

**Pliego de prescripciones técnicas para la adquisición, despliegue y puesta en marcha de equipamiento QKD de variable discreta para el proyecto 6GQuCryptoLab, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia - NextGenerationEU a través del proyecto 6GQuCryptoLab: Laboratorio de Criptografía Cuántica 6G (TSI-064100-2023-14)**

**Número de expediente: 2025061600**

El contenido de estas prescripciones técnicas deriva del proyecto 6GQuCryptoLab: Laboratorio de Criptografía Cuántica 6G (TSI-064100-2023-14) aprobado en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia - NextGenerationEU.

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 Requisitos mínimos establecidos en este Pliego quedará automáticamente excluida de la licitación.

## 1. Contexto

El órgano de la presente contratación (Fundació 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 Fundació 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 de una plataforma compuesta por un (1) transmisor y un (1) receptor DV-QKD;
2. El suministro de una plataforma compuesta por un (1) transmisor y un (1) receptor CV-QKD;
3. El suministro de equipamiento experimental QKD con fotones entrelazados incluyendo: (1) módulo de control y medida, un (1) módulo óptico fuente de fotones entrelazados, un (1) módulo óptico de experimentación QKD, un (1) módulo óptico de tomografía de estados cuánticos (TOM), un (1) módulo óptico de interferencia de campos (MI), un (1) módulo óptico de medida del efecto HOM y un (1) módulo óptico de interferencia HBT;

4. El suministro de un (1) analizador de espectro óptico y accesorios;
5. El suministro de un (1) kit de óptica adaptativa en configuración “woofer-tweeter” con equipamiento y accesorios según Requisitos.
6. El suministro de un (1) generador de señales digitales, 5G y Lora, un (1) analizador de espectro de radiofrecuencia (ESA), un (1) osciloscopio y cables según requisitos;
7. El suministro de una plataforma de monitorización de propiedades ópticas atmosféricas conformada por: un (1) monitor de cielo, una (1) cámara 360° infrarroja, un (1) sistema de seguimiento automático y un (1) módulo perfilador de turbulencia diurna.
8. El suministro de dos (2) servidores de claves (KMS) con compatibilidad con sistemas QKD.
9. El suministro y la instalación de dos (2) bancos ópticos, ocho (8) soportes, dos (2) tableros ópticos (“breadboard”) y dos (2) estructuras de soporte de tableros ópticos.
10. El suministro de un (1) equipo láser con cuatro (4) fuentes de luz láser integradas, cuatro (4) láseres de diodo con monturas, una (1) consola de medición de potencia, una (1) interfaz USB de medición de potencia, dos (2) fotodiodos calibrados medidores de potencia, accesorios requeridos, cuatro (4) atenuadores ópticos sintonizables, ópticas listadas en los Requisitos, componentes optomecánicos, tornillería y herramienta listados en los Requisitos, fibras ópticas según Requisitos, y un *kit extensor fotones entrelazados en polarización*.

En el presente documento se establecen los requisitos, se concretan los trabajos y se definen las obligaciones que se derivan de la contratación de empresas para alcanzar los objetivos listados en los puntos anteriores.

Las determinaciones establecidas en el presente Pliego de prescripciones Técnicas, así como las contenidas en el Pliego de Cláusulas 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 dentro de la Inversión 6 (L5) “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.

En el ámbito de la ciberseguridad, los sistemas de distribución de llave cuántica (QKD por sus siglas en inglés, *quantum key distribution*) prometen comunicaciones incondicionalmente seguras contra la amenaza del computador cuántico gracias a distribuir claves criptográficas compartidas y seguras gracias a las leyes de la mecánica cuántica.

Este proyecto permitirá establecer un laboratorio de pruebas que permita experimentar con enlaces QKD punto a punto y en red, habilitado tanto para la transmisión en espacio libre, en segmento espacial (satelital), como a través de fibra óptica y así compatible con las redes de telecomunicaciones actuales. El laboratorio de prueba y evaluación estará disponible para la investigación interna, así como para entidades externas que quieran probar o co-desarrollar sus sistemas y componentes, y para quienes estén interesados en adquirir experiencia práctica en el uso de QKD.

La misión de 6GQuCryptolab es completar los testbeds de i2CAT con las tecnologías de criptografía cuántica y convertirla en una infraestructura puntera para la investigación en seguridad cuántica aplicada a 5G+/6G, preparada para proporcionar servicios de experimentación a múltiples investigadores de forma concurrente, abierta a grupos de i2CAT y al resto del ecosistema, equipada con la última tecnología y con capacidad de

colaboración e interconexión con otras infraestructuras. Esta misión se articula a través de los siguientes 3 grandes objetivos:

- Incorporar las capacidades tecnológicas de criptografía cuántica, de QKD, en los testbeds de i2CAT para apoyar las líneas de investigación estratégicas en 5G+ / 6G de la institución y su ecosistema cercano (universidades catalanas, centros de investigación del CERCA, socios españoles habituales en proyectos de I+D competitivos), garantizando una investigación competitiva y de calidad.
- Llevar a cabo integraciones, definir procedimientos y desplegar herramientas para obtener una infraestructura de investigación conectable y conectada a la infraestructura de i2CAT actual, a la nueva infraestructura 6GQuCryptoLab en despliegue, abierta al ecosistema español de I+D en 5G avanzado y 6G.
- Explorar la complementariedad de 6GQuCryptoLab con otras infraestructuras similares y complementarias, evaluando posibilidades de interconexión y ejecutando al menos una interconexión con una de las infraestructuras seleccionadas.

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

- 6GQuCryptoLab-H1.1. Adquirir y poner en marcha equipos QKD, un segmento QKD punto-a-punto con un equipo origen un destino, enfocados a su integración en segmento espacial, cuyo medio de transmisión es el espacio libre, con tramo atmosférico y tramo de espacio vacío; habitualmente estos equipos utilizan protocolos QKD basados en variable discreta, DV-QKD (*Discrete Variable* QKD, por sus siglas en inglés).
- 6GQuCryptoLab-H1.2. Adquirir y poner en marcha equipos QKD, un segmento QKD punto-a-punto con un equipo origen un destino, enfocados a su integración en redes actuales basada en fibra óptica; habitualmente estos equipos utilizan protocolos QKD basados en variable continua, CV-QKD (*Continuous Variable* QKD, por sus siglas en inglés), especialmente indicada para su despliegue y compatibilidad con las infraestructuras habitualmente utilizadas por los operadores de redes ópticas de comunicaciones basadas en fibra.
- 6GQuCryptoLab-H1.3. Adquirir y poner en marcha un equipo experimental de fotones entrelazados con capacidad de experimentar con protocolos QKD basados en entrelazamiento. El aprendizaje e investigación en los mecanismos de entrelazamiento son fundamentales para el desarrollo de la Internet Cuántica, constituyen los bloques fundamentales para la construcción del futuro repetidor cuántico y permite el desarrollo de una familia de protocolos QKD basados en entrelazamiento.
- 6GQuCryptoLab-H1.4. Adquisición e instalación de equipos generales de laboratorio de óptica láser para escenarios en laboratorio compatibles tanto con fibra como con espacio libre.
- 6GQuCryptoLab-H1.5. Adquirir y poner en marcha una plataforma de dispositivos QRNG para la experimentación de generación de números aleatorios de tipo TRNG (*true number random generation*) y conectable con aplicaciones.

- **6GQuCryptoLab-H1.6.** Adquirir y poner en marcha equipamiento de red necesario para la integración de componentes en red y en escenarios de commutación y multiplexación óptica.
- **6GQuCryptoLab-H1.7.** Adquisición y puesta en marcha de un equipamiento de monitorización atmosférica para complementar una estación terrestre de enlace de comunicaciones ópticas con satélite. El equipamiento incluye cámaras espectrales, unidades de seguimiento y módulo de análisis de nubes, entre otros.
- **6GQuCryptoLab-H1.8.** Adquirir y poner en marcha equipos de nivel 3, con capacidad para establecer aplicaciones de seguridad y habilitados con los conectores necesarios para obtener las claves criptográficas de los equipos experimentales QKD; estos conectores habilitan para interaccionar según los estándares ETSI GS QKD relevantes.

### **3. Objeto del contrato o necesidad a cubrir**

El presente Pliego tiene por objeto establecer las prescripciones técnicas que regirán la realización de la prestación como parte del proyecto “6GQuCryptoLab: Laboratorio de Criptografía Cuántica 6G”, en el marco del “Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia”, definiendo así sus cualidades.

Este contrato se centra en actividades relacionadas con el Paquete de Trabajo 3 (PT3) del proyecto “6GQuCryptoLab”. El PT3 tiene los siguientes objetivos:

1. Adquirir los distintos equipos necesarios para cada uno de los componentes individuales de la infraestructura 6GQuCryptoLab (actividades A3.1 - A3.11).
2. Instalar y poner en marcha los distintos equipos, integrándose en el seno de cada componente individual de 6GQuCryptoLab.
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, implementar las modificaciones oportunas especificadas por el PT4 para permitir la integración de todos los componentes en una infraestructura coherente bajo el paraguas de 6GQuCryptoLab.
5. Durante la Fase 3, modificar o actualizar las configuraciones necesarias para adaptar los Requisitos de interconexión con otra infraestructura.
6. Corregir errores o defectos detectados durante las pruebas de validación de la infraestructura completa llevada a cabo en el PT3.

El paquete de trabajo 3 contempla 10 actividades de las cuales forman parte del objeto de este contrato las actividades A3.1, A3.2, A3.4, A3.5, A3.6 y A3.10.

#### ***Actividad A3.1: Plataforma QKD tipo DV-QKD***

La plataforma QKD de tipo DV-QKD - incluye emisor (Alice) - receptor (Bob) - KMS (key management system) - MS - (gestor del sistema) – simulador de intruso - se pretende instalar una plataforma enfocada a comunicaciones cuánticas en espacio libre, típicamente representadas en los casos experimentales y misiones satelitales realizadas hasta ahora por mecanismos QKD basados en variable discreta y con el protocolo BB84 en alguna de sus variantes, como decoy-states.

**Actividad A3.2: Plataforma QKD tipo CV-QKD**

La plataforma QKD de tipo CV-QKD (continuous variable QKD) - incluye emisor (Alice) - receptor (Bob) - KMS (key management system) - MS - (gestor del sistema) – Plataforma enfocada a escenarios terrestres para redes por fibra óptica, especialmente indicada para la experimentación en entornos de compatibilidad con redes e infraestructuras basada en fibra óptica y habitualmente utilizados en los despliegues de los operadores de telecomunicaciones.

**Actividad A3.4: Equipo experimental QKD fotones entrelazados**

Equipo experimental QKD basado en fotones entrelazados; permite realizar QKD de tipo BB84 con fotones entrelazados; incluye extensiones para medidas de tipo tomografía cuántica y otras variables de interés para la experimentación con fuentes de entrelazamiento aplicadas a criptografía cuántica.

**Actividad A3.5 Infraestructura de nivel 3 - conectores de seguridad con interfaz a QKD**

Para la realización de escenarios de consumo de llaves, gracias a la incorporación de 2 equipos de nivel 3, para la configuración de escenarios origen - destino con aplicaciones de seguridad como consumidoras de claves QKD; estos equipos están enfocados a securizar redes TCP/IP y que permiten la conexión con equipos QKD utilizando APIs estandarizadas, para utilizar claves criptográficas QKD en sus mecanismos de seguridad. Esto permite realizar escenarios experimentales con un agente consumidor de llaves y el agente proveedor que es la red de equipos QKD.

**Actividad A3.6: Infraestructura escenarios óptica de laboratorio**

Infraestructura para realizar escenarios experimentales en un entorno de óptica láser de laboratorio; incluye mesa óptica, cortinas protección autoportantes, equipos medidores y accesorios para establecer escenarios ópticos de espacio libre y material anexo de seguridad de óptica láser.

**A3.7 Equipo de generación vectorial de señales y protocolos redes NTN**

Equipo de generación vectorial de señales y protocolos de comunicaciones digitales, especialmente equipado para comunicaciones en redes NTN (non-terrestrial-networks), con amplia capacidad tanto en ancho de banda, como en diferentes bandas frecuenciales y en multiplicidad de señales y protocolos de comunicaciones espaciales y DIGITALES, como generación y medida de señales del sistema OneWeb, GPS, Galileo y otros.

**A3.10 Infraestructura de integración en red y de conmutación óptica**

Infraestructura de integración en red y de conmutación óptica: incluye, entre otros, rack para servidores de los diferentes elementos del laboratorio 6GQuCryptoLab, cableado y switches de nivel 2, y elementos de conmutación óptica de tipo WDM para ensayos de laboratorio de compatibilidad entre señales WDM y señales cuánticas QKD.

**El presente contrato tiene como objeto contribuir al desarrollo de las actividades A3.1, A3.2, A3.4, A3.5, A3.6, A3.7, A3.8 y A3.10 del paquete de trabajo 3 de**

**6GQuCryptoLab, a través del suministro de múltiples plataformas QKD y equipos relacionados con la experimentación en comunicaciones cuánticas para su instalación en los distintos componentes individuales de la infraestructura experimental 6GQuCryptoLab y su posterior puesta en marcha.** Con el fin de completar la actividad, este contrato consta de diez lotes para los cuales se identifican los objetivos detallados a continuación:

**Objeto del lote 1: Suministro, configuración y puesta en marcha de una plataforma DV-QKD - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 1 es parte de la actividad 3.1. Consiste en el suministro, configuración y puesta en marcha de una plataforma DV-QKD. Incluye emisor (Alice) - receptor (Bob) - KMS (key management system) - MS - (gestor del sistema) y kit de coexistencia. Se pretende instalar una plataforma enfocada a comunicaciones cuánticas en espacio libre, típicamente representadas en los casos experimentales y misiones satelitales realizadas hasta ahora por mecanismos QKD basados en variable discreta y con el protocolo BB84 en alguna de sus variantes, como decoy-states.

**Objeto del lote 2: Suministro, configuración y puesta en marcha de una plataforma CV-QKD - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 2 es parte de la actividad 3.2. Consiste en el suministro, configuración y puesta en marcha de una plataforma CV-QKD. Incluye emisor (Alice) - receptor (Bob) - KMS (key management system) - MS - (gestor del sistema). Plataforma enfocada, que no exclusiva, a escenarios terrestres para redes por fibra óptica, especialmente indicada para la experimentación en entornos de compatibilidad con redes e infraestructuras basada en fibra óptica y habitualmente utilizados en los despliegues de los operadores de telecomunicaciones.

**Objeto del lote 3: Suministro de un equipo experimental QKD basado en fotones entrelazados - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 3 es parte de la actividad 3.4. Equipo experimental QKD basado en fotones entrelazados. Permite realizar QKD de tipo BB84 con fotones entrelazados; incluye extensiones para medidas de tipo tomografía cuántica y otras variables de interés para la experimentación con fuentes de entrelazamiento aplicadas a criptografía cuántica.

**Objeto del lote 4: Suministro de un analizador de espectro óptico - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 4 es parte de la actividad 3.6. Contempla la adquisición de un analizador de espectro óptico (optical spectrum analyser, OSA por sus siglas en inglés) para analizar el espectro de la luz láser empleada en los experimentos y analizar efectos que ocurren en la transmisión tanto por espacio libre como en fibra, críticos para entender los procesos QKD y ópticos en general.

**Objeto del lote 5: Suministro de un Kit de óptica adaptativa - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 5 es parte de la actividad 3.6. Se compone del sensor de frente de ondas y espejos deformables desplegar un montaje experimental de óptica adaptativa.

El objetivo de este montaje es experimentar con frentes de ondas y turbulencia atmosférica en el laboratorio.

**Objeto del lote 6: Suministro de un generador de señales digitales, de un analizador de espectro de radiofrecuencia, un osciloscopio y cableado - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 6 es parte de la actividad 3.7. Consta de un generador de señales digitales de tipo GNSS, 5G y LoRa para simular protocolos de comunicaciones en diferentes escenarios de laboratorio. También incluye equipo de control y medida compuesto por un analizador de señal de señal de radiofrecuencia, un osciloscopio y cableado.

**Objeto del lote 7: Suministro del equipamiento de monitorización de propiedades ópticas atmosféricas - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 7 es parte de la actividad 3.6. Equipamiento de monitorización y análisis de las condiciones atmosféricas que tengan un impacto en la operación de comunicaciones ópticas tierra-satélite. Incluye, entre otros: cámaras de gran angular visible e infrarroja, sistema de seguimiento, monitores de temperatura del cielo, perfilador de turbulencia y software de medida, análisis y explotación de los datos.

**Objeto del lote 8: Suministro de la infraestructura de nivel 3 - conectores de seguridad con interfaz a QKD - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El lote 8 es parte de la actividad 3.5. Consiste en el suministro y despliegue de 2 equipos de nivel 3, para la configuración de escenarios origen - destino con aplicaciones de seguridad como consumidoras de claves QKD. Estos equipos están enfocados a securizar redes TCP/IP y que permiten la conexión con equipos QKD utilizando APIs estandarizadas, para utilizar claves criptográficas QKD en sus mecanismos de seguridad. Esto permite realizar escenarios experimentales con un agente consumidor de llaves y el agente proveedor que es la red de equipos QKD.

**Objeto del lote 9: Suministro e instalación de bancos ópticos - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 9 es parte de la actividad 3.6. Consiste en el suministro e instalación de dos bancos ópticos y dos placas de prueba para el montaje y desarrollo de experimentos ópticos con componentes opto mecánicos y ópticas para fibra y espacio libre.

**Objeto del lote 10: Laboratorio óptico - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)**

El objeto del lote 10 consiste en el suministro e instalación de equipamientos diversos que permiten conformar la base de un laboratorio óptico en su conjunto. Los distintos equipamientos contemplados son:

- Fuentes de luz láser para el desarrollo de experimentos ópticos. Se considerarán diferentes tipos de fuentes y emisiones en diferentes bandas/longitudes de onda de interés para el proyecto y para la realización de los experimentos.

- Herramientas y equipamiento necesarios para llevar a cabo tareas de montaje y alineación de experimentos ópticos en espacio libre con las fuentes de luz láser. Adicionalmente, proporcionan asistencia en las tareas de caracterización y montaje de montajes en fibra óptica y de interfaz fibra-espacio libre.
- Atenuadores ópticos sintonizables mediante fibra óptica. Estos dispositivos permiten la simulación de escenarios donde la atenuación de un link óptico, representado por las fuentes de luz láser, es variable como ocurre en el caso de un pase de satélite.
- Juegos de lentes y ópticas como filtros de densidad media o espectrales. El objetivo de los juegos es tener disponibles diferentes ópticas para el diseño de sistemas ópticos variados que permitan adaptar los haces y características de los láseres y emisiones de los diferentes equipos experimentales.
- Componentes opto-mecánicos necesarios para el soporte, control y posicionamiento de las ópticas sobre los bancos ópticos. Incluyen plataformas de desplazamiento en uno y varios ejes, monturas y raíles entre otros. También incluye el suministro de tornillería y herramientas necesarias para el montaje, manipulación y fijación de las ópticas y los componentes opto-mecánicos en los bancos ópticos y los despliegues experimentales.
- Fibras ópticas multi- y monomodo para la distribución de luz en los diferentes experimentos y casos de uso, así como su interfaz con instrumentos de medida y caracterización. Incluye adaptadores y accesorios necesarios.
- Un kit extensor de fotones entrelazados en polarización con componentes individuales que permiten el montaje de la fuente y la experimentación con sus diferentes elementos de forma separada.

#### **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 de la empresa contratista del lote 1**

###### **i. A3.1: Plataforma QKD tipo DV-QKD**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de una plataforma QKD de tipo variable discreta (DV-QKD) conformada por un dispositivo transmisor (Alice) y un dispositivo receptor (Bob).
- Suministro de un kit de coexistencia de la señal clásica y cuántica en fibra óptica.
- Habilitación de la sintonización de parámetros extendida para tareas de investigación.
- Instalación de los dispositivos en los laboratorios de i2CAT.
- Capacitación del personal técnico de i2CAT para el uso y la capacitación de futuros usuarios.
- Informe de instalación y correcto funcionamiento.

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 de la empresa contratista del lote 2**

### **i. A3.2: Plataforma QKD tipo CV-QKD**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de una plataforma QKD de variable continua (CV-QKD) conformada por un dispositivo transmisor (Alice) y un dispositivo receptor (Bob).
- Habilitación de la sintonización de parámetros extendida para tareas de investigación.
- Capacitación del personal técnico de i2CAT para el uso y la capacitación de futuros usuarios.
- Instalación de los dispositivos en los laboratorios de i2CAT.
- Informe de instalación y correcto funcionamiento.

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 de la empresa contratista del lote 3**

### **i. A3.4: Equipo experimental QKD fotones entrelazados**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de un módulo de generación de fotones entrelazados.
- Suministro de un módulo motorizado de experimentación de diferentes protocolos QKD en espacio libre.
- Suministro de los módulos necesarios para la caracterización y testeo de la fuente de fotones entrelazados y los protocolos QKD: interferómetro MI, interferómetro HBT, interferómetro HOM, módulo de tomografía de estado TOM.
- Suministro de una unidad de control con instrumentación de medida para los experimentos de generación de fotones entrelazados y su caracterización y testeo.
- Software de control de todos los módulos.

- Librerías de programación de los módulos.
- Capacitación del personal técnico i2CAT para el uso y la capacitación de futuros usuarios.

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 de la empresa contratista del lote 4**

##### **i. A3.6: Analizador de espectro óptico**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de un analizador de espectro óptico con accesorios según requisitos.

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 de la empresa contratista del lote 5**

##### **i. A3.6: Kit de óptica adaptativa**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de un sensor de frente de ondas Shack-Hartmann.
- Suministro de un espejo deformable tipo MEMS.
- Suministro de un espejo deformable tipo piezoelectrónico.
- Suministro de una placa de pruebas (breadboard en inglés) para el montaje de los elementos.
- Suministro de los componentes adicionales necesarios para el montaje del kit sobre la placa de pruebas.
- Suministro del software de control del kit de óptica adaptativa.

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 de la empresa contratista del lote 6**

**i. A3.7: Generador de señales digitales, de un analizador de espectro de radiofrecuencia, un osciloscopio y cableado**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Un generador vectorial de señales digitales de alta dinámica de doble canal, multisistema y multifrecuencia.
- Un analizador de espectro de radiofrecuencia.
- Un osciloscopio.
- Cableado según requisitos.

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.

**g. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 7**

**i. A3.11: Equipamiento de monitorización de propiedades ópticas atmosféricas**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de una plataforma de observación y medición atmosférica.
- Suministro de módulos de visión gran angular visible e infrarroja.
- Suministro de un módulo perfilador de turbulencia.
- Instalación de los dispositivos en la localización definida por i2CAT.
- Capacitación del personal técnico i2CAT para el uso y la capacitación de futuros usuarios.

Las actividades y funciones referentes al lote 7 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

**h. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 8**

**i. A3.1: Infraestructura de nivel 3 - conectores de seguridad con interfaz a QKD**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de dos routers/gateways de servicios con capacidad de conexión a KMS QKD.
- Suministro del cableado y accesorios necesarios para el funcionamiento de los equipos.
- Instalación de los dispositivos en los laboratorios de i2CAT.

- Capacitación del personal técnico i2CAT para el uso y la capacitación de futuros usuarios.
- Informe de instalación y correcto funcionamiento.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 8 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

#### **o. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 9**

##### **i. A3.6: Bancos ópticos y placas de prueba**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de dos bancos ópticos según requisitos.
- Suministro de ocho soportes para el soporte de los bancos ópticos.
- Suministro de dos placas de prueba.
- Suministro de dos estructuras para las placas de prueba.
- Instalación de los bancos ópticos suministrados, con sus soportes, y de las placas de prueba suministrados con sus estructuras, en la ubicación requerida (laboratorios de i2CAT).

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 9 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de cláusulas administrativas particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

#### **p. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 10**

##### **i. A3.6: Laboratorio óptico**

Dentro de esta actividad, la empresa contratista llevará a cabo las siguientes funciones:

- Suministro de cuatro láseres de diodo para alineamiento óptico con monturas.
- Suministro de cuatro láseres integrados en una unidad de control.
- Suministro del software de control de los equipos láser.
- Suministro de una consola de medición de potencia.
- Suministro de una interfaz usb para medidor de potencia.
- Suministro de dos fotodiodos calibrados para medir potencia óptica.
- Suministro de adaptadores de fibra óptica para los fotodiodos y accesorios fotosensibles de alineamiento en espacio libre.

- Suministro del software de control por usb de las consolas y adaptadores.
- Suministro de tarjetas detectoras.
- Suministro de cuatro atenuadores ópticos sintonizables en dos rangos de longitud de onda.
- Suministro del software de control de los atenuadores.
- Suministro de las ópticas listadas en los requisitos.
- Suministro de los componentes opto-mecánicos listados en los requisitos.
- Suministro de tornillería según requisitos.
- Suministro de herramientas según requisitos.
- Suministro de fibras ópticas según requisitos.
- Suministro de adaptadores de fibra óptica y accesorios según requisitos.
- Suministro de un kit extensor fotones entrelazados en polarización.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 10 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 6GQuCryptoLab a los que la realización del lote 1 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

*Objetivo 1.2.* Adquirir y poner en marcha equipos QKD, un segmento QKD punto-a-punto con un equipo origen un destino, enfocados a su integración en segmento espacial, cuyo medio de transmisión es el espacio libre, con tramo atmosférico y tramo de espacio vacío; habitualmente estos equipos utilizan protocolos QKD basados en variable discreta, DV-QKD.

### b. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 2

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

*Objetivo 1.1.* Adquirir y poner en marcha equipos QKD, un segmento QKD punto-a-punto con un equipo origen un destino, enfocados a su integración en redes actuales basada en fibra óptica; habitualmente estos equipos utilizan protocolos QKD basados en variable continua, CV-QKD especialmente indicada para su despliegue y compatibilidad con las infraestructuras habitualmente utilizadas por los operadores de redes ópticas de comunicaciones basadas en fibra.

**c. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 3**

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

*Objetivo 1.4.* Disponer de una fuente de fotones entrelazados que permita experimentar con fenómenos cuánticos a nivel más fundamental. La fuente, acompañada de diferentes montajes experimentales, permite entender y experimentar los conceptos más fundamentales que soportan la criptografía cuántica y otras aplicaciones de fotónica útiles para el despliegue de una internet cuántica.

**d. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes a los lotes 4, 5, 9 y 10**

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GQuCryptoLab a los que la realización de los lotes 4, 5, 9 y 10 de este contrato van a contribuir son los siguientes:

*Objetivo 1.6.* Establecer un laboratorio óptico en el i2CAT para la investigación y despliegue de experimentos ópticos y de fotónica.

**e. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 6**

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GQuCryptoLab a los que la realización del lote 6 de este contrato van a contribuir son los siguientes:

*Objetivo 1.7.* Adquirir y poner en marcha un equipo vectorial de generación de señales y protocolos típicamente utilizados en sistemas, comunicaciones y aplicaciones espaciales. Permite completar el testbed NTN y la realización de escenarios realistas de integración y compatibilidad de los protocolos de generación y utilización de claves obtenidas por QKD con las aplicaciones y protocolos potencialmente consumidores de dichas claves. Este objetivo se trabajará en la actividad A3.7.

**f. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 7**

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GQuCryptoLab a los que la realización del lote 7 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

*Objetivo 1.9.* Adquirir y poner en marcha una plataforma que permita la monitorización de las condiciones atmosféricas en una estación terrestre de comunicaciones ópticas. Esta permitirá obtener los parámetros atmosféricos relevantes que puedan afectar al funcionamiento de un link óptico tierra-satélite.

**g. Finalidades y objetivos a alcanzar correspondientes al lote 8**

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GQuCryptoLab a los que la realización del lote 8 de este contrato va a contribuir son los siguientes:

*Objetivo 1.5.* Adquirir y poner en marcha equipos de nivel 3, con capacidad para establecer aplicaciones de seguridad y habilitados con

los conectores necesarios para obtener las claves criptográficas de los equipos experimentales QKD; estos conectores habilitan para interaccionar según los estándares ETSI GS QKD relevantes.

## 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 comunes a todos los lotes**

### Requisito COMÚN.1: Documentación y formación

Se suministrará toda la documentación, tanto la requerida por las normativas de aplicación como la necesaria para poder operar los equipos con seguridad y aprovechando todas sus características. Esto incluye las instrucciones que permitan reubicar el equipo en otro emplazamiento y volver a configurarlo y ponerlo en marcha listo para su operación si aplica al equipo en cuestión. Esta documentación podrá apoyarse de material audiovisual.

Se impartirá una formación específica en el manejo y operación de los equipos al personal técnico de la entidad contratante en los casos en que el responsable del contrato lo considere conveniente debido a la complejidad del objeto contractual. Podrá ser en formato presencial, remoto o híbrido. Su realización se acordará entre el i2cat y el proveedor. i2cat podrá evaluar el contenido previo a la realización de la formación y solicitar la reformulación de la formación —formato, contenidos, etc.— si considera que no permite aprender el manejo y operación de los equipos de una forma adecuada y segura.

### Requisito COMÚN.2: Equipos y componentes nuevos

Salvo los lotes que indiquen expresamente lo contrario en sus requisitos, todos los equipos, componentes, accesorios y material suministrado deberán ser nuevos. No puede entregarse material que ya ha sido utilizado, ni de segunda mano, equipos en régimen de arrendamiento o similares.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 1**

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

#### Requisitos de la plataforma DV-QKD (L1.DVQKD)

##### Requisito L1.DVQKD1: Chasis

Cada dispositivo QKD debe ser compatible con racks estándar de 19". Se deben suministrar todos los accesorios necesarios para su enrulado, como raíles, tornillería, etc.

##### Requisito L1.DVQKD2: QRNG

Los equipos deben contener sus propios módulos QRNG (true QRNG, no pseudo-random o de expansión).

#### **Requisito L1.DVQKD3: Protocolo QKD**

Los dispositivos QKD deben utilizar el protocolo de variable discreta BB84 con estado señalero (tres estados), codificado en la polarización de la luz en la banda C de longitudes de onda.

#### **Requisito L1.DVQKD4: Estándares de red**

Los dispositivos deben ser compatibles con los estándares ETSI GS QKD 014 V1.1.1 (2019-02): Quantum Key Distribution (QKD) Protocol and data format of REST-based key delivery API y ETSI 004.

#### **Requisito L1.DVQKD5: Pérdidas máximas del canal cuántico**

El protocolo desplegado por los dispositivos QKD debe de soportar unas pérdidas en el canal cuántico de al menos 23 dB.

#### **Requisito L1.DVQKD6: Tasa de llave secreta**

El protocolo desplegado por los dispositivos QKD debe de entregar una tasa de llave secreta de al menos 2.2 kb/s con 13 dB de pérdidas.

#### **Requisito L1.DVQKD7: Parámetros extendidos**

Los dispositivos que conformen la plataforma QKD estarán habilitados para proporcionar acceso del usuario a la sintonización y consulta de parámetros extendida para tareas de investigación

#### **Requisito L1.DVQKD8: Llave bruta**

Los dispositivos que conformen la plataforma QKD estarán habilitados para proporcionar acceso del usuario a las llaves brutas generadas por el protocolo QKD.

#### **Requisito L1.DVQKD9: Detector externo**

Los dispositivos que conformen la plataforma QKD serán compatibles con el uso de detectores externos y diferentes a los incluidos en los propios equipos.

#### **Requisito L1.DV-KD10: Sistema de gestión de claves**

La plataforma QKD incluye un sistema de gestión de claves propio. (dispone de función Key Management Server, KMS)

#### **Requisito L1.DVQKD11: Canales**

La plataforma QKD puede desplegar el protocolo QKD tanto por fibra oscura como en sistemas de fibra multiplexados. Las señales clásicas y cuántica pueden coexistir en un sistema multiplexado.

#### **Requisito L1.DVQKD12: Auto-sincronización**

La plataforma QKD es auto-sincronizada.

#### **Requisito L1.DVQKD13: Interoperabilidad**

La plataforma QKD no necesita ser recalibrada al cambiar la combinación y configuración de emisores y receptores conectada a la red.

**Requisito L1.DVQKD14: Tecnología consolidada**

La tecnología de la plataforma QKD está consolidada y ha sido desplegada con éxito previamente en algún proyecto, laboratorio o infraestructura europeas.

**Requisito L1.DVQKD15: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 3 años completos desde la entrega.

**Requisitos de la plataforma DV-QKD (L1.COEX)****Requisito L1.COEX1: kit de coexistencia**

El kit de coexistencia debe incluir todos los componentes, software, manuales y documentaciones necesarios para su utilización con la plataforma DV-QKD de forma que las señales cuánticas y clásicas del emisor y el receptor puedan ser transmitidas por un mismo medio (p.e. fibra óptica).

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

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

**Requisitos de la plataforma CV-QKD (L2.CVQKD)****Requisito L2.CVQKD1: Chasis**

Cada dispositivo QKD debe ser compatible con racks estándar de 19". Se deben suministrar todos los accesorios necesarios para su enrulado, como raíles, tornillería, etc.

**Requisito L2.CVQKD2: Protocolo QKD**

Los dispositivos QKD proveídos deben funcionar con el protocolo CV de "estado coherente modulado con función gaussiana" ("Gaussian-modulated coherent state protocol" en inglés) en banda C.

**Requisito L2.CVQKD3: Pérdidas máximas en el canal cuántico**

El protocolo desplegado por los dispositivos QKD debe de soportar unas pérdidas en el canal cuántico de al menos 12 dB.

**Requisito L2.CVQKD4: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 3 años completos desde la entrega.

**Requisito L2.CVQKD5: Parámetros extendidos**

Los dispositivos que conformen la plataforma QKD estarán habilitados para proporcionar acceso del usuario a la sintonización y consulta de parámetros extendida para tareas de investigación

**Requisito L2.CVQKD6: Llave bruta**

Los dispositivos que conformen la plataforma QKD estarán habilitados para proporcionar acceso del usuario a las llaves brutas generadas por el protocolo QKD.

**Requisito L2.CVQKD7: Sistema de gestión de claves**

La plataforma QKD incluye un sistema de gestión de claves propio (dispone de función Key Management Server, KMS).

**Requisito L2.CVQKD8: Canales**

La plataforma QKD puede desplegar el protocolo QKD tanto por fibra oscura como en sistemas de fibra multiplexados. Las señales clásicas y cuántica pueden coexistir en un sistema multiplexado de tipo WDM.

**Requisito L2.CVQKD9: Tecnología consolidada**

La tecnología de la plataforma QKD está consolidada y ha sido desplegada con éxito previamente en algún proyecto, laboratorio o infraestructura europeas.

**Requisito L1.CVQKD10: Estándares de red**

Los dispositivos deben ser compatibles con los estándares ETSI GS QKD 014: Quantum Key Distribution (QKD) Protocol and data format of REST-based key delivery API y ETSI 004.

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

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

**Requisitos del equipo experimental QKD fotones entrelazados (L3.FOTONES)****Requisito L3.FOTONES1: Detectores**

El sistema integrador de los experimentos debe incluir cuatro detectores de tipo fotodiodo de avalancha (APD, avalanche photodiode por sus siglas en inglés) con conectores de fibra óptica.

**Requisito L3.FOTONES2: Marcador temporal**

El sistema integrador de los experimentos debe incluir un módulo de etiquetador de tiempo (TT, time tagger por sus siglas en inglés) con al menos cuatro entradas SMA.

**Requisito L3.FOTONES3: Software**

El sistema integrador de los experimentos debe incluir el software de control, medición y análisis para los experimentos. Este software debe permitir controlar las partes motorizadas de los experimentos, automatizar las medidas, recoger los datos resultantes y analizar los resultados. Los módulos experimentales han de ser directamente compatibles y reconocibles por el software.

**Requisito L3.FOTONES4: Programación**

El sistema integrador de los experimentos y todos sus módulos deben ser suministrados con librerías en al menos Python para su libre programación y configuración fuera del software propietario.

**Requisito L3.FOTONES5: Compatibilidad y completitud**

Los módulos experimentales deben ser compatibles entre ellos y se deben poder conectar y configurar desde el sistema integrador. Cada módulo experimental debe de

ser independiente y contener todos los componentes necesarios para realizar los experimentos directamente.

#### **Requisito L3.FOTONES6: Motorización y automatización**

Los módulos experimentales deben de estar dotados de motores en las plataformas móviles para los componentes que así lo requieran, permitiendo la automatización de los experimentos.

#### **Requisito L3.FOTONES7: Fibra y espacio libre**

Los módulos experimentales deben de realizarse en espacio libre para permitir actividades de alineamiento óptico y el trabajo con componentes ópticos. También constarán de acoplos ópticos a fibra óptica monomodo para la transmisión del último estadio experimental a los detectores del sistema integrador.

#### **Requisito L3.FOTONES8: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 3 años completos desde la entrega.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 4**

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

#### **Requisitos del analizador de espectro óptico (L4.OSA)**

##### **Requisito L4.OSA1: Resolución**

El dispositivo tendrá una resolución mínima de 0,03 y configurable por el usuario hasta 1,0 nm.

##### **Requisito L4.OSA2: Banda espectral**

El dispositivo cubrirá una banda espectral desde al menos  $\leq 800$  nm hasta  $\geq 1600$  nm.

##### **Requisito L4.OSA3: Conector de fibra**

El dispositivo dispondrá de una conexión de fibra óptica monomodo tipo FC para la entrada de luz.

##### **Requisito L4.OSA4: Rango de medida**

El dispositivo tendrá un rango de medida entre -90 dBm a 10 dBm con diferentes configuraciones, para al menos la banda C de longitudes de onda.

##### **Requisito L4.OSA5: Barrido**

El barrido de las medidas del equipo tendrá las siguientes características mínimas:

- Ancho de barrido de 0,2 a 1.200 nm
- Tiempos de barrido
  - 32 s a 10 Hz
  - 3,5 s a 100 Hz
  - 2 s a 200 Hz
  - 0,5 s a 1 kHz
  - 0,3 s a 2 kHz
  - 0,2 s a 10, 100 y 1000 kHz

**Requisito L4.OSA6: Fuente de calibración**

El equipo se suministra junto a una fuente de luz adecuada para la calibración en longitud de onda.

**Requisito L4.OSA7: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

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

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

**Requisitos del kit de óptica adaptativa (L5.AOK)****Requisito L5.AOK1: Espejo deformable MEMS**

El espejo deformable tipo MEMS del kit deberá tener las siguientes características mínimas:

- 40 actuadores.
- Recubrimiento con reflectividad mayor de 90% en el rango 400-1600.
- Área útil mayor de 4x4 mm.
- Tasa de refresco 2 kHz
- Resolución de 14 bits
- Máximo recorrido de los actuadores de 3.5 µm.
- Calidad de superficie <30 nm RMS
- Factor de relleno mayor de 99%
- Interfaz USB 2.0

**Requisito L5.AOK2: Espejo deformable piezoeléctrico**

El espejo deformable tipo piezoeléctrico deberá tener las siguientes características mínimas:

- Mínimo 40 segmentos
- Apertura circular de 17 mm de diámetro
- Recubrimiento con reflectividad mayor de 90% en el rango 400-1600.
- Tasa de refresco de 4 kHz

**Requisito L5.AOK3: Sensor de frente de ondas Shack-Hartmann**

El sensor de frente de ondas Shack-Hartmann deberá tener las siguientes características mínimas:

- Sensor tipo CMOS
- Tasa de refresco 880 fps
- Apertura de 7x5 mm
- Resolución de 1440x1080 pixels
- Pixels de 5 µm
- Tiempos de exposición entre 4 µs y 80 ms
- Microlentes de 140 µm con paso de 150 µm
- Precisión en 633 nm (RMS) de λ/3
- Sensibilidad en 633 nm (RMS) de λ/100
- Rango dinámico en 633 nm mayor de 100λ

### **Requisito L5.AOK4: Placa de pruebas**

La placa de pruebas para el montaje de los componentes del kit cumplirá con los siguientes requisitos:

- Tamaño de 600x600x12.7 mm
- Aluminio anodizado negro
- Patrón de agujeros con rosca M6
- 4 torneados pasantes para tornillos M6 para su sujeción sobre un banco óptico.

### **Requisito L5.AOK5: Componentes de montaje**

El kit deberá contener todos los componentes adicionales (monturas, sujetos y tornillos entre otros) necesarios para el montaje de los espejos deformables y el sensor de frente de ondas sobre la placa de pruebas en una solución experimental completa.

### **Requisito L5.AOK6: Software de control**

El software de control permite controlar cada dispositivo individualmente (los espejos deformables y el sensor de frente de ondas), también incluye un algoritmo de corrección de ciclo cerrado (closed-loop en inglés) para tareas de corrección del frente de onda. El software incluye una librería de desarrollo (SDK) que permite la programación y control de los dispositivos con software desarrollado por el usuario.

### **Requisito L5.AOK7: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 6**

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

### **Requisitos del generador de señales digitales (L6.DIGI)**

#### **Requisito L6.DIGI1: Canales**

El equipo tendrá dos canales de RF integrados en el propio equipo.

#### **Requisito L6.DIGI2: Frecuencia**

Cada canal del equipo tendrá: un rango de frecuencia de 100 kHz a 6 GHz, una resolución en frecuencia de 0.001 Hz, una precisión calibrada en frecuencia de  $\pm 5 \times 10^{-9}$  y un desplazamiento de la referencia frecuencia por efectos de temperatura en rango de 0°C a 45°C de  $\pm 3 \times 10^{-9}$ .

#### **Requisito L6.DIGI3: Referencias**

El equipo debe tener una entrada de referencia externa de 10MHz y salida de referencia interna sinusoidal de 10MHz. Adicionalmente, tendrá capacidad de entrada de referencia con frecuencia variable de 1 MHz a 100 MHz y capacidad de entrada/salida de referencia de ultra low noise con frecuencias de 100MHz y 1GHz.

#### **Requisito L6.DIGI4: Nivel de salida**

El equipo tendrá una potencia mínima de salida:

- 100 kHz a 1 MHz: -120dBm a +3 dBm

- 1 MHz a 3 MHz: -120dBm a +8 dBm
- 3MHz a 6 GHz: -120dBm a +18 dBm

Con una precisión del nivel de salida:

- <0,5 dB de 100 kHz a 3 GHz
- < 0,7 dB de 3 GHz a 6 GHz

### **Requisito L6.DIGI5: Pureza espectral**

El equipo tendrá las siguientes purezas espectrales para cada frecuencia:

- Harmónicos:
  - $f > 1 \text{ MHz}$  <-30 dBc
- No-Harmónicos:
  - $100 \text{ kHz} \leq f \leq 200 \text{ MHz}$  <-80 dBc
  - $200 \text{ MHz} < f \leq 1500 \text{ MHz}$  <-80 dBc
  - $1500 \text{ MHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$  <-79 dBc
  - $3 \text{ GHz} < f \leq 6 \text{ GHz}$  <-73 dBc
- Sub-Harmónicos:
  - $f \leq 3 \text{ GHz}$  <-85 dBc
  - $3 \text{ GHz} < f \leq 6 \text{ GHz}$  <-74 dBc

### **Requisito L6.DIGI6: Ruido de fase**

El equipo entregará unos ruidos de fase según la frecuencia portadora de:

- A 1 Hz de desplazamiento a 10 dBm:
  - $f = 10 \text{ MHz}$  <-110 dBc
  - $f = 100 \text{ MHz}$  <-100 dBc
  - $f = 1 \text{ GHz}$  <-82 dBc
  - $f = 2 \text{ GHz}$  <-76 dBc
  - $f = 3 \text{ GHz}$  <-72 dBc
  - $f = 4 \text{ GHz}$  <-70 dBc
  - $f = 6 \text{ GHz}$  <-66 dBc
- A 10 Hz de desplazamiento a 10 dBm:
  - $f = 10 \text{ MHz}$  <-112 dBc, -118 dBc (típico)
  - $f = 100 \text{ MHz}$  <-110 dBc, -116 dBc (típico)
  - $f = 1 \text{ GHz}$  <-97 dBc, -103 dBc (típico)
  - $f = 2 \text{ GHz}$  <-91 dBc, -97 dBc (típico)
  - $f = 3 \text{ GHz}$  <-87 dBc, -93 dBc (típico)
  - $f = 4 \text{ GHz}$  <-85 dBc, -91 dBc (típico)
  - $f = 6 \text{ GHz}$  <-81 dBc, -87 dBc (típico)
- A 10 MHz de desplazamiento a 10 dBm:
  - $f = 100 \text{ MHz}$  <-149 dBc, -155 dBc (típico)
  - $f = 1 \text{ GHz}$  <-152 dBc, -155 dBc (típico)
  - $f = 2 \text{ GHz}$  <-152 dBc, -155 dBc (típico)
  - $f = 3 \text{ GHz}$  <-152 dBc, -155 dBc (típico)
  - $f = 4 \text{ GHz}$  <-152 dBc, -155 dBc (típico)
  - $f = 6 \text{ GHz}$  <-151 dBc, -157 dBc (típico)

### **Requisito L6.DIGI7: Conectores de salida RF**

Los canales tendrán conectores tipo N.

### **Requisito L6.DIGI8: Oscilador local**

El equipo permitirá compartir un LO entre los dos canales, para asegurar dos señales coherentes en fase.

### **Requisito L6.DIGI9: Modulador I/Q**

El modulador I/Q tendrá las siguientes características de ancho de banda de modulación:

- Entradas I/Q analógicas externas, una para cada canal
- Ancho de banda del modulador I/Q (en RF) tanto para la entrada externa I/Q analógica como para la interna: 800 MHz a 1 GHz CW y 2 GHz a partir de 2.5 GHz CW
- Respuesta en frecuencia del modulador con la banda base interna: < 1 dB especificado

### **Requisito L6.DIGI10: Generador de banda base I/Q**

El generador de banda base I/Q seguirá el siguiente diseño:

- Generadores internos de banda base integrados en el propio equipo.
- Número de generadores de banda base internos integrados: 2 generadores.
- Ancho de banda de modulación: 500 MHz en RF para cada canal con capacidad de ampliación en el futuro hasta 2 GHz para cada canal.
- Memoria interna: 256 MSamples por cada canal con capacidad de ampliación en el futuro hasta 2 Gmuestras para cada canal.
- Resolución: 14 bits
- Reproducción de ficheros de señales externas ARB de banda base (ARB Playback). Capacidad de cargar ficheros en formatos: .wv, .iq.tar, .csv, .mat.
- Configuración y reproducción de señales vectoriales en tiempo real en el propio equipo (Real time coder).
- Incluye la generación de los siguientes tipos de modulaciones integradas en ambos canales del propio instrumento sin la necesidad de software externo: ASK, FSK, PSK y QAM con tasa de símbolo de hasta 300 MHz.
- 2 salidas I/Q analógicas con ancho de banda igual al generador de banda base I/Q, single ended y con un nivel de salida 1V
- Capacidad de agregar ruido blanco gaussiano (AWGN), con capacidad de ajustar la potencia y la frecuencia del ancho de banda del ruido desde 1kHz hasta 2GHz, equipado en ambos canales de RF.
- Capacidad de simular señales GNSS.
- Capacidad de simular señales 5G y LoRa

### **Requisito L6.DIGI11: Generador de señales digitales**

El generador de señales digitales tendrá las siguientes capacidades y características:

- Capacidad de simular en real time hasta 48 canales (ampliable en un futuro hasta 612)
- Capacidad de ajustar la frecuencia y el nivel de potencia de la señal de salida.

- Capacidad de simular escenarios estáticos y dinámicos (hasta 10000m/s de velocidad, 1600 m/s<sup>2</sup> de aceleración y 400 m/s<sup>3</sup> de jerk).
- Capacidad de simular escenarios con interferencias mediante dos generadores internos:
  - GNSS + CW. Para ambos canales de RF
  - GNSS + AWGN (con ancho banda de ruido programable de hasta 2GHz) para ambos canales de RF.
  - GNSS + señales digitales ARB de 500 MHz de ancho de banda. Utilizando un canal para GNSS y el otro para señales ARB.
- Tiempo de simulación con resolución de 1ms, con fecha y hora flexible (UTC) o configuración por sistema GNSS
- Capacidad de simular modos/tests de:
  - Tracking: Generación de señal con perfiles Doppler constantes o personalizados para satélites individuales
  - Navegación: Simulación de la posición del receptor con perfiles Doppler realistas en relación con el movimiento de satélites y receptor de usuario simulado
- Registro de parámetros de la señal y la dinámica de la simulación:
  - Elapsed time, UTC date and time, system/SVID, elevation, azimuth, ECEF XYZ position (in m), ECEF XYZ velocity (in m/s), ECEF XYZ acceleration in (in m/s<sup>2</sup>), clock bias (in m)
  - Signal level (in dBm)
  - Range, pseudorange (in m)
  - Range, pseudorange rates (in m/s)
  - Pseudorange bias (in m)
  - Pseudorange bias rate (in m/s)
  - Doppler shift (in Hz)
  - Carrier phase (in deg)
  - Tropospheric, ionospheric delays (in m)
- Capacidad de simular señales simultáneamente en las 3 bandas de frecuencia GNSS, para cada uno de los canales RF
- Capacidad de simular GPS en ambos canales de banda base en bandas L1, L2 y L5. En línea con los estándares: ICD-GPS-200 revisión H e ICD-GPS-705 revisión E.
- Capacidad de simular Galileo en ambos canales de banda base en las bandas de frecuencia E1, E5, E6 y en línea con los estándares:
  - OS SIS ICD
  - E1/E5 band
  - OSNMA for E1
  - OSNMA SIS ICD
- Capacidad de simular escenarios Real-world:
  - Patrón de antena del receptor.
    - Hasta 6 antenas configurables.
    - Se pueden activar 2 antenas simultáneamente, una por cada salida física. Ampliable hasta 6 en un futuro por HW adicional.
  - Simulación de elementos físicos:

- Posición de la antena respecto el vehículo
  - Simulación de la estructura física del vehículo.
- Actitud del receptor: configurable en constante, importada en un archivo o variable.
- Entorno de receptor
  - Estático
  - Modelos adicionales de obstaculización y multipath: Obstáculos verticales, planos de carretera, obstaculización completa y reflexión en tierra y mar
- Capacidad de generación de señales de interferencia con espectro coincidente a las señales GNSS reales, para evaluar el rendimiento de los receptores GNSS frente a interferencias.
- Que tenga capacidad futura de soportar otros estándares digitales como:
  - GLONASS
  - NavIC/IRNSS
  - BeiDou
  - SBAS/QZSS
- Modulaciones digitales en tiempo real del equipo:
  - Capacidad de simular 5G New Radio en un canal de banda base. Release 15/16/17 en línea con las siguientes versiones de especificaciones 3GPP: TS 38.211 17.3.0, TS 38.212 17.3.0, TS 38.213 17.3.0 y TS 38.214 17.3.0
  - Capacidad de simular LoRa en un canal de banda base de acuerdo con LoRaWAN® version 1.1
- Capacidad de simular DVB-S2/DVB-S2X en un canal de banda base de acuerdo con los estándares:
  - ETSI EN 302 307-1 V1.4.1
  - ETSI EN 302 307-2 V1.1.1
- Que tenga capacidad futura de soportar otros estándares digitales como:
  - LTE (hasta Release 15)
  - Cellular IoT (Hasta Release 17)
  - OneWeb
  - GSM/EDGE
  - 3GPP WCDMA/HSPA+
  - CDMA2000/1xEV-DO
  - TD-SCDMA
  - WLAN (802.11a/b/g/n/p)
  - NFC A/B/F
  - Bluetooth
  - HRP-UWB

### **Requisito L6. DIGI12: Programación**

El equipo tendrá un registrador interno de comandos SCPI y generador de código de control remotos ejecutables desde modo de operación manual por pasos que permiten importar a programas ejecutables de código.

### **Requisito L6.DIGI13: Almacenamiento interno**

El equipo tendrá un disco duro de estado sólido integrado en el equipo para su funcionamiento de al menos 512 Gbytes.

#### **Requisito L6.DIGI14: Control remoto**

El equipo tendrá interfaces LAN 1000BT y USB 3.0 para su control remoto.

#### **Requisito L6.DIGI15: Peso**

El peso del equipo debe ser inferior a 40 Kg.

#### **Requisito L6.DIGI16: Potencia consumida**

Siguiendo las directrices actuales de eficiencia energética, se requiere un equipo que no supere los 1000W de potencia máxima consumida.

#### **Requisito L6.DIGI17: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 5 años completos desde la entrega.

#### **Requisitos del analizador de espectro de radiofrecuencia (L6.ESA)**

#### **Requisito L6.ESA1: Frecuencia**

El equipo tendrá los rangos de frecuencias:

- DC - 10 Hz a 44 GHz
- AC - 10 MHz a 44 GHz

El equipo presentará un envejecimiento de la referencia en frecuencia de  $\pm 1 \times 10^{-7}$  por año. Una estabilidad de frecuencia con temperatura de  $\pm 1 \times 10^{-8}$ . La precisión inicial después de la calibración será de  $\pm 1 \times 10^{-8}$ .

Respuesta en frecuencia, referenciado a 64MHz:

- Atenuació RF= 10 dB, 20dB, 30 dB, 40dB. Preamplificador RF = OFF:
  - $9 \text{ kHz} \leq f < 10 \text{ MHz} < 0,5 \text{ dB}$  ( $\sigma = 0,17 \text{ dB}$ )
  - $10 \text{ MHz} \leq f < 3,6 \text{ GHz} < 0,3 \text{ dB}$  ( $\sigma = 0,10 \text{ dB}$ )
  - $3,6 \text{ GHz} \leq f \leq 7,5 \text{ GHz} < 0,5 \text{ dB}$  ( $\sigma = 0,17 \text{ dB}$ )
  - $7,5 \text{ GHz} < f \leq 13,6 \text{ GHz}$ , intervalo  $< 1 \text{ GHz} < 1,5 \text{ dB}$  ( $\sigma = 0,5 \text{ dB}$ )
  - $13,6 \text{ GHz} < f \leq 30 \text{ GHz}$ , intervalo  $< 1 \text{ GHz} < 2,0 \text{ dB}$  ( $\sigma = 0,66 \text{ dB}$ )
  - $30 \text{ GHz} < f \leq 43,5 \text{ GHz}$ , intervalo  $< 1 \text{ GHz} < 2,5 \text{ dB}$  ( $\sigma = 0,83 \text{ dB}$ )
- Atenuación RF  $\leq 10 \text{ dB}$ , 20dB, 30 dB, 40dB. Preamplificador RF = ON:
  - $10 \text{ MHz} \leq f < 3,6 \text{ GHz} < 1,0 \text{ dB}$  ( $\sigma = 0,33 \text{ dB}$ )
  - $3,6 \text{ GHz} \leq f \leq 7,5 \text{ GHz} < 1,5 \text{ dB}$  ( $\sigma = 0,5 \text{ dB}$ )
  - $7,5 \text{ GHz} < f \leq 13,6 \text{ GHz} < 3,0 \text{ dB}$  ( $\sigma = 1,0 \text{ dB}$ )
  - $13,6 \text{ GHz} < f \leq 30 \text{ GHz} < 3,5 \text{ dB}$  ( $\sigma = 1,17 \text{ dB}$ )
  - $30 \text{ GHz} < f \leq 43,5 \text{ GHz} < 4,0 \text{ dB}$  ( $\sigma = 1,17 \text{ dB}$ )

#### **Requisito L6.ESA2: Escaneo**

El equipo tendrá las siguientes características de escaneo:

- 100.000 puntos por traza
- Rango de tiempo de barrido

- Intervalo = 0 Hz: 1  $\mu$ s -16 000 s
- Intervalo  $\geq$  10 Hz: 1,01 ms - 16.000 s
- Intervalo  $\geq$  10 Hz: FFT
- Máximo ancho de banda de análisis de señal: 200MHz ampliable a 1GHz en un futuro.
- Anchos de banda de resolución de 1Hz a 10MHz en pasos de 1/2/3/5

#### **Requisito L6.ESA3: Atenuación y ruido**

El equipo tendrá un rango de atenuación por todo el rango frecuencial: 0 dB a 75 dB en pasos de 1 dB. El ruido de fase especificado a 1GHz de frecuencia será de no más de:

- 100 Hz < -95 dBc
- 1 kHz < -115 dBc
- 10 kHz < -120 dBc
- 100 kHz < -125 dBc
- 1 MHz < -137 dBc

Nivel de ruido del equipo a 1Hz RBW sin preamplificador activado:

- 9 kHz  $\leq$  f < 100 kHz -140 dBm, típ. -146dBm
- 100 kHz  $\leq$  f < 1 MHz -145 dBm, típ. -150dBm
- 1 MHz  $\leq$  f < 1 GHz -150 dBm, típ. -153dBm
- 1 GHz  $\leq$  f < 3 GHz -148 dBm, típ. -151dBm
- 3 GHz  $\leq$  f < 6 GHz -145 dBm, típ. -148dBm
- 6 GHz  $\leq$  f  $\leq$  7,5 GHz -142 dBm, típ. -144dBm
- 7,5 GHz < f  $\leq$  15 GHz -146 dBm, típ. -149dBm
- 15 GHz < f  $\leq$  34 GHz -143 dBm, típ. -146dBm
- 34 GHz < f  $\leq$  40 GHz -137 dBm, típ. -140dBm
- 40 GHz < f  $\leq$  44 GHz -133 dBm, típ. -136dBm

Nivel de ruido del equipo a 1Hz RBW con preamplificador activado:

- 10 MHz  $\leq$  f < 3 GHz - 164 dBm
- 3 GHz  $\leq$  f  $\leq$  7,5 GHz - 161 dBm

#### **Requisito L6.ESA4: Compresión**

El equipo tendrá un nivel de compresión a 1 dB, sin preamplificador: +10 dBm (nominal) hasta 7.5 GHz y +5 dBm (nominal) para frecuencias superiores a 7.5 GHz

#### **Requisito L6.ESA5: Analizador vector IQ**

El equipo tendrá un analizador vector IQ con las siguientes características mínimas:

- 200 MHz de ancho de banda de análisis integrado en el propio equipo.
- Velocidad de muestreo de 100Hz a 512 MHz
- Memoria IQ: 800 Muestras

#### **Requisito L6.ESA6: Punto de intercepción**

El equipo tendrá un punto de intercepción de tercer orden (TOI) con las siguientes características:

- $10 \text{ MHz} \leq \text{fin} < 3.6 \text{ GHz} > 17 \text{ dBm}$ , typ. 20 dBm
- $3.6 \text{ GHz} \leq \text{fin} \leq 7.5 \text{ GHz} > 16 \text{ dBm}$ , typ. 19 dBm

**Requisito L6.ESA7: Programación e interfaz**

El equipo tendrá las siguientes características para su programación:

- Registrador interno de comandos SCPI y generador de código de control remoto que permite importar a programas ejecutables de codi.
- Formatos de exportación SCPI del generador de código: MATLAB, NICVI, Plain SCPI, Python, C++

El equipo se puede controlar en modo local mediante la pantalla táctil y teclado integrados.

**Requisito L6.ESA8: Pre-amplificador**

El equipo tendrá un pre-amplificador interno con 30 dBm de ganancia mínima que cubra de 10 MHz a 44 GHz

**Requisito L6.ESA9: Almacenamiento interno**

El equipo tendrá un disco interno SSD de al menos 120 Gbytes.

**Requisito L6.ESA10: Control remoto**

El equipo permitirá su control remoto a través de interfaces LAN 10/100/1000 BT.

**Requisito L6.ESA11: Peso**

El peso del equipo debe ser inferior a 25 Kg.

**Requisito L6.ESA12: Potencia consumida**

Siguiendo las directrices actuales de eficiencia energética, se requiere un equipo que no supere los 600W de potencia máxima consumida.

**Requisito L6.ESA13: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 5 años completos desde la entrega.

**Requisitos del osciloscopio (L6.OSCI)****Requisito L6.OSCI1: Canales**

El equipo tendrá cuatro canales. Frecuencia de operación de 1GHz en 4 canales y máxima frecuencia de operación de 1.5 GHz a 2 canales.

**Requisito L6.OSCI2: Especificaciones**

El equipo tendrá las siguientes especificaciones mínimas:

- Velocidad de muestreo de 2.5 GSa/s en todos los canales simultáneamente y 5 GSa/s en dos canales.
- Impedancia de entrada de cada canal: 50 ohmios o 1Mohm
- Memoria de adquisición: 800 MSa de 2 canales (en captura única) o 800 MSa de 1 canal (en ejecución)
- Velocidad de adquisición en Real time (modo continuo) >4.500.000 Wfm/s

- Tiempo de subida/bajada de < 234 ps
- Resolución vertical de 12 bits y hasta 18 bits en modo HD.
- Sensibilitat a l'entrada: de 0.5 mV/div a 1 V/div a 50 ohms i 0.5 mV/div a 10 V/div a 1Mohm
- Aislamiento entre canales en todas las escaleras verticales y ancho de banda de >60dB
- Jitter de disparo medido (valor RMS): <1 ps
- Sensibilidad del trigger: 0.0001 divisiones verticales, desde DC hasta 1.5 GHz para todas las escaleras verticales y tipos de trigger.
- Trigger por zonas definidas por el usuario en la pantalla tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia. Hasta 4 zonas y 8 áreas por zona.
- Rango dinámico medido: 106 dB
- Zona libre de espurios medido: 65 dBc
- Precisión de amplitud absoluta medida de 0Hz a 1.2GHz: ±1 dB (mes.)

#### **Requisito L6.OSCI3: Medidas y análisis**

El equipo podrá realizar al menos las siguientes medidas de las señales de transmisión: amplitud, alto, bajo, máximo, mínimo, pico a pico, media, RMS, sigma, sobreimpulso positivo, sobreimpulso negativo, área, tiempo de subida, tiempo de caída, ancho de pulso positivo, ancho de pulso negativo, período, frecuencia, ciclo de trabajo positivo, ciclo de trabajo negativo, retraso, fase, ancho de ráfaga, recuento de pulsos, recuento de flancos, tren de pulsos, conmutación positiva, conmutación negativa, área de ciclo, media del ciclo, ciclo RMS, ciclo sigma, configuración, retención, tiempo de configuración/retención, relación de configuración/retención, aumento de la velocidad de rotación, caída de la velocidad de rotación, retraso con trigger.

También incluye capacidad de análisis de potencia avanzada con: evaluación de la calidad de la energía en una entrada de CA, mide potencia real, potencia aparente, potencia reactiva, factor de potencia y ángulo de fase de potencia, frecuencia, factor de cresta, RMS de voltaje y corriente, y capacidad de análisis de respuesta en frecuencia (bode plot) que incluye single sweep o repeated sweep de 10mHz a 100MHz.

#### **Requisito L6.OSCI4: Generador de ondas**

El equipo incluye un generador de ondas arbitrario en 2 canales con ratio de sampleado de 625 Msample/s y rango de frecuencia (sinus.) de 1Hz a 100MHz

#### **Requisito L6.OSCI5: Conexiones**

El equipo tendrá salida de monitor HDMI y conexiones VESA en la parte posterior por soporte con brazo articulado (dimensiones del patrón de 100 mm x 100 mm). Se entrega con 4 sondas pasivas de 700 MHz, 10:1.

#### **Requisito L6.OSCI6: Tecnologías de interfaz**

El equipo incluye activación y decodificación de I.2C, SPI, QUAD-SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN FD/CAN XL, LIN, 10BASE-T1S, ARINC 429, MIL-STD-1553, SPMI.

#### **Requisito L6.OSCI7: Peso**

El peso del equipo debe ser inferior a 10 Kg.

### **Requisito L6.OSCI8: Potencia consumida**

Siguiendo las directrices actuales de eficiencia energética, se requiere un equipo que no supere los 300W de potencia máxima consumida.

### **Requisito L6.OSCI9: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 5 años completos desde la entrega.

#### Requisitos del kit de cables (L6.CABLE)

### **Requisito L6.CABLE1: Cables**

Se suministrarán los siguientes cables y adaptadores de cableado en las cantidades y con los Requisitos indicados:

Cantidad	Cable	Especificaciones
4	Nivel 15, Mezclador doble balanceado, RF/LO Freq 5000 - 21000 MHz	
4	Nivel 15, Mezclador doble balanceado, RF/LO Freq 10000 - 40000 MHz	
4	Cable de test de precisión, Economy, 40.0 GHz	
4	Cable de text flexible, 18.0 GHz	
1	Kit de conectores RF 30 adaptadores RF coaxiales	30 conectores RF coaxiales variados (CT2701A de Cal Test electronics o equivalente).
12	Adaptador SMA 50ohm, Adaptador de Barril Coaxial SMA	
4	COAX CBL SMPM TO 2.92MM	
4	COAX CBL SMA TO SMPM	
2	2X Multiplier, Output Freq 12400 - 40000 MHz	
2	3X Multiplier, Output Freq 10 to 22 GHz	

**Requisito L6.CABLE2: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 7**

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

*Requisitos del equipamiento de monitorización de propiedades ópticas atmosféricas (L7.ATM)*

**Requisito L7.ATM1: Mediciones base**

Los sistemas deben de realizar las siguientes mediciones con una periodicidad de 60 segundos o menos:

- Parámetro Fried de 0.5 a 100 cm con una resolución de 0.1 y una precisión de ±0.5 al menos hasta 500m durante el día.
- Escintilación de 0 a 65500 con una resolución de 16 bits y una precisión de más del 99%.
- Temperatura del cielo de -60 a 40 grados centígrados con una resolución de 17 bits y una precisión de ±0.5 grados centígrados.
- Columna de agua de 0 a 15 cm con una resolución de 17 bits y una precisión de ±20% RMS.
- Irradiancia de 6 a 22 Mag/ArcSec<sup>2</sup> con una resolución de 22 bits y una precisión de ±2%.
- Temperatura de -40 a 85 grados centígrados con una resolución de 0.1 grados centígrados y una precisión de ±0.3.
- Presión de 10 a 1100 hPa con una resolución de 0.1 grados centígrados y una precisión de ±0.5.
- Humedad de 0 a 100% con una resolución de 0.05% grados centígrados y una precisión de ±3%.
- Viento de 0 a 216 km/h y de 0 a 360° con una resolución de 0.2 km/h y 0.1° grados centígrados y una precisión de ±1.1 km/h y ±3%.
- Cobertura de nubes con espectro entre 8 y 14 µm y 360° de campo de visión.

**Requisito L7.ATM2: Mediciones adicionales**

Los sistemas deben de realizar mediciones con una periodicidad de 60 segundos o menos: turbulencia diurna y nocturna, fotografía visible e infrarroja, transparencia.

**Requisito L7.ATM3: Gran angular**

Las cámaras visible e infrarroja deben tener un campo de visión de 360 grados.

**Requisito L7.ATM4: Montura automatizada**

La montura automatizada tendrá una resolución de movimiento de 20" en el apuntamiento y 0.7" RMS en el seguimiento, una velocidad de 15 °/s y estará clasificada como IP66. Permite el seguimiento/escaneo de objetivos, guardado de puntos de interés en el cielo, automatizar medidas y seguir órbitas de satélites.

### **Requisito L7.ATM5: Relocalización**

El equipamiento debe de ser fácilmente re-instalable en diferentes lugares sin necesidad de servicio técnico in-situ.

### **Requisito L7.ATM6: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 3 años completos desde la entrega.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 8**

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

### *Requisitos de la infraestructura de nivel 3 - routers/gateways de servicios con interfaz a QKD (L8.RGSQKD)*

#### **Requisito L8.RGSQKD1: Dimensiones**

Los equipos deben ser compatibles con rack de 19" y ocupar un máximo de 2U por equipo. Se deben suministrar todos los accesorios necesarios para su enracado, como raíles, tornillería, etc.

#### **Requisito L8.RGSQKD2: Puertos**

Los equipos deberán contar con, al menos, los siguientes puertos:

- 2 puertos SFP de 10GbE.
- 1 puerto RJ-45 para la consola.
- 1 puerto USB 3.0 tipo A.

#### **Requisito L8.RGSQKD3: Almacenamiento interno**

Los equipos tendrán un almacenamiento interno de al menos 120 Gb.

#### **Requisito L8.RGSQKD4: Rendimiento**

Los equipos tendrán los siguientes rendimientos mínimos:

- Cortafuegos
  - IMIX – 12 Gbps
  - 1518B – 24 Gbps
- IPsec VPN
  - IMIX – 8 Gbps
  - 1400B – 18 Gbps
- Túneles VPN IPsec – 2.000
- Conexiones por segundo
  - 64B – 150.000
  - SSL – 3.000
- Sesiones concurrentes máximas: 2 millones

#### **Requisito L8.RGSQKD5: Software**

El software de los equipos tendrá las siguientes características mínimas:

- Cortafuegos

- Protección contra DDoS
- Control de acceso unificado (UAC)
- Inspección SSL
- Cortafuego por zonas
- Protección contra anomalías de protocolo y tráfico
- CGNAT
  - NAT de gran escala
  - Traducción de dirección IPv4 , IPv6
  - PAT de fuente y destino
  - NAT persistente
  - Sobre carga de puertos
  - DS-lite y PCP
- VPN
  - Túneles
  - Algoritmos de encriptación IKE
  - Autenticación PKI y X.509
  - Protocolo ESP
  - IPsec
- Características de alta disponibilidad
  - VRRP – IPv4 y IPv6
  - Acumulamiento de doble caja (Dual box clustering)
- Servicios de seguridad de aplicación
  - QoS
  - APBR
  - AppQoE
  - Enrutamiento de múltiples caminos
  - Cortafuegos basado en usuario
- Servicios de defensa contra amenazas e inteligencia
  - Sistema de prevención de intruso
  - Antivirus y antispam
  - Inspección de proxy SSL
  - Protección contra botnets
  - Seclntel
- Protocolos de enrutamiento
  - IPv4, IPv6, rutas estáticas, RIP v1/v2
  - OSPF/OSPF v3
  - BGP
  - IS-IS
  - VLAN
  - PPPoE
  - ECMP
- Características QoS
  - Soporte para 802.1p, DSCP, EXP
- Características de intercambio
  - Redireccionamiento de capa 2 basado en ASIC
  - Aprendizaje de direcciones MAC

- Agregación de enlaces y LACP
- LLDP and LLDP-MED
- STP, RSTP, MSTP
- MVRP
- Autenticación 802.1x
- MACsec
- Servicios de red
  - DHCP cliente/servidor/relé
  - DNS proxy, DDNS
- Servicios avanzados de enrutamiento
  - MPLS
  - CCC, TCC
  - L2/L2 MPLS VPN, pseudo cables
  - VPLS, NG-MVPN
  - Ingeniería de tráfico MPLS y re-enrutamiento rápido MPLS
- Control, automatización, registro e informe
  - SSH, Telnet, SNMP-MIBS, traps
  - Descarga de imagen inteligente
  - Python
  - Eventos junos, acometidas y scripts OP
  - Informe de uso de aplicación y de ancho de banda.
  - Herramientas de resolución de problemas

#### **Requisito L8.RGSQKD6: Protocolos de comunicación cuántica**

Los equipos serán compatibles con el protocolo ETSI GS QKD 014 V1.1.1 (2019-02): *Quantum Key Distribution (QKD) Protocol and data format of REST-based key delivery API*.

#### **Requisito L8.RGSQKD7: Garantía y soporte**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía y soporte completos de al menos 3 años completos desde la entrega.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 9**

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

#### **Requisitos de los bancos ópticos y placas de prueba (L9.BOPT)**

#### **Requisito L9.BOPT1: Dimensiones**

Los bancos ópticos tendrán unas dimensiones de 1.5 m x 2.5 m x 310 mm. Las placas de pruebas tendrán unas dimensiones de 900 mm x 1200 mm x 60 mm. Este requisito se aceptará con una tolerancia del 5%.

#### **Requisito L9.BOPT2: Soportes**

Los bancos ópticos se proveerán con cuatro soportes (con o sin estructura) de 700 mm de altura con aislamiento pasivo de vibraciones cada uno. Las placas de pruebas se

proveerán con una estructura de soporte adecuada a su tamaño, de 765 mm de altura. Este requisito se aceptará con una tolerancia del 5%.

#### **Requisito L9.BOPT3: Entramado de orificios roscados**

Los bancos ópticos y las placas de pruebas tendrán un entramado de agujeros roscados M6 con centros a 25 mm.

#### **Requisito L9.BOPT4: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de por lo menos 3 años.

#### **Requisito L9.BOPT5: Calidad constructiva**

Los bancos ópticos estarán construidos con unos materiales de calidad equivalente o superior a: tablero-top de acero inoxidable ferromagnético, con una planitud de +- 0.1mm / m<sup>2</sup>, y un tipo constructivo interior de tipo "honeycomb" de acero. Las placas de pruebas estarán construidos con unos materiales de calidad equivalente o superior a: tablero-top de acero inoxidable, con una planitud de +- 0.1mm, y un interior de tipo "honeycomb" de acero.

- **Requisitos y/o rendimiento o exigencias del lote 10**

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

#### **Requisitos de las fuentes de luz laser (L10.LAS)**

#### **Requisito L10.LAS1: Chasis**

Los módulos láseres estarán integrados en un único chasis que contendrá también la electrónica e interfaz de control, programación y conexiones. El chasis tendrá una pantalla táctil integrada, botones individuales para cada fuente láser y medidas de seguridad láser adecuadas para las clases de láser integradas.

Cuenta con entradas BNC de modulación para cada fuente láser, conexión para el interlock y conexión USB 2.0.

#### **Requisito L10.LAS3: Fuentes láser**

El equipo cuenta con cuatro fuentes láser con las siguientes características:

<i>Longitud de onda (nm)</i>	<i>Potencia mínima (mW)</i>
808	230
1064	48
1310	48
1550	80

#### **Requisito L10.LAS4: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

### Requisitos del láser de diodo (L10.DIO)

#### **Requisito L10.DIO1: Especificaciones**

El láser de diodo tendrá las siguientes especificaciones:

- 520 nm de longitud de onda
- 4.5 mW de potencia típica de emisión
- Emisión colimada
- Interfaz y alimentación por USB A

#### **Requisito L10.DIO2: Montaje**

Incluye componentes optomecánicos de montaje (montura con dos grados de libertad, poste y pie completos para sujetar en una mesa óptica con roscas M6).

#### **Requisito L10.DIO3: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

### Requisitos de medición de potencia y ayuda al alineamiento (L10.PM)

#### **Requisito L10.PM1: Pantalla**

La consola contará con una pantalla táctil integrada para el control del equipo y las cabezas medidoras de potencia.

#### **Requisito L10.PM2: Rango de potencias**

La consola y la interfaz USB podrán medir potencias de al menos entre 100 pW y 200W con diferentes cabezas medidoras. El rango de energías será de al menos entre 10 uJ y 15 J.

#### **Requisito L10.PM3: Tasa de repetición**

La consola podrá hacer medidas con una tasa de repetición máxima de 3 kHz o mejor.

#### **Requisito L10.PM4: Sensores**

La consola será compatible con sensores de los tipos: fotodiodo de potencia, potencia térmica, posición térmica y potencia, energía piroeléctrica.

#### **Requisito L10.PM5: Interfaces**

La consola tendrá una interfaz USB 2.0 que permita control remoto y transferencia de datos con un ordenador. También recargará la batería interna.

La consola tendrá un conector hembra D-sub de 9 pines para las cabezas medidoras de potencia y una entrada auxiliar de 14 pines para otras conexiones.

#### **Requisito L10.PM6: Memoria interna**

La consola tendrá una memoria interna tipo "flash" de al menos 4 GB.

#### **Requisito L10.PM7: Software y librerías**

La consola podrá ser controlada con un software propio desde un ordenador y tendrá disponibles librerías para su programación e incorporación en software personalizado y de terceros al menos con Python, C y MatLab.

### **Requisito L10.PM9: especificaciones**

Los dos fotodiodos de las cabezas medidoras de potencia tendrán las siguientes especificaciones mínimas:

	<i>Fotodiodo 1</i>	<i>Fotodiodo 2</i>
Rango de longitudes de onda	400 - 1100 nm	700 - 1800 nm
Rango de potencias	500 pW – 5 mW	5 nW – 5 mW
Resolución	1 pW	1 nW
Montaje	Rosca M4	Rosca M4
Adaptadores	Rosca SM1 en detector de haces fotosensible.	Rosca SM1 en detector de haces fotosensible.
Filtro integrado	Reflectivo OD2	Absorbente (Schott NG9/KG3 o equivalente.)
Apertura	9.5 mm	9.5 mm

### **Requisito L10.PM10: Adaptador**

Los dos fotodiodos se suministrarán con adaptadores SM1 a fibra óptica tipo FC de llave ancha.

### **Requisito L10.PM11: Longitudes de onda**

Las tarjetas suministradas permitirán la localización de haces de longitudes de onda entre 400 – 640 nm y 800 – 1700 nm al mismo tiempo, y entre 700 – 1400 respectivamente.

### **Requisito L10.PM12: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 2 años completos desde la entrega.

### **Requisitos de los atenuadores ópticos sintonizables (L10.ATT)**

### **Requisito L10.ATT1: Especificaciones**

Dos atenuadores tendrán las siguientes especificaciones mínimas:

- 1300 – 1600 nm
- Atenuación sintonizable desde 1.5 dB a 25 dB
- Potencia de entrada máxima de 150 mW
- Conectores de fibra óptica FC/APC

- Conexiones USB y RS-232 para alimentación e interfaz con ordenador

Y otros dos atenuadores tendrán las siguientes especificaciones mínimas:

- 800 - 950 nm
- Atenuación sintonizable de 1.5 a 25 dB
- Potencia máxima de entrada 200 mW
- Pantalla con indicador de potencia de salida, leída de un porcentaje desviado de la señal atenuada
- Ruleta de selección de calibración
- Conectores FC/APC
- Entrada para modulación externa y salida de monitoreo SMA
- Batería interna y puerto de carga

#### **Requisito L10.ATT2: Software**

Los atenuadores se pueden utilizar mediante su propio software para sintonizar la atenuación o programarse mediante comandos serie.

#### **Requisito L10.ATT3: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

#### **Requisitos de las ópticas (L10.OPT)**

#### **Requisito L10.OPT1: Especificaciones de las lentes**

Se suministrarán al menos las siguientes lentes ópticas con una tolerancia para las distancias focales del 10%:

<i>Diámetro</i>	<i>Material y recubrimiento AR</i>	<i>Distancias focales (mm)</i>
1"	N-BK7 1050 – 1620 nm	<b>Planoconvexas:</b> 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000 <b>Biconvexas:</b> 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000 <b>Plano cónicas:</b> -30, -50, -75, -100 <b>Bicónicas:</b> -30, -50, -75
1"	650 – 1050 nm	<b>Planoconvexas:</b> 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000 <b>Biconvexas:</b> 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000 <b>Plano cónicas:</b> -30, -50, -75, -100 <b>Bicónicas:</b> -30, -50, -75

1"	Sin recubrimiento	<b>Planoconvexas:</b> 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000 <b>Biconvexas:</b> 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000 <b>Plano cóncavas:</b> -30, -50, -75, -100 <b>Bicónicas:</b> -30, -50, -75
2"	1050 – 1620 nm	<b>2x Planoconvexas:</b> 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400, 500, 750, 1000
2"	650 – 1050 nm	<b>2x Planoconvexas:</b> 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400, 500, 750, 1000

, las siguientes lentes en montura adecuada a su tamaño:

- 4x  $f = 2.0$  mm, NA = 0.50, WD = 0.3 mm, DW = 780 nm, lente asférica sin recubrimiento.
- 4x  $f = 2.8$  mm, NA = 0.60, WD = 1.0 mm, DW = 830 nm, lente asférica sin recubrimiento.
- 4x  $f = 4.0$  mm, NA = 0.60, WD = 1.5 mm, DW = 408 nm, lente asférica sin recubrimiento.

y las siguientes lentes cada una con un adaptador a montura de 1" con rosca interna y anillo de retención:

- 2x lente asférica de 12.5 mm de diámetro,  $f = 10$  mm, recubrimiento AR 650-1050 nm.
- 2x lente asférica de 15 mm de diámetro,  $f = 12$  mm, sin recubrimiento, recubrimiento AR 650-1050 nm.
- 2x lente asférica de 18 mm de diámetro,  $f = 15$  mm, sin recubrimiento, recubrimiento AR 650-1050 nm.
- 2x lente asférica de 25 mm de diámetro,  $f = 20$  mm, recubrimiento AR 650-1050 nm (no necesita adaptador).
- 2x lente asférica de 12.5 mm de diámetro,  $f = 10$  mm, recubrimiento AR 1050-1700 nm.
- 2x lente asférica de 15 mm de diámetro,  $f = 12$  mm, sin recubrimiento, recubrimiento AR 1050-1700 nm.
- 2x lente asférica de 18 mm de diámetro,  $f = 15$  mm, sin recubrimiento, recubrimiento AR 1050-1700 nm.
- 2x lente asférica de 25 mm de diámetro,  $f = 20$  mm, recubrimiento AR 1050-1700 nm (no necesita adaptador).

Todos los requisitos especificados en esta sección, menos el diámetro de las ópticas, tienen una tolerancia del 10% (en el caso de los rangos espectrales solo para aumentarlos).

#### Requisito L10.OPT2: Especificaciones de los filtros de potencia

Se suministrarán al menos dos filtros reflectivos N-BK7 (350 a 1100 nm) y dos filtros absorbentes NIR (1000 a 2500 nm) de cada una de las siguientes densidades ópticas con diámetro de 25 mm y montura SM1: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0.

#### **Requisito L10.OPT3: Especificaciones de los espejos**

Se suministrarán, al menos:

- 30 espejos de 1" de diámetro y recubrimiento de plata
- 10 espejos de 2" de diámetro y recubrimiento de plata
- 5 espejos en forma de D de 1" de diámetro con recubrimiento de plata
- 2 espejos dícróicos de paso-largo con corte en 1000 nm y 1" de diámetro

#### **Requisito L10.OPT4: Especificaciones de los divisores de haz**

Se suministrarán los siguientes divisores de haz de cubo de tamaño ½":

- 6x 50:50 no polarizante, 1100-1600 nm
- 6x 50:50 no polarizante, 700-1100 nm
- 4x 10:90 no polarizante, 1100-1600 nm
- 4x 10:90 no polarizante, 700-1100 nm
- 4x polarizante, 700-1300 nm
- 4x polarizante, 1200-1600 nm

También se requiere el suministro de 12 monturas de plataforma para cubos de ½", con agujeros pasantes para tornillos M4 y fijación por tornillo con punta plástica/cerámica.

#### **Requisito L10.OPT5: Especificaciones de las ópticas polarizantes**

Se suministrarán las siguientes ópticas polarizantes:

- 2x placas de media onda acromáticas montadas en SM1, 690-1200 nm
- 2x placas de media onda acromáticas montadas en SM1, 1100-2000 nm
- 2x placas de cuarto de onda acromáticas montadas en SM1, 690-1200 nm
- 2x placas de cuarto de onda acromáticas montadas en SM1, 1100-2000 nm

#### **Requisito L10.OPT6: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

#### **Requisitos de los retardadores de media longitud de onda (L10.RETW)**

#### **Requisito L10.RETW1: Especificaciones**

Se suministrarán los siguientes componentes en las cantidades indicadas:

Cantidad	Componente	Especificaciones

2	Retardador de media longitud de onda de cristal líquido	10 mm de apertura, 1" de diámetro exterior de montura, retardado de 30 nm a media longitud de onda, recubrimiento anti-reflectante de 650 a 1050 nm, cable de conexión al controlador.
2	Controlador de retardador de cristal líquido	Controles físicos, pantalla digital indicadora, salida AC regulable entre 500 Hz y 10 kHz y de 0 a ± 25 V rms, dos puertos de trigger, máximo 50 mA
1 o 2	Fuente de alimentación con dos salidas / fuente de alimentación con una salida	± 15 V, conectores mini-DIN

#### Requisito L10.RETW2: Garantía

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

#### Requisitos de los componentes optomecánicos (L10.OPTM)

#### Requisito L10.OPTM1: Especificaciones

Se suministrarán los siguientes componentes optomecánicos en las cantidades indicadas.

Cantidad	Componente	Especificaciones
40	Montura cinemática para ópticas de Ø 1"	Dos grados de libertad, agujero pasante M4, ajuste con tornillo prisionero de punta de nylon, pomos en los tornillos de ajuste
20	Montura cinemática para ópticas de Ø 2"	Dos grados de libertad, agujero pasante M4, ajuste con tornillo prisionero de punta de nylon, pomos en los tornillos de ajuste
10	Plataforma cinemática 48.6 mm de superficie cuadrada	Dos grados de libertad, agujeros pasantes M4, roscas M4
4	Rail de longitud 300 mm	Agujeros pasantes M6
4	Rail de longitud 75 mm	Agujeros pasantes M6
15	Montura fija para ópticas de Ø 2"	Rosca M4
30	Montura fija para ópticas de Ø 1"	Rosca M4

1	Kit de espaciadores para pedestales	Contiene cinco espaciadores, con agujeros pasantes M6, de 1, 2, 3, 4, 5 y 10 mm, un espaciador de 6, 7, 8 y 9 mm, veinticinco espárragos M6x1 mm de 20 mm, veinticinco espárragos M6x 1 mm de 25 mm
30	Pedestales de Ø 1" de longitud 75 mm	Roscas M4
20	Pedestales de Ø 1" de longitud 65 mm	Roscas M4
5	Pedestales de Ø 1" de longitud 90 mm	Roscas M4
10	Pedestales de Ø 1" de longitud 50 mm	Roscas M4
50	Cepos para pedestales de Ø 1" de longitud de ranura 31,5 mm	Para tornillos M6
20	Cepos para pedestales de Ø 1" de longitud de ranura 10,2 mm	Para tornillos M6
10	Cepos para pedestales de Ø 1" de longitud de ranura 44.4 mm	Para tornillos M6
5	Soportes de postes de Ø ½" de longitud 54,7 mm	Base de pedestal con imanes fuertes
20	Cepos para rail	Para tornillos M6
15	Monturas para rail	1" de largo, agujero pasante para M6, tornillo de fijación con punta de plástico con muelle de presión.
30	Poste de Ø ½" de longitud 20 mm	Rosca M4 y M6, tornillo prisionero M4
30	Poste de Ø ½" de longitud 30 mm	Rosca M4 y M6, tornillo prisionero M4
30	Poste de Ø ½" de longitud 40 mm	Rosca M4 y M6, tornillo prisionero M4
30	Poste de Ø ½" de longitud 50 mm	Rosca M4 y M6, tornillo prisionero M4
30	Soporte para postes de Ø ½" de longitud 20 mm	Tornillo de sujeción con punta de plástico y muelle de presión, rosca M6
30	Soporte para postes de Ø ½" de longitud 30 mm	Tornillo de sujeción con punta de plástico y muelle de presión, rosca M6

30	Soporte para postes de Ø ½" de longitud 40 mm	Tornillo de sujeción con punta de plástico y muelle de presión, rosca M6
70	Pies para soportes de postes de Ø ½" de 27,9 mm de longitud de ranura	Una ranura y un agujero pasante para M6
30	Pies para soportes de Ø ½" de 20,1 de ranuras	Dos ranuras y un agujero pasante para M6
4	Estaciones de 3 ejes con micrómetros	Plataforma de montaje cuadrada de 60.0 mm con roscas M3 y M4, y raíl para accesorios. Agujeros pasantes M6. Micrómetros de 4 mm de recorrido grueso y 300 micrómetros fino
2	Monturas de estación de 3 ejes para fibra FC/APC de llave estrecha	
4	Monturas de estación de 3 ejes para fibra FC/PC de llave ancha	
2	Monturas de estación de 3 ejes para paquetes de colimación de 11 mm de diámetro	
2	Monturas de estación de 3 ejes para rosca RMS	
4	Adaptadores de M6 a RMS	
2	Monturas de estación de 3 ejes para roscas M8	6 mm de ancho de montura
2	Monturas de estación de 3 ejes para roscas M9	6 mm de ancho de montura
10	Collares de fijación para postes de ½"	
6	Adaptador para monturas de 1" para componentes de 11 mm de diámetro	Con tornillos de fijación y rosca SM1 externa
10	Iris de 25 mm de apertura máxima	Tornillo prisionero M4 para sujeción
5	Iris de 50 mm de apertura máxima y cierre total (apertura mínima 0)	Montado en poste
1	Kit de "pinholes" en montura de 1"	De las siguientes aperturas: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 µm

1	Kit de "pinholes" en montura de 1"	De las siguientes aperturas: 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 µm
4	Plataformas lineales manuales	50x85 mm de superficie útil con varias roscas M6, 25 mm de recorrido, micrómetro montado paralelo al desplazamiento en el lado largo, agujeros pasantes M6 para fijación
2	Plataformas de rotación manuales	2" de diámetro de plataforma con roscas M4 y M6, marcas graduadas en grados de rotación, agujeros pasantes M6 para fijación
5	Brazos de sujeción de ópticas	Postes con terminación en tornillo M4, brazo de sujeción con tornillo de fijación y tornillo prisionero M3 con punta de nylon. Altura de óptica máxima de 24.6 mm
5	Brazos de sujeción de ópticas	Postes con terminación en tornillo M4, brazo de sujeción con tornillo de fijación y tornillo prisionero M3 con punta de nylon. Altura de óptica máxima de 40.9 mm
8	Montura de rotación de ópticas de 1" de diámetro	Escala de rotación graduada, rosca M4 para sujeción
4	Montura abatible 90 grados para ópticas de 1" y rectangulares	Sujeciones con tornillos de punta nylon, imanes de fijación a 0 y 90 grados, pasantes M6 y M4 para montaje.
2	Montura cinemática para ópticas con forma de D de 1", diestra	Dos grados de libertad, pasantes M4
2	Montura cinemática para ópticas con forma de D de 1", zurda	Dos grados de libertad, pasantes M4
2	Montura fija para ópticas con forma de D de 1"	3 roscas M4 para montaje, sujeción con dos tornillos prisioneros de punta nylon

Las longitudes de los componentes tienen una tolerancia del 10%.

#### Requisito L10.OPTM2: Garantía

Los componentes optomecánicos y material entregado tendrán una garantía mínima de 3 años.

### Requisitos de la tornillería y herramientas (L10.TOR)

#### **Requisito L10.TOR1: Tornillería**

Se suministrarán los siguientes componentes de tornillería en las cantidades mínimas indicadas y de acero inoxidable:

Cantidad	Componente	Especificaciones
160	Tornillo con cabeza M3x0.5	Largo de rosca 5 mm
145	Tornillo con cabeza M3x0.5	Largo de rosca 6 mm
120	Tornillo con cabeza M3x0.5	Largo de rosca 8 mm
120	Tornillo con cabeza M3x0.5	Largo de rosca 10 mm
190	Tornillo prisionero M3x0.5	Largo 6 mm
215	Tuerca M3x0.5	
215	Arandela M3	Diámetro exterior 6.8 mm
10	Llave hexagonal M3 de 2.5 mm	
10	Llave hexagonal M3 de 1.5 mm	
75	Tornillo con cabeza M4x0.7	Largo de rosca 6 mm
55	Tornillo con cabeza M4x0.7	Largo de rosca 10 mm
40	Tornillo con cabeza M4x0.7	Largo de rosca 12 mm
25	Tornillo con cabeza M4x0.7	Largo de rosca 20 mm
20	Tornillo con cabeza M4x0.7	Largo de rosca 25 mm
15	Tornillo con cabeza M4x0.7	Largo de rosca 30 mm
20	Tornillo con cabeza M4x0.7	Largo de rosca 40 mm
90	Tuerca M4x0.7	
245	Aranderla M4	Diámetro exterior 9.53 mm
490	Tornillo prisionero M4x0.7	Largo 4 mm
325	Tornillo prisionero M4x0.7	Largo 5 mm
325	Tornillo prisionero M4x0.7	Largo 6 mm
180	Tornillo prisionero M4x0.7	Largo 10 mm
160	Tornillo prisionero M4x0.7	Largo 12 mm
95	Tornillo prisionero M4x0.7	Largo 16 mm
50	Tornillo prisionero M4x0.7	Largo 20 mm
50	Tornillo prisionero M4x0.7	Largo 25 mm
10	Llave hexagonal M5 de 2 mm	
110	Tornillo con cabeza M6x1.0	Largo de rosca 10 mm
100	Tornillo con cabeza M6x1.0	Largo de rosca 12 mm
165	Tornillo con cabeza M6x1.0	Largo de rosca 16 mm
140	Tornillo con cabeza M6x1.0	Largo de rosca 20 mm

115	Tornillo con cabeza M6x1.0	Largo de rosca 25 mm
95	Tornillo con cabeza M6x1.0	Largo de rosca 30 mm
90	Tornillo con cabeza M6x1.0	Largo de rosca 35 mm
75	Tornillo con cabeza M6x1.0	Largo de rosca 45 mm
115	Tuerca M6x1.0	
215	Arandela M6	Diámetro exterior 12.7 mm
135	Tornillo prisionero M6x1.0	Largo 6 mm
80	Tornillo prisionero M6x1.0	Largo 10 mm
345	Tornillo prisionero M6x1.0	Largo 12 mm
40	Tornillo prisionero M6x1.0	Largo 16 mm
150	Tornillo prisionero M6x1.0	Largo 20 mm
30	Tornillo prisionero M6x1.0	Largo 25 mm
25	Tornillo prisionero M6x1.0	Largo 30 mm
20	Tornillo prisionero M6x1.0	Largo 35 mm
10	Llave hexagonal M6 de 3 mm	
30	Calas de fijación	10.6 mm de diámetro exterior. Con tornillo y arandela M3
10	Cepos de fijación	20 mm de largo, 6.2mm de alto. Apertura para tornillo M3

### Requisito L10.TOR2: Herramienta

Se suministrarán las siguientes herramientas:

- 2x Kit de destornilladores hexagonales métricos que contenga: llaves hexagonales de 0.7, 0.9, 1.3, 1.5, 2, 2.5, 3, 4 y 5 mm, destornilladores de mango de 1.5, 2, 2.5, 3, 4 y 5 mm, y un soporte o almacenamiento para los destornilladores y llaves.
- 1x Kit de llaves hexagonales que contenga, al menos, 15 de las siguientes llaves: 0.7, 0.9, 1.3, 1.5, 2, 2.5, 3, 4 y 5 mm, al menos 10 de 6 mm, y un soporte o almacenamiento.
- 1x Llave ajustable entre 3.0 y 73 mm para anillos retenedores de ópticas
- 1x Llave para anillos retenedores SM1 de entre 9 y 10 cm de largo
- 1x Fórceps plano/recto o pinza hemostática recta de acero inoxidable
- 1x caja que contenga al menos 1000 gamuzas desechables para la limpieza de ópticas

### Requisito L10.TOR2: Garantía

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

### Requisitos de las fibras ópticas (L10.FO)

### Requisito L10.FO1: Especificaciones

Se suministrarán las siguientes fibras ópticas, todas con chaqueta de 3 mm siempre que sea posible, o de 900 um, en su defecto:

Cantidad	Longitud [m]	Modo	Conector A	Conector B	Longitud de onda [nm]
5	1	Monomodo	FC/PC	FC/PC	980-1650
5	1	Monomodo	FC/APC	FC/APC	980-1650
5	1	Monomodo	FC/PC	FC/PC	780-970
5	1	Monomodo	FC/APC	FC/APC	780-970
5	5	Monomodo	FC/APC	FC/APC	980-1650
5	5	Monomodo	FC/APC	FC/APC	780-970
3	10	Monomodo	FC/APC	FC/APC	1260-1625
3	10	Monomodo	FC/APC	FC/APC	780-970
5	5	Multimodo (núcleo de 50 um)	FC/PC	FC/PC	400-2400

### Requisito L10.FO2: Accesorios

Se suministrarán los siguientes accesorios para el uso de las fibras ópticas:

- 5x conectores cuadrados FC/PC a FC/PC de llave ancha
- 5x conectores cuadrados FC/APC a FC/APC de llave estrecha
- 10x conectores simples FC/APC de llave estrecha, en soporte “L” con agujero pasante M6 y tapa metálica.
- 10x conectores dobles FC/PC de llave ancha, en soporte “L” con agujero pasante M6 y tapas metálicas.
- 4x controladores de polarización de fibra FC/PC para 1260-1625 nm con 3 palas de 56 mm
- 4x controladores de polarización de fibra FC/PC para 780-970 nm con 3 palas de 56 mm
- 10x adaptadores FC/PC a SC/PC
- 4x adaptadores FC/PC a SMA
- 1x Visor de inspección de fibra óptica con adaptadores para FC y SMA, luz integrada
- 2x Limpiador de punta de fibra óptica SC, ST, FC y E2000, de 2,5 mm.
- 6x Acoplador de fibra monomodo 50:50 con cuatro conectores FC/APC para 1310/1550 nm
- 4x acopladores de fibra monomodo 90:10 con cuatro conectores FC/APC para 1310/1550 nm

- 4x Paquetes colimadores de fibra FC/APC para 1550nm, f = 15.58 mm, NA = 0.16, en carcasa de 11 mm de diámetro

### **Requisito L10.FO3: Garantía**

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 1 año completo desde la entrega.

#### Requisitos del kit extensor de fotones entrelazados en polarización (L10.ESK)

### **Requisito L10.ESK1: Componentes y especificaciones**

El kit permite la realización de un extensor de fotones entrelazados en polarización y se compone de los siguientes elementos:

- Un (1) cristal BBO tipo 1 cruzado, con dos secciones de 1.2 mm de grosor, y ángulo de cortado 29.2°.
- Un (1) cristal BBO de compensación temporal, de 0.85 mm de grosor, y ángulo de cortado 80.0°.
- Dos (2) cristal BBO de compensación espacial, de 1.2 mm de grosor, y ángulo de cortado 12.7°.
- Dos (2) monturas de espejo de 1" con marcas y placa de centrado sobre postes. Tornillos de ajuste con pomo negro.
- Tres (3) Base cinemática completa de 25 mm x 25 mm de superficie, con placas superior e inferior, y agujeros avellanados M4.
- Una (1) placa superior extra de la base cinemática de 25 mm x 25 mm con agujeros avellanados M4.
- Dos (2) monturas de espejo de ½" con marcas y placa de centrado sobre postes.
- Un (1) pomo azul para tornillos de ajuste.
- Dos (2) espaciadores de poste de ½" de 5 mm de grosor.
- Dos (2) pedestales de 1" de diámetro y 50 mm de largo con agujero roscado M4
- ,
- Un (1) pilar de ½" de diámetro y 30 mm de largo con agujeros roscados M4 y M6.
- Un (1) soporte de pilar de ½" con tornillo de ajuste con muelle y pomo, largo 30.1 mm.
- Dos (2) polarizadores lineales para longitudes de onda de 650 a 1100 nm, de ½" en montura SM05.
- Dos (2) Adaptador con tornillo externo SM1 e interno SM05, 0.15" de largo.
- Dos (2) Montura de rotación para ópticas de 1" de diámetro, con giro continuo de 360° o indexado de 22.5°, rosca M4 para sujeción.
- Dos (2) pedestales de 1" de diámetro y 50 mm de largo con agujeros roscados M4.
- Cinco (5) cepos para pedestales de 1" con hueco pasante de 1.24".
- Tornillería necesaria para el montaje de las monturas, las ópticas y los componentes sobre un banco óptico con roscas M6.

### **Requisito L10.ESK2: Garantía**

Todos los componentes y elementos del kit tendrán una garantía mínima de un año completo desde la entrega.

## 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