

Pliego de prescripciones técnicas para el suministro de equipamiento láser, de conversión de frecuencia y de detección de fotones 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: 2025112500

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

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

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

1. Un (1) láser ultrarrápido de femtosegundos;
2. Diez (10) cristales no lineales, dos (2) láseres pulsados de nanosegundos, dos (2) láseres pulsados de picosegundos, dos (2) detectores de cuadrantes, cinco (5) detectores de fotones individuales, tres (3) detectores de fotones de avalancha, dos (2) detectores balanceados amplificados, cuatro (4) fotodetectores de alta velocidad, una (1) cámara científica CMOS, un conjunto de cinco (5) fibras ópticas multimodo, y accesorios asociados a los diferentes elementos mencionados;
3. Dos (2) etiquetadores de tiempo y un (1) generador de pulsos;
4. Tres (3) detectores de fotones individuales en el infrarrojo;

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 y comunicaciones cuánticas 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 comunicaciones cuánticas, 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-H1.4. Adquisición e instalación de equipos generales de laboratorio de óptica láser para escenarios en laboratorio compatibles tanto con fibra como con espacio libre.

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 del servicio 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 requerimientos 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 forma parte del objeto de este contrato la actividad A3.6.

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.

El presente contrato tiene como objeto contribuir al desarrollo de la actividad A3.6 del paquete de trabajo 3 de 6GQuCryptoLab, a través del suministro de 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 cuatro lotes para los cuales se identifican los objetivos detallados a continuación:

Objeto del lote 1: Suministro de láser pulsado ultrarrápido de femtosegundos - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)

El objeto del lote 1 es parte de la actividad 3.6. Consiste en el suministro de un láser pulsado ultrarrápido de femtosegundos para experimentación de protocolos de comunicación cuántica de alta tasa de repetición y pulso de luz muy estrecho. Provee de capacidad de bombeo láser de alta intensidad para la generación eficiente, síncrona y controlada de parejas de fotones a partir de materiales con procesos de generación

fotónica no lineal, clave en diferentes protocolos de comunicaciones cuánticas como QKD, tanto de tipo “preparar y medir” como basados en “entrelazamiento”.

Objeto del lote 2: Suministro de láseres pulsados de picosegundos y nanosegundos, cristales no lineales, fotodetectores, detectores de luz y fotones individuales, una cámara científica y fibra óptica - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)

El objeto del lote 2 es parte de la actividad 3.6. Consiste en el suministro de láseres de picosegundos y nanosegundos en diferentes longitudes de onda de emisión, cristales no lineales para procesos de conversión de frecuencia y generación de pares de fotones, detectores de luz de tipo avalancha, detectores de fotones individuales en visible e infrarrojo cercano, una cámara científica y fibra óptica. Todo este equipamiento permite realizar experimentos ópticos y fotónicos en diferentes longitudes de onda con fotones individuales y estados de luz altamente atenuados, escenarios comunes en aplicaciones de comunicación cuántica.

Objeto del lote 3: Suministro de etiquetadores de tiempo y un generador de pulsos - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)

El objeto del lote 3 es parte de la actividad 3.6. Consiste en el suministro de etiquetadores de tiempo y generadores de pulsos. Este equipamiento permite realizar el etiquetado temporal en la detección de eventos fotónicos esencial para las tareas de conteo de fotones y de estadística de estados cuánticos. El generador de pulsos permite sincronizar señales y eventos entre diferentes dispositivos involucrados en la detección y experimentos de comunicación cuántica.

Objeto del lote 4: Suministro de detectores de fotones individuales en el rango infrarrojo (IR) - Proyecto 6GQuCryptoLab (TSI-064100-2023-14)

El objeto del lote 4 es parte de la actividad 3.6. Consiste en el suministro de detectores de fotones individuales en el rango IR, infrarrojo. Permite realizar la detección de fotones individuales, para la realización de mediciones y experimentos de comunicación cuántica y óptica con haces láser y estados cuánticos en el infrarrojo, con longitudes de onda típicas en telecomunicación como la tercera ventana óptica de 1550 nm.

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. A3.6: láser pulsado ultrarrápido de femtosegundos

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

- Suministro de un láser pulsado ultrarrápido de femtosegundos.

- Suministro del cableado y accesorios necesarios para el funcionamiento del equipo.
- Software de control y librerías de programación/control.

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. A3.6: láseres pulsados de picosegundos y nanosegundos, cristales no lineales, fotodetectores, detectores de luz y fotones individuales, una cámara científica, un conjunto de fibras ópticas y accesorios asociados

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

- Suministro de dos (2) láseres pulsados de picosegundos según requerimientos.
- Suministro de dos (2) láseres pulsados de nanosegundos según requerimientos.
- Suministro de un conjunto de diez (10) cristales no lineales según requerimientos.
- Suministro de dos (2) detectores de cuadrante.
- Suministro tres (3) detectores de fotones de avalancha
- Suministro de dos (2) detectores balanceados amplificados.
- Suministro de cinco (5) detectores de fotones individuales (SPAD) en el rango visible e infrarrojo cercano (VIS-NIR).
- Suministro de cuatro (4) detectores de alta velocidad.
- Suministro de una (1) cámara científica CMOS con objetivo.
- Suministro de un conjunto de cinco (5) fibras ópticas multimodo con conectores FC/PC.
- Suministro del cableado y accesorios necesarios para el funcionamiento de todos los equipos y componentes.
- Software de control y librerías de programación/control para los equipos y componentes que lo necesiten.

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. A3.6: etiquetador de tiempo y un generador de pulsos

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

- Suministro de dos (2) etiquetadores de tiempo según requisitos.
- Suministro de un (1) generador de pulsos según requisitos.
- Suministro del cableado y accesorios necesarios para el funcionamiento del equipo.
- Software de control y librerías de programación/control.

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: Detectores de fotones individuales en el infrarrojo (IR)

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

- Suministro de tres (3) detectores de fotones individuales (SPAD) en el rango IR, infrarrojo, según requisitos.
- Suministro del cableado y accesorios necesarios para el funcionamiento del equipo.
- Software de control y librerías de programación/control.

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.

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 a los lotes 1, 2, 3 y 4

Las finalidades y objetivos del proyecto 6GQuCryptoLab a los que la realización de los lotes 1, 2, 3 y 4 de este contrato va 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.

6. Requerimientos 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

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. Esta documentación podrá apoyarse de material audiovisual.

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 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 del láser ultrarrápido de femtosegundos (L1.FS)

Requisito L1.FS1: Especificaciones

El láser ultrarrápido de femtosegundos tendrá las siguientes especificaciones:

- El sistema deberá proporcionar salidas en el infrarrojo cercano, longitud de onda central nominal a 1560 nm (1560 nm +/-20 nm), y en el visible cercano, longitud de onda central nominal de 780 nm (780 nm +/- 10 nm)
- Dispone de salidas láser en espacio libre separadas para 1560 nm y 780 nm, con sintonización del balance de potencia entre ambas
- Potencias de salida media ≥ 500 mW en 1560 nm y ≥ 250 mW en 780 nm
- División de la potencia arbitraria y a demanda entre los dos puertos
- Ancho de pulso <120 fs para el pulso en 780 nm
- Tasa de repetición nominal de 100 MHz, tanto para 1560 nm como 780 nm
- Estabilidad en la tasa de repetición: "Jitter" en tiempo <5 fs
- La salida deberá estar polarizada linealmente en ambas longitudes de onda
- El sistema deberá estar estabilizado térmicamente y no requerir sistemas de refrigeración complejos
- El sistema deberá permitir un ajuste electrónico fino de la tasa de repetición, posibilitando su sincronización (*locking*) con sistemas externos

Requisito L1.FS2: Garantía

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

- **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.

Se admitirán equipos que, aun presentando valores nominales distintos a los especificados, cumplan como mínimo los requisitos funcionales, operativos y de rendimiento establecidos en el presente Pliego. Podrán aceptarse equivalencias razonables en las características técnicas siempre que tales diferencias no afecten negativamente a la capacidad, calidad, seguridad, compatibilidad o desempeño global requerido para el componente o el sistema en su conjunto. El licitador deberá justificar documentalmente la equivalencia funcional de cualquier especificación alternativa propuesta.

Requisitos de los láseres pulsados de picosegundos (L2.PS)

Requisito L2.PS1: Láseres de picosegundos

Un (1) láser de 850 nm:

- Emisión centrada en 850 nm con ± 10 nm de sintonización
- Ancho de pulso de <70 ps, modos de nanosegundo, en un rango de al menos 1-65 ns, y de onda continua (CW) configurables
- Potencia pico superior a 80 mW en régimen de picosegundos
- Disparo interno y externo, desde disparo único hasta frecuencias de 200 MHz
- Salida de fibra FC/APC, 2.0 mm de llave estrecha

Un (1) láser de 1550 nm:

- Emisión centrada en 1550 nm con ± 20 nm de sintonización
- Ancho de pulso de <80 ps, modos de nanosegundo, en un rango de al menos 1-65 ns, y de onda continua (CW) configurables
- Potencia pico superior a 35 mW en régimen de picosegundos
- Disparo interno y externo, desde disparo único hasta frecuencias de 200 MHz
- Salida de fibra FC/APC, 2.0 mm de llave estrecha

Requisito L2.PS2: Garantía

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

Requisitos de los cristales no lineales (L2.XTAL)

Requisito L2.XTAL1: Requisitos

Cristales requeridos y sus requisitos:

Cristal	PP* [um]	Grosor / Longitud (mm)	Duración mínima del pulso (fs) / Tipo	Bombeo (rango) [nm]	Salida (rango) [nm]	Formato	Unidades
β -BBO-SHG	-	0.15 / -	30 / -	680-900	340-450	Montura de 1"	2
β -BBO-	-	0.30 / -	60 / -	680-900	340-450	Montura de	2

SHG						1"	
β-BBO-SHG	-	3.00 / -	25 / -	1300-1700	650-850	Montura de 1"	2
β-BBO-SPDC	-	2 / -	- / tipo-I	405	810	Montura de 1"	1
β-BBO-SPDC	-	2 / -	- / tipo-II	405	810	Montura de 1"	1
PPKTP-SPDC	9,925	- / 30	- / tipo-II	405	810	En montura compatible con horno.	1
PPKTP-SPDC	46,025	- / 30	- / tipo-II	775	1550	En montura compatible con horno	1

Poling period

Accesorios requeridos para los cristales:

- 2x Horno compatible con monturas de cristal de 20 y 30 mm de longitud. Temperatura máxima de 200 grados C, apertura libre de 4.6 mm de diámetro, altura de entrada del haz de 1", voltaje de operación de 24 V, peso <1 kg
- 1x Controlador de temperatura del horno
- 2x Montura cinemática de dos grados de libertad compatible con el horno y con fijaciones con tornillos M4 para postes ópticos de ½"
- 2x Montura cinemática de dos grados de libertad compatible con la montura compatible con horno de los cristales
- 4x Conjunto de componentes para el montaje de los cristales en montura de 1". Compuesto de:
 - Montura de rotación para ópticas de 1" de diámetro, con tornillo de bloqueo de rotación y agujero roscado M4 para fijación en poste
 - Base de rotación de 2" de diámetro con cuatro agujeros pasantes M6 para fijación y rosca central M6 para fijación de postes
 - Poste de ½" con rosca de M4 y M6, longitud de 50 mm
 - Soporte de poste óptico de ½", rosca M6, longitud de 50 mm, tornillo de fijación con punta plástica

Requisito L2.XTAL2: Garantía

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

Requisitos de los fotodetectores (L2.PDS)

Requisito L2.PDS1: Garantía

Detectores de cuadrante requeridos:

- 1x Detector de cuadrante, con rango de detección mínimo de 400 a 1050 nm, ancho de banda mínimo de 100 kHz, tamaño de sensor no inferior a 3 mm, espacio entre cuadrantes no superior a 100 um, responsividad de al menos 0.4 A/W en 633 nm
- 1x Detector de cuadrante, con rango de detección mínimo de 1000 a 1700 nm, ancho de banda mínimo de 100 kHz, tamaño de sensor no inferior a 3 mm, espacio entre cuadrantes no superior a 100 um, responsividad de al menos 1 A/W en 1630 nm
- 2x controlador - detector de sensor de posición, auto-alineador - compatible con los detectores de cuadrante mencionados antes. con salidas de diferencia X e Y con conectores SMA, salida de suma con conector SMA, con entrada para la conexión del detector de cuadrante, ancho de banda en ciclo cerrado capaz de llegar hasta 1 kHz, ancho de banda en modo monitorizado (-3.0 dB) de al menos 100 kHz
- 1x Fuente de alimentación para el controlador: con dos (2) salidas de alimentación que permite a alimentar a 2x controlador, o 2x fuentes con una (1) salida para cada controlador

Detectores de fotones de avalancha (APD) requeridos:

- 2x APD VIS de 400 a 1000 nm, tipo acoplado a fibra, ancho de banda de salida de al menos el rango DC - 400 MHz, adaptador rosca externa M12x0.5, diámetro del área de detección activa de al menos 0.5 mm, responsividad máxima de al menos 53 A/W en 800 nm, agujeros roscados M4 x 0.7, compensado en temperatura, ganancia variable
- 1x APD IR de 900 a 1700 nm, tipo acoplado a fibra, ancho de banda de salida de al menos el rango DC - 400 MHz, adaptador rosca externa M12x0.5, diámetro del área de detección activa de al menos 0.2 mm, responsividad máxima de al menos 18 A/W en 800 nm, agujeros roscados M4 x 0.7, compensado en temperatura, ganancia variable
- 2x adaptadores de fibra FC/PC para los APD VIS con recubrimiento antireflejante de 600 a 1050 nm
- 1x adaptador de fibra FC/PC para el APD IR con recubrimiento antireflejante de 1050 a 1700 nm
- 3x elementos adaptadores a espacio libre (el adaptador con rosca externa de tipo SM1 permite que los fotodetectores APD antes indicados se utilicen como un detector de espacio libre con optomecánica estándar)

Detectores balanceados amplificados (BAD) requeridos:

- 1x BAD que cubra el rango al menos de 320 a 1000 nm, detector tipo Si/PIN, con ganancia conmutable y salida de monitor rápida, de ganancia conmutable a 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 y 10^7 V/A, ancho de banda de al menos DC-150, 45, 4, 0.3, y 0.1 MHz, tasa de rechazo >25 dB, entrada por fibra FC/PC, ancho de banda de la salida de monitorización de al menos DC-1 MHz, responsividad máxima de al menos 0.53 A/W
- 1x BAD que cubra el rango al menos de 800 a 1700 nm, detector tipo InGaAs/PIN, con ganancia conmutable y salida de monitor rápida, de ganancia

comutable a 10³, 10⁴, 10⁵, 10⁶ y 10⁷ V/A, ancho de banda de al menos DC-150, 45, 4, 0.3, y 0.1 MHz, tasa de rechazo >25 dB, entrada por fibra FC/PC, ancho de banda de la salida de monitorización de al menos DC-1 MHz, responsividad máxima de al menos 1.0 A/W

Fotodetectores de alta velocidad (FPD) requeridos:

- 2x FPD de 800 a 1700 nm, detectores de espacio libre de alta velocidad, con entrada de luz de tipo ventana, ancho de banda de al menos 5GHz, potencia de pico máxima de al menos 100 mW, voltaje de bias 12 V, tiempos de incremento y caída típicos de 70 y 110 ps respectivamente, alimentación por batería y batería incluida, y rosca de montaje métrica.
- 2x FPD de 400 a 1100 nm, detectores de espacio libre de alta velocidad, con entrada de luz de tipo ventana, ancho de banda de 2GHz, potencia pico máxima de al menos 18 mW, voltaje de bias 12 V, tiempos de incremento y caída típicos de 150 ps, alimentación por batería y batería incluida, y rosca de montaje métrica.

Requisito L2.PDS2: Garantía

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

[Requisitos de los SPADs VIS-NIR \(L2.SPADVN\)](#)

Requisito L2.SPADVN1: Requisitos

Detectores de fotones individuales (SPAD) requeridos:

- 5x Se requiere un SPAD con rango de detección que cubra al menos de 400 a 1000 nm, de ganancia fija y del tipo Si-Avalanche Photodetector, con una eficiencia típica de detección de fotones del 60% a 810 nm. La tasa máxima de cuentas oscuras (DCR) deberá ser igual o inferior a 100 Hz, mientras que la tasa máxima de conteo no será inferior a 20 MHz. El tiempo muerto típico deberá ser igual o inferior a 100 ns y la probabilidad típica de afterpulsing igual o inferior al 0,3%. El detector deberá disponer de una entrada de disparo (trigger) con señal TTL y de un conector de entrada de fibra FC/PC, con receptáculo de fibra óptica FC/PC prealineado con el detector. Asimismo, cada detector deberá incluir su fuente de alimentación correspondiente.

Requisito L2.SPADVN2: Garantía

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

[Requisitos de los láseres pulsados de nanosegundos \(L2.NS\)](#)

Requisito L2.NS1: Requisitos

Láseres pulsados de nanosegundos requeridos:

- 1x Láser pulsado de ancho de pulso con emisión en 405 nm, energía de los pulsos de 1.5 nJ, 38 mW de potencia pico, 15 mW de potencia media, ancho de los pulsos sintonizable de 6 a 38 ns, con tasa de repetición configurable hasta

10 MHz. Modos de disparo con referencia interna y externa. Fijaciones para montaje sobre postes ópticos, alimentación y cableado.

- 1x Láser pulsado de ancho de pulso con emisión en 785 nm, energía de los pulsos de 3.5 nJ, 88 mW de potencia pico, 35 mW de potencia media, ancho de los pulsos sintonizable de 6 a 39 ns, con tasa de repetición configurable hasta 10 MHz. Modos de disparo con referencia interna y externa. Fijaciones para montaje sobre postes ópticos, alimentación y cableado.

Requisito L2.NS2: Garantía

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

Requisitos de la cámara científica (L2.SCAM)

Requisito L2.SCAM1: Requisitos

Cámara científica requerida:

- 1x Cámara científica compacta.
 - Sensor monocromo de tipo CMOS de al menos 12 megapíxeles
 - Formato sensor no inferior a 1"
 - Tasa de refresco de al menos 20 fps en "full sensor"
 - Resolución ADC de al menos 12 bits
 - Ruido de lectura <3.5 e- RMS (preferible <2.5 e- RMS)
 - Tamaño compacto - medidas máximas: 85 x 55 x 25 mm
 - Refrigeración pasiva
 - Eficiencia cuántica pico de no inferior 70% entre 525 y 580 nm
 - Ventana con recubrimiento anti-reflectante removible
 - Apertura con rosca SM1 con adaptador para monturas C estándar
 - Conexión de montaje roscado de tipo métrico
 - Cables de alimentación y conexión, software de control y análisis
- 1x Objetivo de 25 mm de distancia focal, apertura mínima de f/2, diseñado para formato de sensor no inferior a 1", con montura estándar C para cámaras y rosca para filtros M35,5x0,5. Anillos de graduación de la apertura y el foco.

Requisito L2.SCAM2: Garantía

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

Requisitos de las fibras ópticas multimodo (L2.FIBER)

Requisito L2.FIBER1: Requisitos

5x fibras ópticas multimodo, con conectores FC/PC en ambos extremos, 50 um de diámetro de núcleo, cladding de 125 um, recubrimiento de 250 um, apertura numérica de 0.22, longitudes de onda aceptadas de 400 a 2400 nm, férula de cerámica, chaqueta naranja de PVC de 3 mm de diámetro, 2 m de longitud.

Requisito L2.FIBER2: Garantía

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

- **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.

Se establece la necesidad de adquirir dos equipos etiquetadores de tiempo y un generador de pulsos, conforme a los requisitos técnicos definidos en los apartados L3.TT y L3.PG. No obstante, se admitirán propuestas que ofrezcan una solución integral capaz de combinar ambas funcionalidades en un mismo equipo, siempre que dicha solución cumpla con las especificaciones técnicas exigidas para ambos apartados. En tal caso, se considerará válida la entrega de dos unidades del equipo de funcionalidad combinada, en sustitución de los tres dispositivos inicialmente requeridos.

Requisitos del etiquetador de tiempo (L3.TT)

Requisito L3.TT1: Requisitos

Dos (2) Etiquetadores de tiempo requeridos con las siguientes especificaciones:

- Sistema de etiquetado temporal multicanal
- Al menos 4 canales de entrada con conector tipo SMA
- Capacidad de etiquetado temporal activada para al menos 4 de dichos canales
- Resolución en tiempo ("jitter RMS") menor o igual a 42 ps
- Tiempo entre pulsos consecutivos no detectados (dead time) no superior a 10 ns
- Equipo con capacidad de procesar al menos 90 millones de etiquetas por segundo (al menos con USB 3.0)
- Rango de señal de entrada compatible al menos con señales TTL, LVTTL y NIM. Impedancia de entrada de 50 Ohms
- Puerto de sincronización con señales/relojes externos, compatible al menos con reloj externo 10 MHz
- Paquete de software incluido, con actualizaciones de software y firmware de por vida
- Software de control y análisis de las etiquetas basado en GUI para facilitar su manejo
- Mediciones paralelas no bloqueantes en cualquier combinación de canales
- Funciones de medición disponibles para: conteo de fotones, cálculo de tasas de conteo, histogramas, diferencias temporales, mediciones de coincidencias, análisis de temporización y frecuencia
- APIs de programación disponibles al menos para Python

Requisito L3.TT2: Garantía

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

Requisitos del generador de pulsos (L3.PG)

Requisito L3.PS1: Requisitos

Un (1) Generador de pulsos y patrones digitales con las siguientes especificaciones:

- 8 canales de salida digitales con conector tipo SMA, capacidad del sistema hasta 1 Giga muestras por segundo (1G muestras/s), y niveles de voltaje sobre 50 Ohms compatibles con señalización TTL y LVTTL. Tiempo de subida y bajada (rise and fall time) medido entre el 20% y el 80% inferior a 500 ps, preferible 300 ps. Ancho mínimo de pulso de 3 ns, preferible 2 ns. RMS jitter inferior a 100 ps, preferible 50 ps.
- Con entrada para trigger externo, preferible conector SMA
- Con entrada para sincronización externa (compatible al menos con reloj externo 10 MHz), preferible conector SMA
- Paquete de software de control completo, con actualizaciones software y firmware de por vida
- Programación del dispositivo compatible al menos con Python y LabVIEW

Requisito L3.PS2: Garantía

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos tres 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 de los SPAD IR (L4.SPADIR)

Requisito L4.SPADIR1: Requisitos

Tres (3) detectores de fotones individuales SPAD con las siguientes especificaciones:

- Rango de detección de 900 nm a 1700 nm
- Basado en fotodiodo de avalancha InGaAs/InP
- Capaz de operar en modo libre (asíncrono) y en modo controlado por "puerta" (gated mode)
- El equipo deberá ser capaz de operar en modo puerta con una frecuencia de repetición máxima superior o igual a 100 MHz
- Eficiencia de detección (photo detection efficiency, PDE), ajustable y capaz de llegar a un valor superior o igual al 25% ($\geq 25\%$) a 1550 nm
- Precisión Temporal (Jitter) menor o igual a 200 ps
- Ruido de cuentas oscuras máximo (dark count rate máxima, DCR maximum) inferior o igual a 800 cps, usualmente medido a una PDE del 10%, en modo libre, y con un tiempo muerto entre 20 us y 100 us
- Baja probabilidad de afterpulsing
- Tiempo de espera de detección ajustable por software, cubriendo al menos el rango de menor o igual que 1 μ s a mayor o igual 80 μ s (rango programable mínimo $\leq 1 \mu$ s y $\geq 80 \mu$ s)
- Entrada óptica acoplada por fibra, conector tipo FC/PC
- Salida de pulsos eléctricos estándar (ej. TTL, LVTTL o NIM)
- Debe incluir una entrada de "gating" externa
- Software controlable por USB, debe incluir una GUI y un SDK-DLL librerías (o API) para su programación

- Suministro del cableado y accesorios necesarios para el funcionamiento de los equipos

Requisito L4.SPADIR2: Garantía

Los dispositivos y todo el material entregado relacionado tendrán una garantía completa de al menos 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