlados. Estas plataformas facilitarán la generación de tráfico dinámico, la validación de comportamientos de red bajo condiciones variables y el análisis de estrategias de adaptación y optimización en arquitecturas distribuidas. El entorno resultante contribuirá a la exploración de casos de uso innovadores en el marco de proyectos de I+D.

f. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 6

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GEN-ORAN a los que la realización del lote 6 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

Objetivo 6GEN-ORAN-1. Evaluación experimental de soluciones orientadas a la eficiencia en redes de acceso radio (RAN) mediante el uso de plataformas radio programables y herramientas avanzadas de conversión de frecuencia, que permitan implementar y validar diseños flexibles de capa física en entornos virtualizados. Estos equipos facilitarán el desarrollo de prototipos radio altamente configurables, la exploración de arquitecturas compartidas entre múltiples instancias RAN y la evaluación de mecanismos de monitorización del canal radio orientados a la detección de anomalías. Además, su versatilidad permitirá reproducir entornos y condiciones de canal variadas, fundamentales para la validación experimental de soluciones en escenarios controlados.

6. Requisitos técnicos generales obligatorios de la prestación y/o rendimiento o exigencias funcionales de la prestación

La prestación regulada en el presente pliego deberá ajustarse, al menos, a los siguientes requisitos técnicos, indicados para cada uno de los lotes, sin perjuicio de los parámetros a valorar mediante los criterios de adjudicación establecidos.

○ Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 1

El contratista dispondrá de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Requisitos de la solución para la evaluación de funcionalidades near real-time y non real-time de RAN Intelligent Controllers (L1.RIC)

Requisito L1.RIC.1: Interoperabilidad con elementos de terceros

La solución deberá garantizar la interoperabilidad con elementos de terceros, incluyendo radios físicas, nodos RAN y plataformas de prueba, conforme a las especificaciones O-RAN.

Se deberá aportar evidencia de compatibilidad con, al menos:

- VIAVI TeraVM
- Radios físicas

Se establece la compatibilidad con VIAVI TeraVM dado que constituye la plataforma de pruebas (RIC tester) ya disponible en la organización. La inclusión de este requisito garantiza la reutilización de activos ya adquiridos.

Requisito L1.RIC.2: Cumplimiento de estándares carrier-grade

Dado que el objeto de este contrato es adquirir un RIC comercial que permita a i2CAT investigar sobre el desarrollo de aplicaciones O-RAN (xApps, rApps) transferibles a un operador móvil, el producto presentado debe cumplir características carrier-grade en escalabilidad, fiabilidad y capacidad de integración en entornos de operador.

El licitador deberá acreditar esta condición aportando evidencias de que el producto ha sido desplegado en entornos de operador, por ejemplo, mediante la adjudicación del producto en un RFP lanzado por un operador móvil Tier-1 europeo.

Requisito L1.RIC.3: Soporte de Near-RT-RIC

El componente Near-RT-RIC de la solución deberá implementar las siguientes interfaces conforme a las especificaciones O-RAN:

- **E2**: soporte completo del protocolo E2AP (\geq versión 2.0), garantizando la interoperabilidad con nodos E2 de terceros.
 - Listado de E2 Service Models soportados, especificando las opciones implementadas dentro de cada modelo. Al menos deberán incluirse:
 - E2SM KPM
 - E2SM RC
 - E2SM CCC
 - E2SM NI
 - Soporte para la securización de E2 vía IPSec conforme a O-RAN SEC-CTL-E2-1, con autenticación IKEv2. Se deben aportar evidencias sobre cómo securizar la interfaz E2.
- **A1**: soporte de la interfaz A1 (Policy Management y Enrichment Information) conforme a la especificación O-RAN. (O-RAN.WG2.TS.A1TP, O-RAN.WG2.TS.A1GAP, O-RAN.WG2.TS.A1AP, O-RAN.WG2.A1TD).
- Se debe demostrar como el Near-RT-RIC da cumplimiento a las amenazas de seguridad identificadas por el ORAN Alliance WG11.
- Aportar código fuente y documentación de al menos 1 aplicación xApp que haga uso del modelo de servicio E2 KPM y al menos uno de los modelos de servicio RC y CCC
- Deben aportar librerías para la creación de xApps (via Rest API).
- Debe soportar la integración con SMOs y Non RT-RICs de terceros que cumplan la especificación O-RAN.

Requisito L1.RIC.4: Soporte de Non-RT-RIC/SMO

El componente Non-RT-RIC de la solución deberá implementar las siguientes interfaces conforme a las especificaciones O-RAN:

- **A1**: soporte de la interfaz A1 (Policy Management y Enrichment Information) conforme a la especificación O-RAN.
 - La solución deberá exponer interfaces REST para A1-P y A1-EI conforme a O-RAN.WG2 (A1TP, A1GAP, A1AP, A1TD), incluyendo la capacidad de entrega de información desde rApps hacia el Near-RT-RIC de forma segura.
- **R1**: soporte de la interfaz R1 para la integración, gestión y comunicación de rApps conforme a la especificación O-RAN (funciones SME y DME).
- **O1**: soporte de la interfaz O1 para configuración y monitorización de nodos. Incluyendo soporte de VES Collector para recepción de eventos conforme a especificación O-RAN.
- Se debe demostrar como el Non-RT-RIC da cumplimiento a las amenazas de seguridad identificadas por el ORAN Alliance WG11.
- Aportar el código fuente y la documentación de al menos una muestra de aplicación rApp que utilice las políticas A1 y la interfaz O1.
- Deben aportar librerías para la creación de rApps. (via Rest API)
- Debe soportar la integración con SMOs y Near RT-RICs de terceros que cumplan la especificación O-RAN.

Requisito L1.RIC.5: Interfaz de usuario

La solución deberá incorporar interfaces de usuario que faciliten la configuración, operación, monitorización y análisis del sistema RIC. En particular:

- Interfaz gráfica de usuario (GUI) para la gestión y supervisión de las plataformas Near-RT-RIC y Non-RT-RIC, incluyendo la visualización de la topología (nodos E2 y sus relaciones).
- Visualización de métricas, estadísticas de rendimiento y políticas activas.
- Herramientas visuales para el ciclo de vida de xApps y rApps: instalación, configuración, supervisión y desinstalación desde la misma interfaz.
- Un sistema de log completo que registre todos los eventos, alarmas, operaciones e interacciones para facilitar el análisis y la auditoría.

Requisito L1.RIC.6: Solución virtualizada basada en software

La solución deberá ser puramente software y estar preparada para su despliegue en Kubernetes.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 2**

El contratista dispondrá de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Requisito de la red 5G

Requisito L2.RED5G

Dado que el objeto de este contrato es adquirir una red 5G que permita a i2CAT investigar sobre el desarrollo de algoritmos de gestión de red que puedan ser transferidos a un operador móvil, la red 5G presentada debe cumplir características "carrier-grade", aportando además opciones de configuración relevantes para la investigación en gestión de red que se pretende realizar. El licitador puede acreditar la característica "carrier-grade" aportando evidencias que los elementos de red 5G ofertados se han desplegado en entornos de operador, por ejemplo, mediante la adjudicación al licitador de un RFP lanzado por un operador móvil Tier-1 a nivel europeo.

El licitador puede acreditar que el producto posee opciones de configuración relevantes para la investigación en gestión de red, aportando evidencias de publicaciones certificadas por entes relevantes que documenten algoritmos de gestión de red que hayan sido validados mediante la red 5G ofertada.

En este sentido, se incluyen como entes relevantes: i) congresos o revistas científicas que utilicen revisión por pares, y ii) entregables de proyectos de investigación nacionales o europeos que hayan sido aprobados por la entidad financiadora.

Requisitos de las dos (2) estaciones base 5G outdoor en banda n77

Requisito L2.RADION77

Suministro de dos (2) estaciones base 5G outdoor en banda n77, que integren cabecera de radio y antena en un único equipo, y que cumplan con los siguientes requisitos mínimos:

- Configuración de antena: 4T4R (cuatro transmisores, cuatro receptores).
- Potencia de salida: mínimo 4×15 W por rama TX.
- Rango de operación en frecuencia: 3700 - 3980 MHz.
- Ancho de banda operacional: al menos 100 MHz.
- Soporte de LTE y NR en modo TDD para despliegues mixtos o evolución futura.
- Preparado para instalación outdoor, con protección frente a condiciones ambientales.
- Diseño compacto tipo micro radio que permita una integración sencilla en entornos urbanos o en infraestructuras existentes.

- Capacidad de configuración y operación remota mediante mecanismos compatibles con el entorno definido en el requisito L2.CORE (por ejemplo: ajuste de potencia, activación/desactivación de celdas, reconfiguración de TDD pattern).

Requisitos de las tres (3) estaciones base 5G outdoor en banda n258

Requisitos L2.RADION258

Suministro de tres (3) nodos radio 5G outdoor en banda n258, diseñados como sistemas integrados de antena y radio con capacidad de beamforming activo, adecuados para instalación en poste, pared o azotea, y que cumplan con los siguientes requisitos técnicos mínimos:

- Rango de frecuencias: 24.25 - 27.5 GHz.
- Modo de operación: TDD.
- Ancho de banda total operativo: al menos 800 MHz, configurable en múltiples portadoras.
- Agregación de portadoras (Carrier Aggregation):
 - Hasta 8 portadoras de hasta 100 MHz cada una, contiguas o no contiguas.
 - Se deberá soportar también operación con hasta 4 portadoras en configuraciones reducidas.
- Ancho de banda por portadora (Component Carrier): 50 o 100 MHz.
- Soporte de beamforming dinámico, gestionado internamente por la radio.
- Preparados para despliegue en exteriores, con protección ambiental adecuada.
- Compatibilidad con mecanismos de aprovisionamiento y configuración remota definidos en el requisito L2.CORE (configuración de ancho de banda, activación/desactivación, TDD pattern, etc.).

El proveedor deberá aportar documentación técnica que justifique el cumplimiento de estos requisitos, incluyendo especificaciones de frecuencia, capacidades de agregación, configuración del beamforming y compatibilidad con las APIs de configuración de red.

Requisitos de las funciones de gNodeB

Requisitos L2.GNODEB

El contratista deberá suministrar el/los elementos necesarios para la implementación de las funciones de gNodeB, que proporcionen el procesamiento digital y lógico de las señales y funciones RAN asociadas a las estaciones base en banda n77 y a los nodos radio en banda n258, conforme a los siguientes requisitos:

- El gNodeB deberá estar implementado sobre una unidad de procesamiento dedicada (baseband), instalada en formato rack con una altura máxima de 1U.
- Deberá disponer de, al menos, 12 puertos CPRI o equivalentes, para la interconexión con unidades de radio externas.
- El gNodeB deberá soportar la funcionalidad de NR-NR Dual Connectivity, permitiendo a un terminal de usuario agregar portadoras de forma simultánea entre las bandas suministradas FR1 (n77) y FR2 (n258). El sistema anclará el plano de control en la banda FR1 y agregará dinámicamente la banda FR2 para el plano de datos, gestionando la división del tráfico de usuario entre ambas.
- La baseband deberá permitir el procesamiento simultáneo de múltiples portadoras, tanto en FR1 como en FR2, con capacidad para gestionar funciones de agregación de portadoras, beamforming y MIMO.
- Soporte de sincronización temporal y de fase precisa para operación en modo TDD, mediante el suministro de un sistema GPS que incluya una antena GNSS activa y un

receptor compatible (por ejemplo, GPS03 o equivalente), que permita la sincronización de tramas DL/UL y entre sitios gNodeB conforme a los requisitos de redes 5G.

- Interfaz de gestión remota para la configuración, operación y supervisión del gNodeB, compatible con los mecanismos definidos en el requisito L2.CORE.

El gNodeB podrá estar implementado de forma centralizada o distribuida, según la arquitectura técnica propuesta, y deberá asegurar la compatibilidad con las estaciones base y nodos radio suministrados.

Requisitos de las funciones del core 5G

Requisito L2.5GCORE1

El Core 5G deberá proporcionar:

- APIs abiertas compatibles con Network Exposure Function (NEF), incluyendo al menos:
 - Una API que permita la configuración de un “QoD profile” para un “PDU Session” determinado.
 - Una API donde se reporte el “Tracking Area Code” (TAC) de un UE determinado.
 - Una API que permita asignar UEs a slices. Donde una slice define el UPF al que se ancla la PDU session del UE, y el 5QI configurado para esa PDU session.
- Soporte de escenarios distribuidos (capacidad para mover UPF entre edge y core).
- APIs de soporte a la experimentación, incluyendo al menos:
 - API de analítica que permita la consulta de métricas y KPIs relevantes de radio FR1, FR2 y core (volumen de datos, energía, throughput, latencia, movilidad, resiliencia, etc.), con posibilidad de filtrado avanzado. La granularidad debe ser inferior a 1 minuto.
 - API de experimentación que permita la configuración de la red acorde a modelos de tráfico y la recogida asociada de KPIs.
 - API de aprovisionamiento para parámetros de radio, incluyendo configuración de:
 - Ancho de banda.
 - Potencia.
 - Capas MIMO.
 - Asignación y uso de espectro.
 - TDD pattern de las celdas.
 - Activación/desactivación de celdas.
 - API para la gestión dinámica de slices, incluyendo:
 - Creación, modificación y eliminación de slices.
 - Asociación de slices a suscriptores.
 - Aislamiento de suscriptores.
 - Apagado dinámico de celdas para ahorro de energía.

Se deberá incluir información sobre los endpoints de cada API, indicando métodos, parámetros y ejemplos de uso, con el fin de permitir la verificación de la funcionalidad descrita.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 3**

El contratista dispondrá de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Requisitos de un (1) servidor enracable de altas prestaciones (L3.NodoEstandar)

Requisito L3.NodoEstandar1: Sistema

El servidor deberá contar, como mínimo, con las siguientes características estructurales, arquitectónicas y de expansión:

- Factor de forma: servidor enracable de 2U.
- Arquitectura acelerada integrada: al menos dos módulos de cómputo unificado, cada uno compuesto por una CPU de 72 núcleos basada en arquitectura ARM v9 y un acelerador de propósito general con memoria de alto ancho de banda, conectados mediante un enlace coherente de baja latencia. Esta integración deberá estar basada en una arquitectura de tipo Grace Hopper o equivalente, es decir, que combine CPU ARM y GPU en un mismo módulo con memoria compartida y comunicación coherente (ej. NVLink-C2C o tecnología similar).
- Memoria total del sistema: al menos 960 GB LPDDR5X ECC.
- Memoria gráfica total: mínimo 288 GB HBM3e.
- Almacenamiento interno: al menos 1 unidad NVMe M.2 de 3.8 TB.
- Ranuras de expansión: mínimo 3 ranuras PCIe Gen5 x16 FHFL y 1 ranura PCIe Gen5 x4.
- Fuentes de alimentación: 4 fuentes redundantes (2+2) de 2000 W con eficiencia 80 PLUS Titanium o equivalente.
- Refrigeración: sistema con 6 ventiladores de alto rendimiento hot-swap, con control automático de velocidad.

Requisito L3.NodoEstandar2: Unidad de procesamiento acelerado

El servidor deberá incorporar dos módulos de aceleración unificada, con las siguientes características:

- CPU integrada: arquitectura ARM v9 con 72 núcleos.
- GPU integrada: acelerador de propósito general basado en arquitectura equivalente a H100, con un mínimo de 144 GB de memoria HBM3e por módulo.
- Memoria compartida: mínimo 480 GB de LPDDR5X ECC por módulo, accesible tanto por la CPU como por la GPU sin necesidad de copias intermedias.
- Interconexión CPU-GPU: canal de comunicación de baja latencia y alto ancho de banda (mínimo 900 GB/s) que permita ejecución coordinada de tareas y transferencia directa de datos entre CPU y GPU.
- Interconexión entre módulos: los dos módulos deberán estar conectados entre sí mediante un canal de comunicación de alta velocidad para operación conjunta.
- Uso previsto: optimizado para aplicaciones de IA, entrenamiento y despliegue de modelos, procesamiento de datos intensivo y entornos de virtualización exigentes.

Requisito L3.NodoEstandar3: Características adicionales

El servidor deberá incluir, como mínimo, las siguientes capacidades adicionales para su integración en entornos de laboratorio o producción:

- Almacenamiento incluido: 1 unidad SSD NVMe PCIe Gen4 de 3.8 TB (formato M.2).
- Conectividad de red:
 - Al menos 2 interfaces de red de 25 GbE (SFP28).
 - Al menos 1 interfaz de gestión de 1 GbE RJ45 con acceso al BMC.
- Gestión remota:
 - Soporte para IPMI 2.0, Redfish.
 - Acceso al controlador BMC con interfaz web segura.
- Seguridad hardware: módulo TPM 2.0 o funcionalidad equivalente integrada.
- Compatibilidad software: compatible con firmware UEFI, sistemas operativos basados en Linux para arquitectura ARM y plataformas de contenedores.

- Garantía: garantía mínima de 2 años sobre el sistema completo, incluyendo componentes y ensamblaje.

Requisito L3.NodoEstandar4: Elementos de integración y puesta en marcha

El servidor deberá suministrarse con los elementos necesarios para garantizar su puesta en marcha inmediata.

Deberán incluirse, como mínimo:

- Los cables de alimentación compatibles con las fuentes de 2000 W instaladas.
- Al menos dos transceptores SFP28 (25 GbE) compatibles con los puertos de red del servidor.
- Al menos dos cables DAC o cables ópticos compatibles con los SFP28, con una longitud mínima de 7 metros.

Requisitos de un (1) servidor enracable de altas prestaciones (L3.NodoARM)

Requisito L3.NodoARM1: Sistema

El servidor deberá contar, como mínimo, con las siguientes características estructurales, arquitectónicas y de expansión:

- Factor de forma: servidor enracable de 2U.
- Arquitectura: sistema multiprocesador basado en arquitectura ARM de propósito general, con al menos dos procesadores independientes montados en zócalo.
- Memoria del sistema: mínimo 512 GB DDR4 ECC, configurada mediante módulos RDIMM a 3200 MHz.
- Capacidad de expansión: al menos 4 ranuras PCIe Gen4 x16 (FHFL o FHHL), más 4 ranuras adicionales PCIe Gen4 x8 LP.
- Almacenamiento interno: mínimo 2 unidades SSD NVMe PCIe Gen4 de 1.92 TB en formato U.2 de 2.5".
- Fuentes de alimentación: 2 fuentes redundantes de 2000 W con eficiencia mínima 80 PLUS Platinum.
- Refrigeración: sistema con ventiladores de alto rendimiento y control automático.

Requisito L3.NodoARM2: Procesadores

El servidor deberá incluir como mínimo:

- 2 procesadores basados en arquitectura ARM v8.2+, con tecnología de 7 nm.
- Cada procesador deberá disponer de al menos 128 núcleos a 3.0 GHz.
- Potencia térmica máxima por procesador: ≤ 250 W.
- Soporte para instrucciones vectoriales y ejecución fuera de orden.
- Capacidad total de memoria soportada: ≥ 2 TB por procesador.

Requisito L3.NodoARM3: Aceleradores

El servidor deberá integrar al menos 2 aceleradores gráficos de propósito general con las siguientes características:

- Conectividad PCIe Gen4 x16.
- Memoria gráfica dedicada: mínimo 48 GB GDDR6 por acelerador.

- Capacidad de procesamiento paralelo orientada a entornos de virtualización, inteligencia artificial, gráficos o cómputo científico.
- Compatibles con arquitecturas ARM y sistemas Linux.
- Nivel de prestaciones equivalente o superior al de una GPU tipo L40S en términos de capacidad de cómputo, eficiencia energética y uso profesional en centros de datos.

Requisito L3.NodoARM4: Conectividad y gestión

El servidor deberá contar como mínimo con:

- 2 interfaces de red de 25 GbE (SFP28), a través de una tarjeta de red PCIe integrada.
- 1 interfaz de gestión (RJ45) dedicada para control remoto.
- Soporte de gestión remota mediante IPMI 2.0 y Redfish.
- Acceso a BMC con interfaz gráfica vía navegador web.
- Compatibilidad con sistemas operativos Linux sobre arquitectura ARM (por ejemplo: Ubuntu, Debian, RHEL, SLES, Oracle Linux).

Requisito L3.NodoARM5: Seguridad y garantía

- El servidor deberá integrar un módulo TPM 2.0 o funcionalidad equivalente.
- El suministro deberá incluir una garantía mínima de 2 años sobre componentes y ensamblaje completo del sistema, incluyendo fuentes, placa base, memoria, CPU, GPU y almacenamiento.

Requisito L3.NodoARM6: Elementos de integración y puesta en marcha

Para garantizar su despliegue inmediato, el servidor deberá suministrarse con al menos:

- Cables de alimentación compatibles con las fuentes instaladas.
- Dos transceptores SFP28 (25 GbE) compatibles con la tarjeta de red instalada.
- Dos cables DAC o cables ópticos compatibles con dichos transceptores, con una longitud mínima de 7 metros.

○ Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 4

El contratista dispondrá de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Requisitos del emulador de canales de radio (L4.EMUC)

Requisito L4.EMUC1: Puertos RF

El dispositivo debe disponer de un mínimo de 8 puertos de transmisión y recepción bidireccionales (TRX) y 8 puertos de transmisión unidireccionales adicionales. Todos los puertos deben utilizar conectores SMA hembra. Los puertos deben soportar desvanecimiento en configuración bidireccional y unidireccional.

Requisito L4.EMUC2: Canales de desvanecimiento MIMO

El dispositivo debe soportar al menos 8 canales digitales de desvanecimiento y permitir la emulación de sistemas MIMO de hasta 4×4, aplicando desvanecimiento independiente por enlace entre antenas.

Requisito L4.EMUC3: Rango de frecuencias

El dispositivo debe poder operar en un rango de frecuencias comprendido entre 450 MHz y 6 GHz.

Requisito L4.EMUC4: Ancho de banda instantáneo de la señal

El dispositivo debe ofrecer un ancho de banda instantáneo de al menos 200 MHz por canal TRX habilitado, y permitir pruebas con ancho de banda extendido de hasta 1.6 GHz en al menos 2 canales TRX simultáneos.

Requisito L4.EMUC5: Perfiles de desvanecimiento rápido

El software del dispositivo debe permitir aplicar perfiles de desvanecimiento rápidos compatibles con el estándar 3GPP TR38.901. Cada canal debe poder configurarse de forma independiente con perfiles como Rayleigh, Rice, Doppler, Nakagami, Gaussian, Jakes y definidos por el usuario.

Requisito L4.EMUC6: Perfiles de retardo

El software debe permitir la configuración de perfiles de retardo de canal como constante, deslizante, nacimiento-muerte (birth-death), grupo de retardo deslizante y definidos por el usuario, aplicables individualmente a cada canal digital.

Requisito L4.EMUC7: Caminos de desvanecimiento por canal

El dispositivo debe permitir configurar hasta 48 trayectorias de desvanecimiento por cada canal digital.

Requisito L4.EMUC8: Retardo

El dispositivo debe admitir un retardo mínimo inferior a 1.8 microsegundos y un retardo máximo de al menos 335 microsegundos.

Requisito L4.EMUC9: Ajuste automático del nivel de entrada

El sistema debe disponer de ajuste automático del nivel de entrada, con soporte tanto para mediciones continuas como en modo ráfaga (burst).

Requisito L4.EMUC10: Separación uplink / downlink

El dispositivo debe permitir configurar de forma independiente la separación entre canales de subida (uplink) y bajada (downlink).

Requisito L4.EMUC11: Control remoto

El dispositivo debe soportar control remoto mediante comandos SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), a través del protocolo de red Ethernet.

Requisito L4.EMUC12: Puertos auxiliares

Además de los puertos RF mencionados anteriormente, el dispositivo debe disponer de los siguientes puertos:

- Puerto para señal de referencia de 10MHz (IN y OUT).
- Puerto de activación hardware para inicio y parada de la emulación.
- Puertos de sincronización con otros dispositivos idénticos.

Requisito L4.EMUC13: Modelos de canal

El software del dispositivo debe incluir modelos de canal conformes con los estándares 3GPP, incluyendo 5G NR (TDL, FR1 y FR2), LTE, WCDMA, GSM y modelos estáticos para MIMO.

○ **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 5**

El contratista dispondrá de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Requisitos de una (1) plataforma dron (L5.DRON)

Requisito L5.DRON1: Plataforma aérea

La plataforma aérea no tripulada deberá cumplir, como mínimo, con las siguientes especificaciones técnicas:

- Tipo de configuración: multirrotor (quadróptero), estructura plegable y modular.
- Materiales: estructura fabricada en fibra de carbono y aluminio aeronáutico.
- Dimensiones (plegado): $\leq 500 \times 500 \times 450$ mm.
- Dimensiones (desplegado): distancia diagonal motor a motor ≤ 1320 mm.
- Peso sin baterías: $\leq 10,4$ kg.
- Peso máximo al despegue (MTOM): $\geq 34,9$ kg (incluyendo carga útil y baterías).
- Carga útil máxima soportada: $\geq 15,9$ kg.
- Velocidad horizontal máxima: ≥ 90 km/h.
- Velocidad vertical (ascenso/descenso): ≥ 5 m/s.
- Altitud operativa máxima: ≥ 5000 m sobre el nivel del mar.
- Ángulo máximo de inclinación: $\geq 35^\circ$.
- Tiempo máximo de vuelo: ≥ 20 minutos con 9 kg de carga útil (según configuración de baterías).
- Tiempo de despliegue: ≤ 5 minutos, sin necesidad de herramientas.
- Sistema de propulsión: 4 motores eléctricos brushless, con hélices plegables de 33".
- Resistencia al viento: ≥ 40 km/h.
- Protección ambiental estimada: IP42 (estructura abierta, sin encapsulado adicional).
- Posicionamiento satelital: compatible con sistemas GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou.

Requisito L5.DRON2: plataforma de control

La solución deberá incluir una plataforma de control en tierra con las siguientes características:

- Mando de control físico dual (joysticks + botones programables).
- Pantalla integrada táctil, de tipo tablet, con resolución mínima de 1920×1200 píxeles.
- Sistema operativo basado en Android o Linux.
- Compatibilidad con software de misión estándar (por ejemplo, QGroundControl, MAVLink).
- Comunicaciones mediante enlace de radiofrecuencia cifrada.
- Alcance mínimo del enlace de control: ≥ 20 km (en condiciones ideales, línea de vista).
- Conectividad adicional: WiFi 6, Bluetooth 5.1, puertos USB (tipo A o C).
- Batería interna: ≥ 6500 mAh.
- Grado de protección mínimo: IP54.

Requisito L5.DRON3: Batería de vuelo

El adjudicatario deberá tener en cuenta la compatibilidad con baterías de vuelo con las siguientes especificaciones mínimas:

- Tipo: batería de polímero de litio (LiPo) de 12 celdas (12S).
- Capacidad mínima por unidad: 16.000 mAh.
- Voltaje nominal: 44,4 V.
- Energía total estimada (2 unidades): ≥ 700 Wh.
- Montaje: configuración dual sobre la estructura de la plataforma.
- Requisitos de seguridad: celdas balanceadas, protección frente a descarga profunda, compatibilidad con BMS externo.

Requisito L5.DRON4: Sistemas adicionales y garantía

La solución deberá contar con los siguientes sistemas adicionales integrados de serie:

- Función de retorno automático al punto de origen (RTH) ante pérdida de señal o batería crítica.
- Canal de telemetría en tiempo real, con visualización de datos de posición, velocidad, nivel de batería y estado del sistema.
- Sistema de programación de misiones basado en waypoints, geocercas y configuración de parámetros de vuelo.
- Interfaces de expansión: puertos UART, CAN y alimentación auxiliar para integración de cargas útiles o sensores adicionales.
- Transmisión de vídeo HD desde cámara embarcada (si se conecta), visible desde la pantalla de la estación de control.
- El suministro deberá incluir una garantía mínima de 1 año sobre el sistema completo, incluido componentes y embalajes.

Requisitos de una (1) plataforma robótica (L5.ROBOT)

Requisito L5.ROBOT: Requisitos generales

La plataforma robótica móvil debe cumplir con las siguientes características:

- Especificaciones mecánicas
 - Dimensiones aproximadas en posición erguida: 70 × 31 × 40 cm
 - Dimensiones aproximadas en posición agachada: 76 × 31 × 20 cm
 - Peso total (con batería): ≤ 15 kg
 - Material de la estructura: Aleación de aluminio y polímero técnico de alta resistencia
- Rendimiento y locomoción
 - Tipo de locomoción: estructura cuadrúpeda articulada, con cuatro patas mecánicas activas y locomoción mediante actuadores eléctricos.
 - Velocidad máxima: 3,5 m/s
 - Capacidad de superar obstáculos de al menos 16 cm de altura
 - Ángulo máximo de ascenso: 40°
 - Carga útil operativa: ≥ 8 kg, con un máximo recomendado de 10 kg
 - Acciones dinámicas básicas disponibles (marcha, salto, postura adaptativa, etc.)
- Articulaciones y movilidad
 - Total de 12 grados de libertad activos (3 por pata)
 - Torque máximo por articulación (rodilla): 45 N·m
 - Rango de movimiento aproximado:
 - Cuerpo: -48° a +48°
 - Muslo: -200° a +90°
 - Pierna: -156° a -48°
 - Sistema de refrigeración térmica mediante tubos de calor en las articulaciones
 - Circuito de control integrado en cada articulación
- Electrónica y energía
 - Voltaje operativo: 28 V – 33,6 V
 - Potencia máxima en carga: ~3000 W
 - Batería estándar incluida: 8000 mAh
 - Autonomía estimada: 1 a 2 horas
 - Cargador estándar: 33,6 V / 3,5 A

- Sensores embarcados
 - LiDAR 3D de super gran angular (360° horizontal × 90° vertical) integrado
 - Cámara gran angular HD frontal
 - Módulo de posicionamiento y seguimiento vectorial inalámbrico para funciones autónomas (e.g. seguimiento lateral inteligente)
 - IMU interna para estimación de actitud y navegación
 - Linterna LED frontal integrada para entorno con baja luminosidad
- Comunicaciones
 - WiFi 6 de doble banda (2,4 / 5 GHz)
 - Bluetooth 5.2, retrocompatible con versiones anteriores
 - Módulo 4G LTE con soporte para eSIM
 - Función de voz y sistema de respuesta integrada
- Control y operación
 - Sistema de seguimiento lateral inteligente.
 - Capacidad de detección y evitación de obstáculos en tiempo real
 - Interfaz de usuario con actualización OTA (Over-the-Air)
 - Soporte para programación mediante interfaz gráfica
- Entrega y accesorios mínimos
 - El suministro deberá incluir al menos:
 - Plataforma robótica con todos los sensores integrados de serie
 - Batería estándar (8000 mAh) instalada o separada
 - Cargador compatible con la batería estándar
 - Controlador remoto inalámbrico
 - Cableado y conectores necesarios para su uso inmediato
 - Documentación técnica y manual de usuario en español o inglés
- Garantía
 - El suministro deberá incluir una garantía mínima de 1 año sobre el sistema completo, incluido componentes y embalajes.
 - **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 6**

El contratista dispondrá de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Requisitos de los dos (2) dispositivos Universal Software Radio Peripheral (USRP) (L6.USRP)

Requisito L6.USRP1: Chasis y sistema principal

Cada uno de los dos dispositivos de radio definida por software deberá proporcionar, como mínimo, las siguientes características relativas a su arquitectura física, capacidad de procesamiento y conectividad:

- Plataforma SDR en formato compacto (≤ 270 mm ancho × 220 mm fondo × 45 mm alto), tipo sobremesa o apilable.
- Basada en FPGA programable de gama alta con las siguientes características mínimas:
 - ≥ 400.000 celdas lógicas (LUTs)
 - ≥ 1.500 bloques DSP integrados
 - Frecuencia operativa de usuario: ≥ 200 MHz
- Memoria interna de alta velocidad: al menos 1 GB de RAM DDR3 para buffering y procesamiento en FPGA.

- Interfaces de comunicación con el host:
 - 2× puertos SFP+ 10 Gigabit Ethernet, cada uno con capacidad ≥ 200 MS/s por canal full-duplex.
 - 1× interfaz PCI Express Gen2 x4, con ancho de banda $\geq 1,6$ GB/s.
 - 1× puerto Ethernet 1G adicional para control o configuraciones ligeras.
 - 1× puerto USB tipo B o micro-USB para acceso JTAG/UART.
- Entradas/salidas auxiliares:
 - Conector de reloj de referencia externo (10 MHz).
 - Entrada PPS (pulso por segundo) para sincronización temporal.
 - 8 GPIO configurables.
 - Conectores SMA para reloj, señal, referencia y RF.
- Requisitos de alimentación:
 - Alimentación externa a 12 VDC.
 - Consumo total ≤ 50 W con todos los módulos instalados.
 - Incluye fuente con protecciones contra sobrecorriente y polaridad inversa.

Requisito L6.USRP2: Módulos de radiofrecuencia (2 unidades por equipo)

Cada unidad deberá incluir dos módulos de RF full-duplex independientes, con las siguientes especificaciones mínimas por módulo:

- Rango de frecuencia continua: de 10 MHz a 6 GHz, sin necesidad de convertidores externos.
- Ancho de banda instantáneo por canal: ≥ 160 MHz en transmisión y recepción
- Arquitectura full-duplex: rutas TX y RX separadas, cada una con su propio LO (local oscillator).
- Conversión directa: conversión analógica-digital sin superheterodino intermedio.
- Ganancia programable:
- TX y RX: ajustable entre 0 y 31,5 dB en pasos de $\leq 0,5$ dB.
- Potencia de salida RF:
 - ≥ 20 dBm en bandas hasta 3 GHz.
 - ≥ 10 dBm entre 3 y 6 GHz.
- Sensibilidad y linealidad:
- Factor de ruido ≤ 10 dB.
- IIP3 (intermodulación en recepción) ≥ 8 dBm.
- Calidad de señal:
- Desbalance IQ: ≤ -30 dBc.
- Rechazo de canal imagen: ≥ 30 dBc.
- Conectores: SMA hembra 50 ohmios.
- Compatibilidad con sincronización multicanal (operación coherente MIMO).

Requisito L6.USRP3: módulo GPS (1 unidad por equipo)

Cada equipo deberá incorporar un módulo de oscilador disciplinado por GPS (GPSDO), montado internamente, con las siguientes características mínimas:

- Oscilador OCXO sincronizable mediante señal GPS.
- Frecuencia de referencia: 10 MHz.
- Pulso por segundo (PPS) con precisión absoluta respecto a UTC: ± 50 ns.
- Deriva de fase tras sincronización: ≤ 20 ns por hora.
- Salidas disponibles: 10 MHz y PPS a través de conectores SMA.
- Interfaz para antena GPS externa.
- Capacidad de sincronización externa entre múltiples dispositivos.

Requisito L6.USRP4: Capacidad de procesamiento y desarrollo

Cada dispositivo deberá ser totalmente programable, compatible con herramientas estándar y habilitado para el desarrollo de procesamiento digital personalizado sobre FPGA:

- Compatibilidad con sistemas operativos Linux y Windows.
- APIs disponibles en C++ y Python.
- Soporte para entornos GNU Radio, MATLAB/Simulink, LabVIEW u otros.
- Arquitectura modular de procesamiento digital (RFNoC o equivalente).
- Soporte para desarrollo de bloques lógicos personalizados mediante herramientas estándar de síntesis HDL (por ejemplo, Xilinx Vivado o equivalente).
- Capacidad de sincronización temporal y de frecuencia mediante entrada externa (10 MHz + PPS).

Requisito L6.USRP5: Accesorios incluidos

Cada unidad deberá suministrarse completamente operativa e incluir los siguientes elementos de forma obligatoria:

- Chasis SDR con FPGA, interfaces completas y fuente de alimentación externa.
- Dos módulos de radiofrecuencia instalados.
- Un módulo GPSDO integrado.
- Cable de red Ethernet (mínimo 1G).
- Cable o adaptador compatible con interfaz SFP+ (10G).
- Cable USB para configuración/JTAG.
- Mínimo cuatro cables SMA (para RF y sincronización).

Requisito L6.USRP6: Condiciones ambientales

Cada dispositivo deberá cumplir con los siguientes requisitos ambientales y reglamentarios:

- Rango de temperatura operativa: de 0 °C a 40 °C.
- Humedad relativa: entre 10 % y 90 %, sin condensación.
- Cumplimiento de normativa RoHS y otras normativas de compatibilidad electromagnética y seguridad eléctrica aplicables.

Requisito L6.USRP7: Garantía

El suministro de cada unidad USRP deberá incluir una garantía mínima de 1 año sobre el sistema completo, incluido componentes y embalajes.

Requisitos de los dos (2) conversores de frecuencia (L6.FRCONV)**Requisito L6.FRCONV1: Chasis y rendimiento**

Cada uno de los dos conversores de frecuencia deberá proporcionar, como mínimo, las siguientes características relativas a su arquitectura física y rendimiento:

- Arquitectura SDR con topología bidireccional.
- Rango de frecuencia de operación RF: de 24 a 44 GHz.
- Rango de frecuencia de operación IF: de 0.01 a 14 GHz.
- Rango de frecuencia de oscilador local (LO): de 24 a 44 GHz, con una resolución de 0.01 MHz.

- Pérdida de conversión (Conversion Loss) típica: 13 dB.
- Punto de compresión P1dB de salida (Tx Output P1dB) en RF: ≥ 0 dBm.
- Punto de compresión P1dB de entrada (Rx Input P1dB) en RF: ≥ 10 dBm.
- Aislamiento IF a RF: ≥ 12 dB (sin filtro).
- Aislamiento RF a IF: ≥ 18 dB (sin filtro).
- Fugas de LO a RF e IF (Lo to RF/IF Leakage): ≤ -22 dBm.
- Conectores RF: un conector de 2.4 mm en el panel frontal para cada canal.
- Conectores IF: un conector de 2.92 mm en el panel frontal para cada canal.
- Diseño compacto del chasis principal de dimensiones no superiores (sin conectores) a: 121 mm de largo \times 155 mm de ancho \times 70 mm de alto.
- Peso total: < 1 Kg.

Requisito L6.FRCONV2: Sincronización y control

Cada conversor deberá incluir capacidades de reloj de referencia y control remoto:

- Reloj de referencia: Oscilador de cristal de horno de alta precisión (OCXO).
- Salida de reloj de 10 MHz a través de conector BNC.
- Entrada/Salida de reloj de 100 MHz a través de conector SMA.
- Estabilidad del reloj de referencia: ± 50 ppb en el rango de temperatura de -30 °C a $+70$ °C.
- Interfaces de comunicación con el host: puerto Ethernet LAN para el control de la frecuencia del oscilador local (LO).
- APIs de control compatibles con lenguajes de programación como C#, C/C++, Python y LabVIEW.
- Tiempo de conmutación (Switch time): ≤ 100 ms.
- Sistemas operativos compatibles: Windows 7, 8 y 10.

Requisito L6.FRCONV3: Amplificadores (1 por equipo)

Cada uno de los dos equipos deberá incluir un amplificador con las siguientes características mínimas:

- Rango de frecuencia de operación: de 20 a 40 GHz.
- Ganancia de señal pequeña (Small Signal Gain):
 - Entre 20 y 30 GHz: ≥ 15 dB.
 - Entre 30 y 40 GHz: ≥ 18 dB.
- Figura de ruido (Noise Figure) típica: 7 dB.
- Punto de compresión P1dB de salida (Output P1dB): ≥ 18 dBm.
- Pérdida de retorno de entrada (S11) típica: -7 dB.
- Pérdida de retorno de salida (S22) típica: -10 dB.
- Conectores RF: 2.92 mm hembra.
- Dimensiones (sin conectores): 50 mm de largo \times 15,5 mm de ancho \times 15 mm de alto.
- Adaptador de corriente de 12V.

Requisito L6.FRCONV4: Antenas (1 por equipo)

Cada equipo deberá incluir una antena con las siguientes especificaciones mínimas:

- Rango de frecuencia de operación: de 27 a 29 GHz.
- Ganancia de antena (Gain) típica: 7.5 dB.
- Pérdida de retorno (Return Loss): ≥ 10 dB.
- Patrón de radiación: omnidireccional en el plano horizontal y alta directividad en el plano vertical.

- Conector coaxial: 2.92 mm (K-type).
- Tipo de antena: Coaxial Co-linear (COCO).
- Dimensiones: 66.5 mm de largo × 12.5 mm de ancho × 12.5 mm de alto.
- Peso: 12 g.
- Material: PCB.

Requisito L6.FRCONV5: Accesorios

Cada unidad deberá suministrarse completamente operativa e incluir los siguientes elementos de forma obligatoria:

- Un adaptador RF: 2.4 Plug - 2.92 Jack.
- Un adaptador RF 2.92 Plug - 2.92 Plug.
- Una fuente de alimentación externa para la puesta en marcha del conversor de frecuencia.

Requisito L6.FRCONV6: Garantía

El suministro de cada unidad de conversor de frecuencia deberá incluir una garantía mínima de 1 año sobre el sistema completo, incluido componentes y embalajes.

7. Formas de seguimiento y control de la ejecución de las condiciones

El órgano de contratación designará a una persona que asumirá el control y la coordinación de la ejecución contractual con el contratista de cada lote, a fin de tratar directamente las cuestiones relacionadas con el desarrollo normal de las tareas indicadas en este Pliego.

El contratista de cada lote debe designar a una persona responsable a quien encargar la gestión de la ejecución del contrato y que deberá garantizar la calidad de la prestación objeto de este Pliego, tratando directamente las cuestiones relacionadas con el desarrollo normal de las tareas indicadas en este Pliego con la persona interlocutora designada por el órgano de contratación.

Al inicio del contrato se acordarán las correspondientes reuniones de seguimiento entre el adjudicatario de cada lote y el equipo técnico de la Fundació i2CAT. El objetivo de las reuniones será evaluar el progreso del contrato e intervenir en la reorientación del mismo en caso de considerarse necesario por el equipo técnico de la Fundació i2CAT. Las reuniones serán de carácter periódico e ineludible.

La Fundació i2CAT se reserva la posibilidad de solicitar informes de justificación económica que permitan dar un correcto seguimiento al nivel de ejecución del gasto del contrato. Los informes podrán tener una periodicidad semestral. Igualmente, la Fundació i2CAT se reserva la posibilidad de solicitar la participación de expertos externos en todas las reuniones. En caso necesario, se solicitará a dichos expertos que firmen un acuerdo de confidencialidad.

Barcelona, a fecha de la última firma digital

El Órgano de Contratación

Sr. Sergi Figuerola Fernández
Director

Sr. Joan Manel Martín Almansa
Director ejecutivo