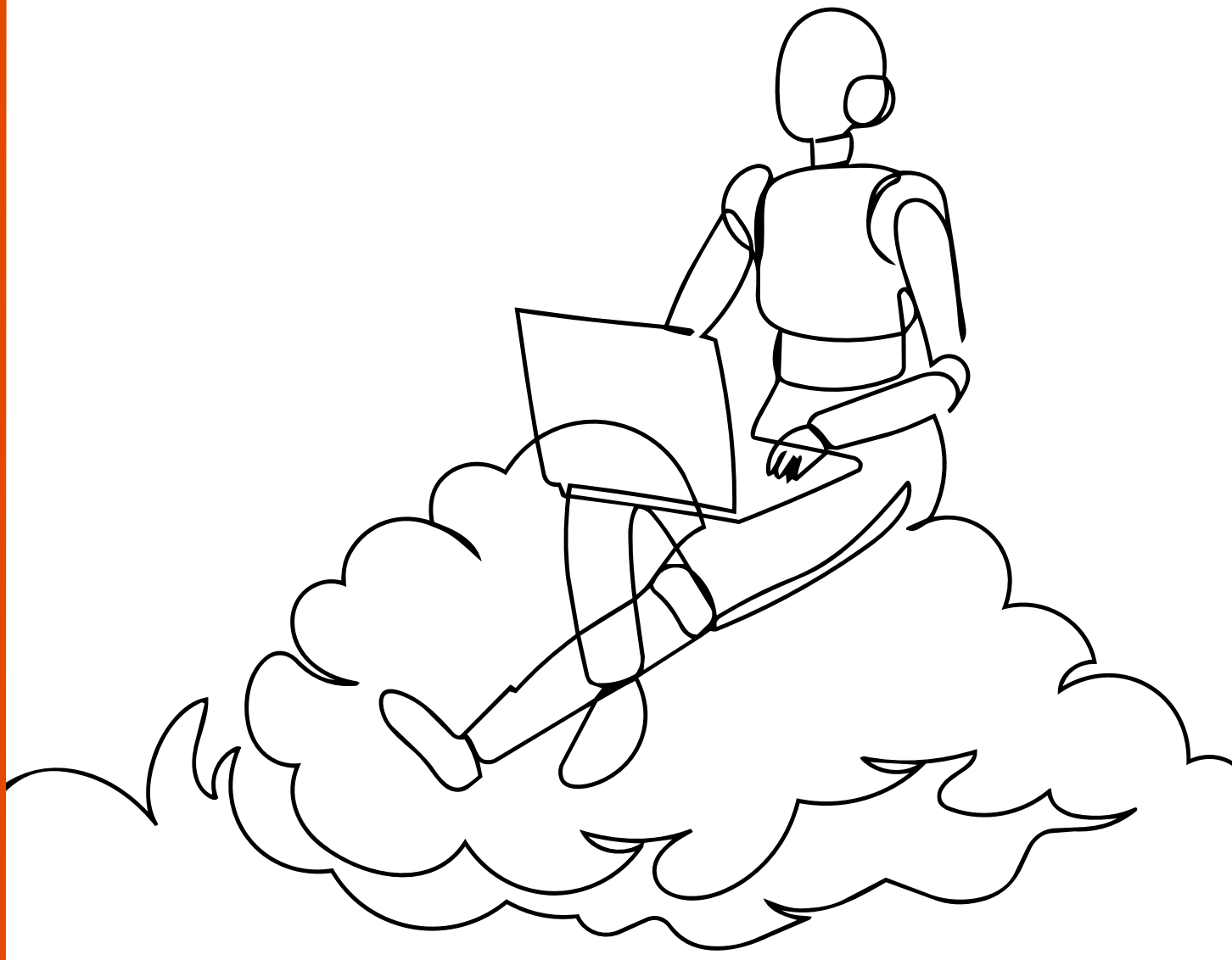
DINAMIZACIÓN DEL ECOSISTEMA DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS EN ESPAÑA



COTEC

DINAMIZACIÓN DEL ECOSISTEMA DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS EN ESPAÑA

OCTUBRE 2026

FUNDACIÓN COTEC

Adelaida Sacristán, directora del departamento de Estudios y Gestión del Conocimiento

María Peñate, responsable de Estudios

COTEC

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 4

RESUMEN EJECUTIVO 7

01. CONTEXTO INTERNACIONAL 11

1.1. Dimensión y perspectivas del mercado cuántico global 12

1.2. Competencia geopolítica y modelos de innovación divergentes 12

02. EL MARCO EUROPEO: LA ESTRATEGIA EUROPEA DE CUÁNTICA 14

03. EL ECOSISTEMA CUÁNTICO EN ESPAÑA: SITUACIÓN ACTUAL 16

3.1. Dimensión y composición del ecosistema español 18

3.2. Marco estratégico e institucional 21

3.3. Formación e investigación en tecnologías cuánticas 22

3.4. Mercado de tecnologías cuánticas 25

3.5. Cadena de Valor de las tecnologías cuánticas 32

04. ANÁLISIS DAFO DEL ECOSISTEMA CUÁNTICO ESPAÑOL 34

05. PALANCAS PARA LA DINAMIZACIÓN 37

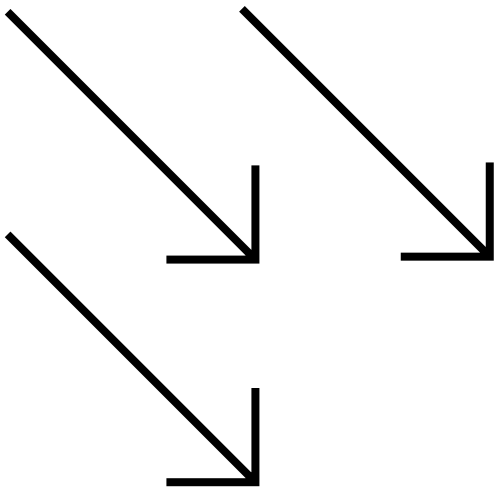
06. CONCLUSIONES 41

07. MIEMBROS DEL GRUPO DE TRABAJO 44

08. CALENDARIO DE SESIONES Y PLAN DE TRABAJO 48

REFERENCIAS 52

ACRÓNIMOS 54



PRESENTACIÓN

Las tecnologías cuánticas están adquiriendo una creciente relevancia económica y una dimensión estratégica cada vez más evidente, ligada a la soberanía tecnológica, la seguridad y la competencia entre grandes bloques geopolíticos.

La Unión Europea aspira a ocupar una posición de liderazgo en el desarrollo y despliegue de estas tecnologías. Sin embargo, pese a su excelencia científica y al esfuerzo inversor realizado, encuentra dificultades para convertir sus capacidades de investigación en oportunidades reales de mercado.

España dispone de una base científica sólida, un ecosistema empresarial en desarrollo, con agentes tanto en la oferta como en la demanda, y una estrategia nacional específica. Aun así, afronta obstáculos relevantes, como la escasez de capital privado, la distancia entre la investigación y la industrialización o la falta de coordinación entre los agentes del ecosistema.

En este contexto, se creó el Grupo de Trabajo de Cotec sobre dinamización del ecosistema de tecnologías cuánticas en España, coordinado por PONS IP y Multiverse Computing, en el que han participado 32 organizaciones miembros de Cotec. El objetivo del grupo ha sido identificar acciones a corto plazo para dinamizar el ecosistema español de tecnologías cuánticas. Para ello, el grupo trabajó en sesiones periódicas, consensuando inicialmente un diagnóstico de partida, para abordar después, en sesiones monográficas, la oferta de tecnologías cuánticas en España, su demanda y la financiación

del ecosistema. Se contó para estas sesiones con la participación de empresas, centros tecnológicos, inversores y administraciones públicas invitadas.

El presente documento recoge el resultado de ese trabajo. Sitúa en primer lugar el ecosistema español en su contexto internacional y en el marco de la estrategia europea. A continuación analiza su dimensión, sus capacidades y su cadena de valor, y presenta un diagnóstico DAFO que desemboca en un conjunto de palancas para la dinamización y en unas conclusiones.



RESUMEN EJECUTIVO

Las tecnologías cuánticas se encuentran en una fase de transición desde la investigación y desarrollo tecnológico hacia la validación comercial. A lo largo de esta década, se ha observado un salto notable en la inversión privada en startups y las proyecciones para 2035 apuntan a mercados de varias decenas de miles de millones de dólares (McKinsey, 2025).

Pero el avance en las tecnologías cuánticas presenta una marcada dimensión geopolítica, con tres grandes bloques que están adoptando estrategias significativamente diferentes. Mientras que EE.UU. ha adoptado un modelo de cooperación entre el sector público y el privado, liderado por este último, China tiene un enfoque centralizado con una inversión pública masiva. Por su parte, la UE sigue un modelo de cooperación entre los Estados miembros, que ha movilizado una notable inversión del sector público, no así en el sector privado, que está lejos de los niveles de inversión de EE.UU., quedando rezagada en la traducción de su potencial científico y tecnológico en oportunidades reales de mercado.

En el caso de España, el ecosistema de tecnologías cuánticas dispone de agentes en la oferta y en la demanda, de centros de investigación y centros tecnológicos, de talento científico, y de un marco estratégico e institucional dentro del cual se han desplegado un conjunto de iniciativas entre las que se incluyen: Quantum Spain, el Plan complementario de comunicación cuánticas o las inversiones de la Sociedad Española de Transformación Tecnológica.
A nivel regional se identifican varios clústeres activos: el País Vasco, orientado a la computación cuántica; la Comunidad de Madrid, que ha marcado una trayectoria en comunicaciones cuánticas; el clúster gallego, que busca posicionar a Galicia como referente europeo e internacional en computación y comunicación cuánticas. Y si bien no se identifica ningún liderazgo claro en la rama de sensórica, hay algunos actores destacados en el País Vasco y Cataluña.

Con todo, podemos decir que España reúne los ingredientes para desarrollar y avanzar en el despliegue de las tecnologías cuánticas e iniciar un mercado incipiente para estas tecnologías, aunque, al mismo tiempo, se detectan algunas debilidades que amenazan con frenar su desarrollo.

En primer lugar, existe un diferente grado de madurez tecnológica según las ramas, que junto con la ausencia de comparables sólidos supone una dificultad para valorar el riesgo de la inversión, lo que constituye un freno a la movilización del capital privado. Estas diferencias en el estado de madurez de las distintas tecnologías cuánticas – computación, comunicaciones, sensórica – implica necesidades distintas en términos de clientes, regulación, industrialización, financiación y apoyo público. La criptografía poscuántica y la distribución cuántica de claves (QKD) ya son tecnologías desplegables, con calendarios de migración activos a escala europea; la computación cuántica atraviesa una fase de validación comercial incipiente donde la prioridad es generar casos de uso demostrables y desarrollar la base de talento orientado al mercado; la sensórica cuántica, con horizontes comerciales más lejanos en la mayoría de aplicaciones, precisa de un apoyo más sostenido a la investigación y al desarrollo de infraestructuras de prueba. No existe, por tanto, una sola política cuántica: el diseño de medidas eficaces exige diferenciar entre ramas tecnológicas y ajustar los instrumentos a su nivel de madurez real.

Otra de las debilidades detectadas es que, a pesar de que España cuenta con perfiles muy bien formados en investigación básica, faltan perfiles orientados al mercado que sean capaces de traducir el conocimiento del laboratorio a productos y servicios comercializables. Predominan itinerarios formativos focalizados en la formación científica y técnica, que no incorporan formación específica para perfiles que puedan actuar como puente entre laboratorio y mercado. Para facilitar la movilidad de estos perfiles

altamente especializados y evitar la pérdida de talento por la existencia de opciones más atractivas fuera de España, se podrían fomentar los doctorados industriales y posiciones de doble adscripción academia-empresa. En el caso de perfiles técnicos en tecnologías habilitadoras, que no requieren formación del más alto nivel, se podrían fomentar programas de FP dual.

Sobre la demanda empresarial de tecnologías cuánticas, si bien existe demanda de estas tecnologías, adopta mayoritariamente una forma exploratoria, lejos del despliegue productivo. Los casos analizados sugieren modelos de adopción que se basan mayoritariamente en equipos internos pequeños, que desarrollan pilotos apoyándose en agentes del ecosistema (empresas tecnológicas, spin-off, centros tecnológicos, universidades, centros de investigación, …) y accediendo a infraestructuras cuánticas a través de proveedores.

Desde el lado del sector público, el potencial de la demanda es alto, pero depende del nivel de madurez de la tecnología. En el caso de tecnologías con TRLs avanzados puede ser un mecanismo eficaz. Sin embargo, el nivel de madurez de muchas tecnologías cuánticas es bajo y además su aplicación requeriría de la entidad pública la capacidad de identificar y especificar la necesidad que la tecnología debe resolver, lo que presupone un conocimiento de la tecnología que no siempre existe. La utilización estratégica de la demanda pública necesita articularse de forma que los distintos instrumentos disponibles se adapten según la madurez de la tecnología.

En cuanto a la oferta, el número de actores identificados es reducido pero muestra una cobertura notable de los tres grandes pilares de estas tecnologías, si bien, su madurez comercial se encuentra en muchos casos en fase de consolidación intermedia, con capacidad tecnológica contrastada, pero con un déficit notable en la transición hacia modelos de negocio escalables a nivel europeo e internacional.

El análisis de la cadena de valor señala también algunas carencias. Se observa una distribución asimétrica con una posición relativamente consolidada en los eslabones intermedios - el software de sistemas y, sobre todo, la integración y el desarrollo de aplicaciones - pero el ecosistema fabricante es todavía reducido. En el eslabón de suministros auxiliares y bases físicas, España depende en mayor medida de proveedores externos, lo que constituye una vulnerabilidad estratégica. Estas brechas sugieren prioridades de política industrial claras: en el corto plazo, fortalecer los eslabones de integración y adopción —donde la demanda está más madura— y aprovechar la criptografía poscuántica como vector de entrada al mercado; en el medio plazo, desarrollar capacidades propias en hardware y componentes físicos para reducir la dependencia exterior; y en el largo plazo, posicionar a España como referente europeo en sensórica cuántica, aprovechando la ventana de oportunidad que ofrece un segmento aún poco consolidado a escala global.

Por último, se observa una ausencia de coordinación y narrativa común que limita la capacidad de generar un ecosistema competitivo capaz de escalar a nivel europeo.

El análisis y debate a lo largo de las sesiones del grupo de trabajo, permitió también consensuar un conjunto de líneas de actuación que contribuirían a acelerar la industrialización de las tecnologías cuánticas en España:

- Combinar impacto inmediato y desarrollo a medio y largo plazo. Desarrollar de forma paralela las distintas capas de estas tecnologías (hardware, software, aplicaciones) y sectores complementarios a la cuántica.

- Aprovechar la convergencia con la inteligencia artificial. La integración entre computación cuántica, IA y computación de alto rendimiento puede reducir la barrera de entrada y generar resultados parciales

antes de que la tecnología cuántica alcance su madurez plena.

- Hacer visibles los casos de uso. Visibilizar casos de uso claramente validados puede contribuir a traducir problemas de negocio concretos en problemas que la cuántica pueda abordar.

- Desarrollar programas de talento orientados al mercado. España es cantera de perfiles muy bien formados en investigación básica, pero faltan perfiles orientados al mercado que sean capaces de traducir el conocimiento del laboratorio a productos y servicios comercializables.

- El sector público como primer cliente. La Administración podría jugar un papel tractor importante si utiliza la demanda de estas tecnologías de forma estratégica.

- Nuevas soluciones para atraer capital privado a las tecnologías cuánticas y quantum-safe. La escasez de capital privado es una de las debilidades estructurales más citadas del ecosistema cuántico español y europeo. En este sentido se proponen varias líneas de actuación complementarias como mejorar la legibilidad del riesgo cuántico para los inversores privados; mecanismos de compra pública de innovación y los contratos con grandes usuarios institucionales (administraciones, empresas tractoras); articulación de sindicatos de inversión especializados en cuántica o tecnologías afines; el futuro Quantum Act europeo ofrece la oportunidad de establecer incentivos fiscales armonizados y mecanismos de garantía pública orientados específicamente a atraer capital hacia tecnologías cuánticas y aquellas relacionadas.

- Sistematizar la protección de los resultados tecnológicos. Elaborar una guía específica sobre protección de resultados de propiedad industrial para tecnologías cuánticas, como acción transversal de dinamización que facilite la apropiación del valor generado y su explotación comercial.

- Pensar en clave europea. Algunos de los retos más relevantes que las tecnologías cuánticas pueden ayudar a superar —infraestructuras de transporte, redes de energía, defensa— tienen una escala que desborda lo nacional al tiempo que proyectos tractores de alcance europeo podrían dar al ecosistema español una oportunidad de crecimiento y liderazgo reconocible.

- Grandes proyectos tractores duales de nivel nacional. Articular grandes proyectos tractores de carácter dual —civil y de defensa— de ámbito nacional. Este tipo de proyectos podría contribuir a vertebrar el ecosistema, coordinar recursos, y a orientar el desarrollo de las tecnologías hacia soluciones con una demanda real acelerando así su industrialización.

- Desarrollar un mecanismo de coordinación del ecosistema de tecnologías cuánticas que permita un co-diseño y co-implementación efectiva.

CONTEXTO INTERNACIONAL

01.

1.1. DIMENSIÓN Y PERSPECTIVAS DEL MERCADO CUÁNTICO GLOBAL

Las tecnologías cuánticas se encuentran en una **fase de transición desde la investigación y desarrollo tecnológico hacia la validación comercial.** Según el informe de McKinsey (2025), las empresas de computación cuántica generaron ingresos estimados entre 650 y 750 millones de dólares en 2024, y preveía superar los 1.000 millones antes de finalizar 2025. Las proyecciones para 2035 sitúan el mercado de computación cuántica entre 28.000 y 72.000 millones de dólares, el de comunicaciones cuánticas entre 11.000 y 15.000 millones, y el de sensórica entre 7.000 y 10.000 millones. El valor económico potencial derivado de la computación cuántica en 2035 se estima entre 0,9 y 2 billones de dólares (McKinsey, 2025).
La inversión privada en startups cuánticas experimentó un salto notable, duplicándose interanualmente hasta alcanzar los 2.000 millones de dólares en 2024 (McKinsey, 2025). No obstante, se observa una reorientación de la financiación: los inversores se focalizan cada vez más en startups en fases tempranas de innovación y en empresas ya maduras, con menor atención al tramo intermedio de escalado.

El informe conjunto EPO-OCDE (diciembre de 2025) confirma que las familias internacionales de patentes en tecnologías cuánticas se multiplicaron por siete entre 2005 y 2024. En ese periodo EE.UU. y China acapararon más del 70 % de las familias de patentes en dichas tecnologías. EE.UU. lidera en número total de patentes concedidas, mientras que China encabeza las publicaciones científicas. La computación cuántica ha emergido como el área más dinámica, con una actividad, contabilizada en número de familias de patentes, que creció cerca de veinte veces en la última década, superando a la comunicación cuántica desde 2022. En esta área, el número de solicitudes de patentes europeas es inferior al 10 % del total mundial, situando a la UE muy por detrás de los dos grandes bloques. El ecosistema global comprende más de 4.500 empresas, aunque menos de 1.000 tienen la cuántica como actividad principal (EPO-OCDE, 2025).

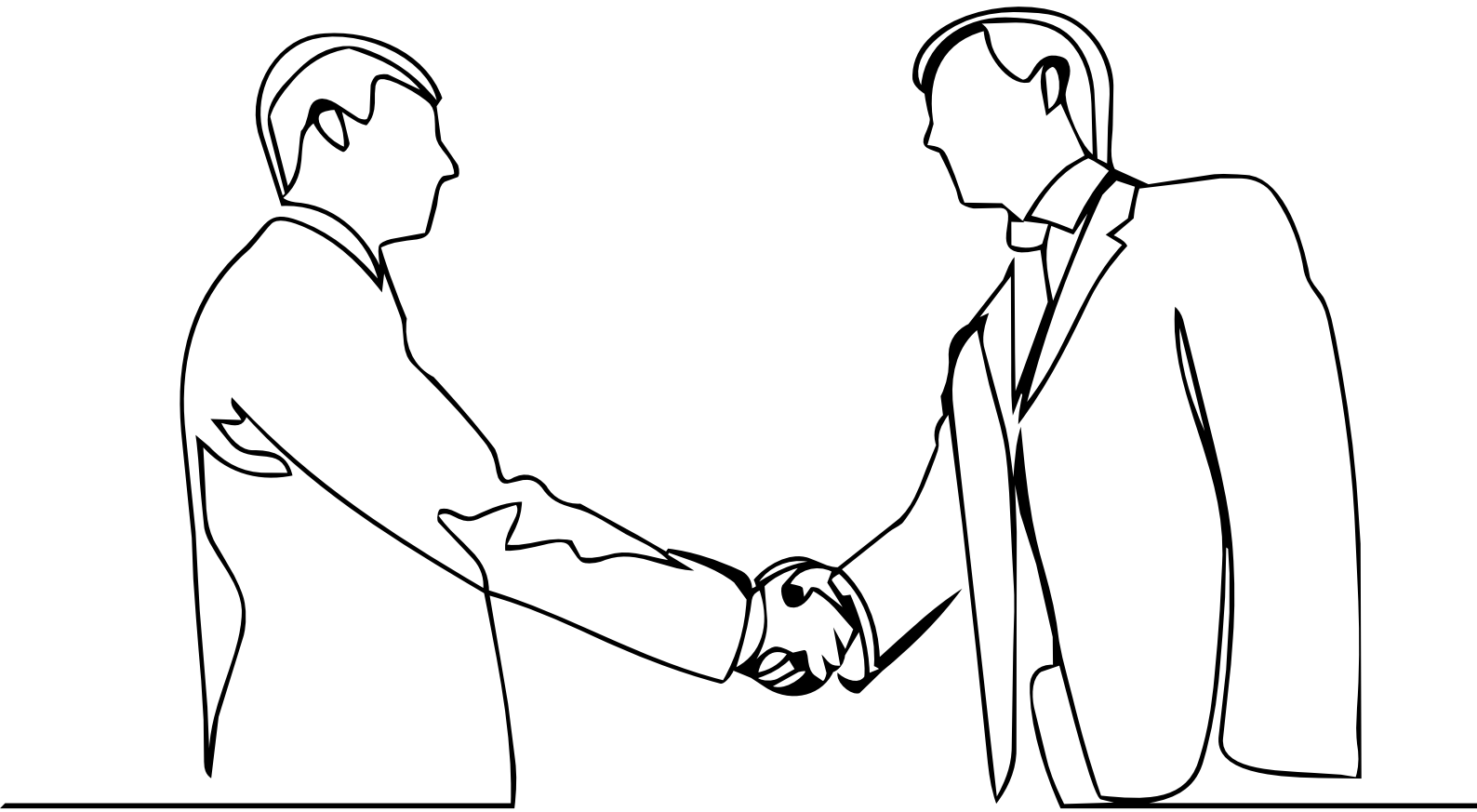
1.2. COMPETENCIA GEOPOLÍTICA Y MODELOS DE INNOVACIÓN DIVERGENTES

La carrera por las tecnologías cuánticas presenta una marcada dimensión geopolítica. Como señalan tanto la Fundación General CSIC (2025) como el informe Tecnalia-Elcano (2025), los tres grandes bloques —EE.UU., China y la UE— adoptan estrategias significativamente diferentes. EE. UU. articula su modelo en torno a la colaboración público-privada con liderazgo del sector corporativo (IBM, Google, Microsoft), habiendo canalizado más de 4.700 millones de euros a través de la National Quantum Initiative Act (2018). China ha optado por un enfoque centralizado respaldado por inversión pública masiva que supera los 14.000 millones de euros, priorizando infraestructuras estratégicas y comunicación cuántica. **La UE,** por su parte, ha apostado por un modelo cooperativo-transnacional a través del Quantum Technologies Flagship[1] (1.000 millones de euros en diez años) y marcos como Horizon Europe, si bien **afronta una fragmentación significativa de esfuerzos entre Estados miembros.**

Un dato particularmente ilustrativo de la brecha competitiva es que, **de las diez empresas que más invierten globalmente en computación cuántica, cinco son estadounidenses, cuatro chinas y ninguna europea** (Tecnalia-Elcano, 2025, citando el informe Draghi). **La UE** ocupa la segunda posición en inversión

1. La iniciativa «Quantum Technologies Flagship» es una iniciativa de investigación e innovación a largo plazo cuyo objetivo es situar a Europa a la vanguardia de la segunda revolución cuántica. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/quantum-technologies-flagship

pública, pero **no consigue movilizar inversión privada** a la altura de EE. UU. Esta asimetría es **una de las vulnerabilidades centrales del posicionamiento europeo.** Europa también muestra una diferencia con respecto a la Propiedad Industrial (PI): su baja actividad en solicitudes de patente limita la protección y explotación estratégica de resultados en tecnologías cuánticas, incrementando la dependencia frente a EE. UU. y China.



EL MARCO EUROPEO:

LA ESTRATEGIA EUROPEA DE CUÁNTICA

02.

La Comisión Europea presentó en julio de 2025 la Quantum Europe Strategy (COM(2025) 363), una comunicación al Parlamento y al Consejo que establece el marco estratégico para asegurar una posición competitiva de Europa en la carrera cuántica global. El documento reconoce que, **pese a su excelencia científica histórica y a haber invertido más de 11.000 millones de euros (fondos UE y nacionales combinados) en cinco años, Europa sigue rezagada en la traducción de su potencial en oportunidades reales de mercado.** Según la propia Comisión, cerca del 70 % de las empresas cuánticas se sitúa fuera de la UE, y los esfuerzos europeos permanecen fragmentados entre Estados miembros, con duplicidades, uso ineficiente de recursos y competencia interna por el talento. La estrategia se articula en cinco áreas:

1. investigación e innovación, con énfasis en una iniciativa conjunta UE-Estados miembros para **evitar duplicidades y generar masa crítica;**

2. infraestructuras cuánticas, incluyendo **sistemas de computación híbridos** integrados con los supercomputadores de altas prestaciones a través de EuroHPCJU (Iniciativa Común de Informática de Alto Rendimiento Europea) y la **red de comunicación** segura EuroQCI (Infraestructura Europea de Comunicación Cuántica);

3. fortalecimiento del **ecosistema industrial,** con especial atención a las cadenas de suministro y al escalado de startups;

4. espacio y **potencial de doble uso,** integrando capacidades cuánticas en la seguridad y defensa europeas;

5. competencias, abordando la formación de una **fuerza laboral especializada y la retención de talento.**

La estrategia europea prevé la publicación de hojas de ruta específicas para computación, comunicación y sensórica cuánticas en 2026, y el despliegue de la primera red de comunicación cuántica interconectada a escala UE para 2030. Un aspecto relevante para España es la creación prevista de un mercado cuántico europeo unificado y el impulso a la adopción temprana por parte de grandes usuarios industriales, un elemento que la estrategia identifica como una de las principales carencias actuales.

La estrategia europea de cuántica irá seguida, previsiblemente en noviembre de 2026, de una propuesta legislativa específica: el Quantum Act. Incluido en el programa de trabajo de la Comisión para 2026, este reglamento tiene por objeto consolidar y ampliar las ambiciones de la estrategia en tres dimensiones complementarias:

- coordinar las inversiones en investigación e innovación de los Estados miembros para evitar duplicidades y generar masa crítica;
- mejorar la capacidad industrial europea para diseñar y producir tecnologías cuánticas a escala comercial, movilizando capital privado e instrumentos similares a los del Chips Act; y
- garantizar la seguridad y resiliencia de las cadenas de suministro cuánticas, dada la naturaleza estratégica y de doble uso de estas tecnologías. Una cuestión especialmente crítica para el desarrollo del hardware cuántico y para la sensórica.

En octubre de 2025 la Comisión abrió una consulta pública para que los actores del ecosistema contribuyeran a definir las prioridades del futuro reglamento. Para España, el Quantum Act podría facilitar el acceso de las empresas españolas a financiación y contratos públicos europeos, a la vez que establecerá exigencias de capacidad industrial que el ecosistema nacional deberá estar preparado para cumplir.

EL ECO SISTEMA CUÁNTICO EN ESPAÑA

SITUACIÓN ACTUAL[2]

03.

En este apartado se hará una descripción de los principales elementos del ecosistema cuántico en España: su dimensión y composición, las capacidades de investigación, la oferta formativa, la existencia de un mercado para las tecnologías cuánticas, y cómo los actores del ecosistema se distribuyen en la cadena de valor.

En conjunto, veremos que España reúne los ingredientes para desarrollar y avanzar en el despliegue de las tecnologías cuánticas, dispone de agentes en la oferta y en la demanda, de centros de investigación y centros tecnológicos, de talento científico, del que una parte significativa trabaja en otros países, de un marco estratégico e institucional, **pero se detecta una debilidad sistémica por ausencia de coordinación y narrativa común lo que limita la capacidad de generar un ecosistema competitivo capaz de escalar a nivel europeo.**

Existen iniciativas que pueden ser base para **construir un mecanismo de coordinación entre los distintos agentes del ecosistema.** Tanto la Estrategia de Tecnologías Cuánticas, lanzada en julio de 2025, como los Planes Complementarios de Computación y de Comunicaciones Cuánticas son modelos de gobernanza multinivel, en el que las comunidades autónomas participantes comparten con el Estado mecanismos de financiación y gobernanza; la participación del CSIC integra también capacidades científicas distribuidas en distintos centros. Además, están vinculados a la iniciativa europea EuroQCI lo que alinea los esfuerzos nacionales con la agenda europea. Sin embargo, es un marco restringido en duración (2021-2025), temática (comunicación cuántica) y financiación (vinculada al Plan de Recuperación), dimensiones que el diseño de un mecanismo de coordinación debería establecer para un marco temporal amplio, acorde con las perspectivas de desarrollo de las tecnologías cuánticas (ver tabla 1).

Un hito reciente en la articulación del ecosistema es la constitución, en mayo de 2026, de la Spanish Quantum Alliance (SQuA), la primera asociación nacional dedicada en exclusiva a vertebrar el ecosistema español de tecnologías cuánticas. Con sede en Bilbao e impulsada por el Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública y el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, SQuA se presentó oficialmente durante el Q-Expo 2026 y agrupa a 53 entidades fundadoras, entre las que se cuentan grandes corporaciones, centros de investigación, universidades, asociaciones sectoriales, pymes y startups especializadas —incluyendo a PONS IP, Multiverse Computing, QCentroid, Qilimanjaro, Quside, LuxQuanta, Telefónica, Tecnalia o el ICFO, entre otros. Su misión es promover la investigación, el desarrollo industrial y la innovación en tecnologías cuánticas, acelerar la adopción de soluciones cuánticas en todos los sectores y reforzar la soberanía tecnológica nacional. La actividad de SQuA se organizará en torno a comités técnicos especializados en computación cuántica, comunicaciones cuánticas, metrología y sensórica, y tecnologías habilitadoras, con grupos de trabajo centrados en casos de uso, transferencia tecnológica, desarrollo de talento, financiación para pymes y startups y coordinación nacional y europea. SQuA se alinea formalmente con la Estrategia Nacional de Tecnologías Cuánticas de España 2025–2030 y con la Estrategia Cuántica Europea, y aspira a convertirse en el interlocutor de referencia del sector ante instituciones nacionales e internacionales, en particular de cara al futuro Quantum Act europeo. Su constitución supone un paso relevante hacia la superación de la debilidad sistémica que el propio grupo de trabajo ha identificado: la ausencia de un mecanismo de coordinación y narrativa común capaz de dar coherencia al conjunto del ecosistema.

2. Un análisis detallado de la situación del ecosistema español se puede encontrar en los informes incluidos en el apartado de Referencias.

Asimismo, las organizaciones empresariales del sector digital como DigitalES o Ametic disponen de grupos de trabajo sobre tecnologías cuánticas, algunos de ellos de reciente creación.

3.1. DIMENSIÓN Y COMPOSICIÓN DEL ECOSISTEMA ESPAÑOL

El inventario construido por DigitalES (enero de 2026) identifica 84 agentes activos en el ecosistema cuántico español, lo que la asociación considera una masa crítica relevante en comparación con otros hubs europeos emergentes. La distribución por ámbito tecnológico muestra una concentración notable en computación cuántica (54,2 %), seguida de comunicaciones y criptografía cuántica (15,6 %), sensórica y metrología cuántica (13,2 %) y organizaciones multisectoriales (16,8 %). La distribución por tipología refleja un equilibrio entre agentes de I+D (42 %) y agentes orientados al mercado (48 %), con 19 proveedores tecnológicos y 20 firmas de servicios. **Este equilibrio está en línea con lo observado por el grupo de trabajo, en el sentido de que España no solo genera conocimiento científico, sino que está desarrollando un mercado incipiente para estas tecnologías.**

Sin embargo, **las distintas tecnologías cuánticas – computación, comunicaciones, sensórica – se encuentran en estadios de madurez muy diferentes, y ello implica necesidades distintas** en términos de clientes, regulación, industrialización, financiación y apoyo público.

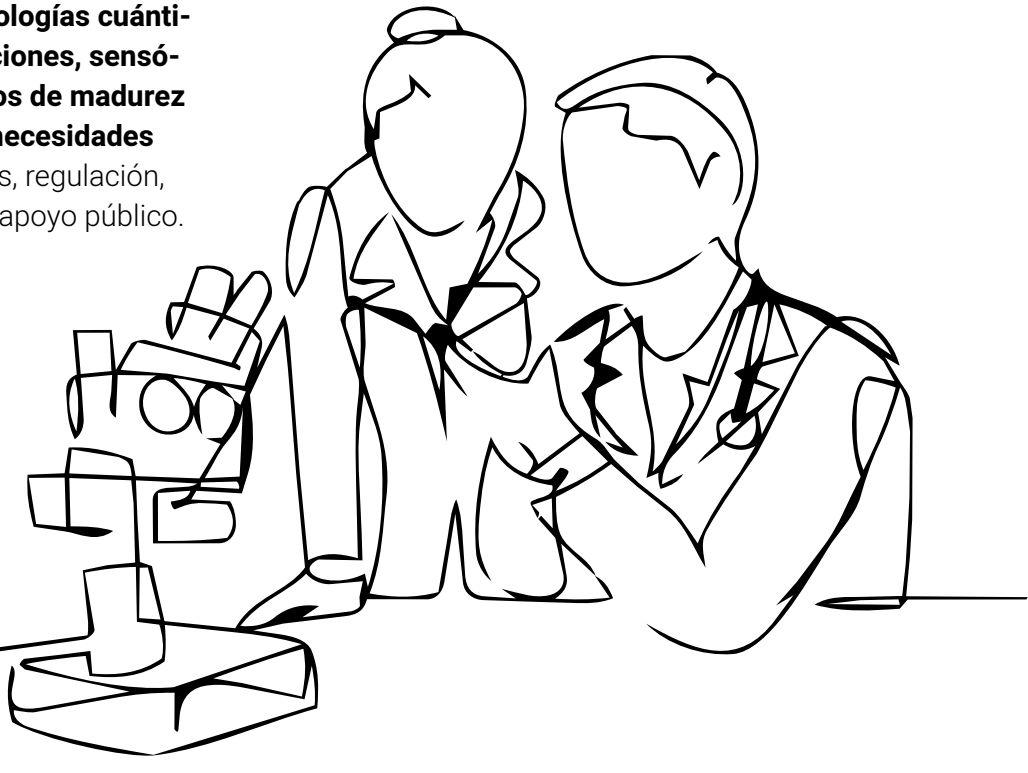


TABLA 1. ESTADIO DE MADUREZ DE LAS RAMAS DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

Rama / Tecnología	Estadio actual	TRL orientativo	Horizonte comercial	Característica principal del estadio
Comunicaciones y ciberseguridad cuántica				
Criptografía poscuántica (PQC)	Disponible (o casi)	TRL 8–9	Inmediato (2025–2027)	Estándares NIST publicados (2024); migración obligatoria en la UE desde 2026. Primer mercado cuántico a escala masiva; soluciones comerciales disponibles para empresas y administraciones. **Potencial disruptor industrial:** Bajo (necesario, pero transición normativa más que innovación diferenciadora).
QRNG (generación cuántica de números aleatorios)	Disponible (o casi)	TRL 7–9	Inmediato–corto plazo	Chips fotónicos y módulos QRNG con certificación comercial disponibles. Aplicaciones en ciberseguridad, centros de datos, espacio y defensa. **Potencial disruptor industrial:** Bajo–Medio (mejora criptográfica incremental; componente habilitador para PQC y QKD).
QKD (distribución cuántica de claves)	2025–2030	TRL7–9	Corto–medio plazo (2025–2030)	Redes QKD operativas en entornos reales (MadQCI, TEFQCI, EuroQCI). Demanda creciente en infraestructuras críticas y defensa. Escalado limitado por coste y ausencia de estándar global. **Potencial disruptor industrial:** Bajo (actualmente nicho; transformador para infraestructuras críticas a largo plazo).
Comunicaciones ultraseguras (redes cuánticas integradas)	> 2030	TRL 3–6	Largo plazo (> 2030)	Internet cuántico y redes de repetidores cuánticos en desarrollo experimental. Requiere avances en memorias cuánticas y repetidores. **Potencial disruptor industrial:** Bajo–Medio (transformador a muy largo plazo para comunicaciones soberanas).
Detección y metrología cuántica				
Relojes atómicos (Atomic clocks)	Disponible (o casi)	TRL 8–9	Inmediato	Tecnología madura con mercado establecido (telecomunicaciones, GPS, finanzas). Nuevas versiones miniaturizadas con tecnología cuántica en desarrollo. **Potencial disruptor industrial:** Bajo (mejora incremental en aplicaciones ya existentes).
Detección magnética cuántica	2025–2030	TRL 4–7	Corto–medio plazo	Magnetometría cuántica (sensores NV en diamante, nano SQUIDs) con aplicaciones en defensa, salud (neurociencia, oncología) e industria. Primeros productos en nichos; requiere reducción de tamaño y coste para escalar. **Potencial disruptor industrial:** Medio.

Fuente: Elaboración propia a partir de McKinsey (2025), EPO-OCDE (2025), Tecnalia-Elcano (2025) y del Grupo de Trabajo.

Rama / Tecnología	Estadio actual	TRL orientativo	Horizonte comercial	Característica principal del estadio
Detección y metrología cuántica				
Detección bio/química cuántica	2025–2030	TRL 3–6	Medio plazo (2027–2032)	Sensores cuánticos para detección de biomarkers, contaminantes (PFAS) y agentes químicos. Sensibilidad potencialmente superior a métodos clásicos. **Potencial disruptor industrial:** Medio (salud, medioambiente, defensa).
Sistemas PNT cuánticos (posicionamiento, navegación, tiempo)	> 2030	TRL 3–6	Medio–largo plazo (2030+)	Navegación inercial cuántica sin GPS (acelerómetros y giróscopos cuánticos). Alta relevancia para defensa, aviación y entornos degradados (submarinos, túneles). **Potencial disruptor industrial:** Alto (independencia estratégica del GPS).
Computación y simulación cuántica				
Computación cuántica inspirada (Quantum-inspired)	Disponible (o casi)	TRL 7–9	Inmediato–corto plazo	Algoritmos inspirados en principios cuánticos ejecutados en hardware clásico (tensor networks y otros métodos de optimización inspirados en formulaciones cuánticas). Aplicable hoy a optimización en finanzas, logística y energía sin hardware cuántico. Primer paso práctico para la adopción cuántica. **Potencial disruptor industrial:** Alto.
Optimización cuántica	> 2030	TRL 4–7	Medio plazo (2028–2035)	Algoritmos cuánticos (QAOA, VQE) con ventaja demostrable en problemas de gran escala. Casos de uso en energía, transporte, finanzas y logística. Requiere hardware con mayor número de cúbits lógicos tolerante a fallos. **Potencial disruptor industrial:** Medio–Alto.
Simulación cuántica	> 2030	TRL 4–7	Medio–largo plazo (2030+)	Simulación de sistemas moleculares y de materiales para descubrimiento de fármacos, nuevos materiales y catálisis. Uno de los casos de uso con mayor ventaja cuántica potencial. **Potencial disruptor industrial:** Alto (farmacéutica, química, materiales).
Criptoanálisis cuántico	> 2030	TRL 2–5	Largo plazo (> 2030)	Capacidad de romper criptografía asimétrica clásica (RSA, ECC) con ordenadores tolerantes a fallos a gran escala ("Q-Day"). Horizonte incierto pero impulsor clave de la migración a PQC y QKD. **Potencial disruptor industrial:** Alto (afectaría a toda la infraestructura digital global).
Aprendizaje máquina cuántico (QML)	> 2030	TRL 2–5	Largo plazo (> 2030)	Algoritmos de machine learning acelerados por hardware cuántico. Potencial en clasificación y optimización de redes neuronales. Aún en fase teórica y experimental; ventaja práctica frente a IA clásica no demostrada a escala. **Potencial disruptor industrial:** Alto (si se demuestra ventaja real).

Fuente: Elaboración propia a partir de McKinsey (2025), EPO-OCDE (2025), Tecnalia-Elcano (2025) y del Grupo de Trabajo.

Esta heterogeneidad en la madurez tiene implicaciones directas para la política pública y el apoyo institucional: cada rama requiere instrumentos distintos de financiación, regulación y compra pública. La criptografía poscuántica y la distribución cuántica de claves (QKD) ya son tecnologías desplegables, con calendarios de migración activos a escala europea; la computación cuántica atraviesa una fase de validación comercial incipiente donde la prioridad es generar casos de uso demostrables y desarrollar la base de talento orientado al mercado; la sensórica cuántica, con horizontes comerciales más lejanos en la mayoría de aplicaciones, precisa de un apoyo más sostenido a la investigación y al desarrollo de infraestructuras de prueba. **No existe, por tanto, una sola política cuántica: el diseño de medidas eficaces exige diferenciar entre ramas tecnológicas y ajustar los instrumentos a su nivel de madurez real.** Además cabe considerar que se trata de tecnologías interconectadas. Por ejemplo, los desarrolladores de software necesitarán a medio plazo computadores cuánticos que, a su vez, requerirán procesadores de números aleatorios.

3.2. MARCO ESTRATÉGICO E INSTITUCIONAL

España aprobó en 2025 su **Estrategia Nacional de Tecnologías Cuánticas 2025-2030,** dotada con una inversión pública de 808 millones de euros (de los cuales 400 millones proceden de la SETT, Sociedad Española para la Transformación Tecnológica), con el objetivo de movilizar hasta 1.500 millones incluyendo capital privado. Ahora bien, **alcanzar ese efecto multiplicador y movilizar capital privado constituye uno de los principales retos del ecosistema,** por la confluencia de tres factores. En primer lugar, el grado de madurez tecnológica: las distintas ramas —en especial la computación cuántica— transitan aún de la fase experimental a la validación comercial, con la escalabilidad y la corrección de errores como obstáculos no resueltos. En segundo lugar, la ausencia de comparables sólidos supone una dificultad para valorar el riesgo; en este punto, la convergencia con la inteligencia artificial es simultáneamente una oportunidad —reduce la barrera de entrada y aporta a los inversores un comparable reciente de deep tech — y un riesgo, si se esperan retornos de la inversión en plazos similares a la IA. En tercer lugar, la inmadurez del mercado y ciertas expectativas sobredimensionadas, que dificultan construir casos de negocio defendibles ante un comité de inversión.

La estrategia se articula en cuatro objetivos estratégicos: reforzar la I+D+i y facilitar la transferencia al mercado; crear un ecosistema empresarial competitivo; preparar a la sociedad ante el cambio disruptivo; y consolidar un ecosistema nacional conectado con Europa.

Como señala el informe de la OCDE (2025), España es uno de los 18 países de la OCDE con estrategia nacional adoptada formalmente. Antes de la aprobación de su Estrategia, España había integrado las tecnologías cuánticas en su Plan de Recuperación. Entre las actuaciones más relevantes figuran **Quantum Spain,** coordinado por el BSC-CNS, con 22 millones de euros, y el **Plan Complementario de Comunicación Cuántica,** con 75 millones de euros entre 2021 y 2025 (Estrategia 2025-2030). A ello se suman 27 proyectos aprobados por el CDTI desde 2019, con más de 37 millones de euros movilizados (CDTI, 2025).

En este sentido, es de destacar las **inversiones promovidas por la SETT** (Sociedad Española de Transformación Tecnológica) en empresas fundadas en España como LuxQuanta, Qilimanjaro, Multiverse Computing. También es significativa la inversión de 9,75 millones de euros de la SETT para la apertura en España de una filial de Nu Quantum, especializada en redes y computación cuántica distribuida; y el impulso al desarrollo de patrones cuánticos en el Centro Español de Metrología, con el

objetivo de reforzar las capacidades nacionales en sensórica y metrología cuántica.

Asimismo, el programa Misiones Ciencia e Innovación del CDTI, con 125 millones de euros de fondos Next Generation orientados en parte a proyectos cuánticos y el PERTE Chip genera sinergias con la cuántica al fortalecer la base de fabricación de semiconductores en España, eslabones de la cadena de valor igualmente necesarios para el hardware cuántico.

En el momento de publicar este informe el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades está difundiendo la nueva Estrategia Deep Tech, que incluye a las tecnologías cuánticas como una de sus 10 tecnologías prioritarias.

A nivel regional, se identifican varios clústeres activos. El País Vasco orienta su estrategia BasQ hacia la **computación cuántica** con una apuesta por hardware de superconductores —articulada en torno al IBM Quantum System Two— que constituye un medio para facilitar el acceso de la industria a las tecnologías cuánticas. La **Comunidad de Madrid (CAM)** ha acumulado una trayectoria singular en **comunicaciones cuánticas** a través de MadQCI, impulsada hace casi dos décadas por la Universidad Politécnica de Madrid contando con la colaboración de Telefónica. Destaca también en la CAM la iniciativa Q-MIND (Quantum Madrid for Innovation and New Developments), liderada por GMV con participación de otras grandes empresas como BBVA y Repsol, así como distintos spin-offs. Esta iniciativa cuenta con una inversión de 5,3 M€ (3,7 M€ de subvención) y tres años de duración y busca acelerar el paso de la "cuántica" del laboratorio a la economía real. El **clúster gallego** lleva activo desde 2021, con el Polo de Tecnologías Cuánticas impulsado por GAIN y CESGA con el objetivo de posicionar a Galicia como referente europeo e internacional en **computación y comunicación cuántica** en 2030. Su gobernanza se articula a través de la Red Gallega de Tecnologías Cuánticas, que integra a la Xunta, las tres universidades del Sistema Universitario de Galicia, el CESGA, los centros tecnológicos Gradiant, CTAG, ITG y AIMEN, el Clúster TIC, los hubs digitales y a iniciativas privadas. Desde 2024 cuenta con el computador Qmio, instalado en el CESGA, con una QPU de hasta 32 cúbits superconductores, y en 2026 con un segundo computador de 54 cúbits. A ello se suma una línea de distribución cuántica de claves (QKD) entre el CESGA (Santiago de Compostela) y el Vigo Quantum Communication Center que, con 120 km, es la más larga de España y la mayor estación de comunicaciones cuánticas del Estado.

No se identifica, sin embargo, ningún liderazgo claro en la rama de sensórica, pero cabría destacar el papel del País Vasco con Tecnalia, empresas como Qubiz team y los trabajos del Material Physics Center (San Sebastián), así como el trabajo del ICFO en Cataluña.

3.3. FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

España cuenta con grupos de investigación de alto nivel en física cuántica y campos afines, (física del estado sólido, fotónica, electrónica cuántica y tecnologías habilitadoras como la criogenia o la electrónica de control) concentrados en instituciones como el CSIC (Instituto de Ciencias de Materiales, Instituto de Física Fundamental, entre otros), el Barcelona Supercomputing Center, las universidades Politécnica de Madrid, Complutense, Carlos III, Granada, Vigo, Santiago de Compostela, Coruña y el País Vasco (UPV/EHU), y centros como el Donostia International Physics Center (DIPC), ICFO (Instituto de Ciencias Fotónicas). Un hito significativo es la inauguración en 2025 del IBM Quantum System Two en San Sebastián, con un procesador de 156 cúbits, que será uno de los más avanzados, disponible para la comunidad investigadora y empresarial (FGCSIC, 2025).

Estos centros de investigación y universidades son cantera de **perfiles muy bien formados en investigación básica, pero faltan perfiles orientados al mercado que sean capaces de traducir el conocimiento del laboratorio a productos y servicios comercializables.** Predominan itinerarios formativos focalizados en la formación científica y técnica, que no incorporan formación específica para perfiles que puedan actuar como puente entre laboratorio y mercado. La tabla 2 recoge una muestra de la oferta formativa en España para tecnologías cuánticas.

Las personas egresadas de estos másteres pueden profundizar en sus conocimientos realizando un doctorado y seguir una carrera académica o entrar en el sector privado. Para facilitar la movilidad de estos perfiles altamente especializados y evitar la pérdida de talento por la existencia de opciones más atractivas fuera de España, se podrían fomentar los doctorados industriales y posiciones de doble adscripción academia-empresa. Para cubrir la necesidad de personal técnico en tecnologías habilitadoras que no requieren formación del más alto nivel, se podrían fomentar programas de FP dual.

También están surgiendo grados universitarios en Tecnologías Cuánticas, como el de la Universidad Carlos III.

TABLA 2. OFERTA FORMATIVA EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS EN ESPAÑA

Centro / Institución	Programa	Tipo	Créditos (ECTS)	Año implantación	Plazas	URL del programa
Universidad del País Vasco / EHU	Máster en Ciencia y Tecnologías Cuánticas	Máster oficial	60	2010	25	ehu.eus
Universitat Politècnica de Catalunya — UPC School	Postgrau en Enginyeria Quàntica / Postgrado en Ingeniería Cuántica (presencial)	Postgrado (formación continua)	15	2020	20	talent.upc.edu (presencial)
Universidad de Barcelona (UB) Consorcio: UB, UPC, UAB, ICFO, BSC, IFAE, ICN2	Master in Quantum Science and Technology	Máster oficial	60	2021	35	web.ub.edu
Universidad Politécnica de Madrid (UPM) + Accenture	Master in Quantum Computing Technology (online)	Máster propio	60	2021	30	quantum-explore.com/master-2
Universitat Politècnica de Catalunya — UPC School (versión online) (1)	Postgrado en Ingeniería Cuántica (online)	Postgrado (formación continua, online)	15	2021	n.d.	talent.upc.edu (online)
Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)	Máster Universitario Oficial en Computación Cuántica (online)	Máster oficial	60	2022	60	unir.net/master-computacion-cuantica
UIMP – CSIC – QTEP (Consorcio: UP Madrid, UP Cartagena, U. Murcia, U. Valencia, U. Zaragoza, U. La Laguna, , UIMP) (2)	Master in Quantum Technologies / Máster Universitario en Tecnologías Cuánticas (online síncrono)	Máster oficial	60	2024 (oficial) 2022 (propio)	60	qtep.csic.es
Universidad Antonio de Nebrija	Máster Universitario en Computación Cuántica (semipresencial)	Máster oficial	60	2023	n.d.	nebrija.com/master/computacion-cuantica

Centro / Institución	Programa	Tipo	Créditos (ECTS)	Año implantación	Plazas	URL del programa
USC – UDC – UVigo (Universidades de Santiago de Compostela, A Coruña y Vigo)	Master in Quantum Information Science and Technologies (MQIST)	Máster oficial interuniversitario	60	2023	24	quantummastergalicia.es
Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) En colaboración con CSIC	Master in Quantum Technologies and Engineering	Máster oficial	90	2024	25	uc3m.es/master/quantum
Universidad de Málaga (UMA) Iniciativa Quant·UMA	Diploma de Extensión Universitaria en Computación y Tecnologías Cuánticas (online síncrono)	Diploma de extensión universitaria	40	2024	30	quant.uma.es
Universidad de Zaragoza (UNIZAR) como parte del consorcio UIMP-CSIC	Máster Universitario en Tecnologías Cuánticas / Master in Quantum Technologies	Máster oficial interuniversitario	60	2024	60 (compartidas con consorcio)	estudios.unizar.es (id=735)
Universitat Politècnica de València (UPV)	Máster Universitario en Quantum Information and Photonics (MUQIP)	Máster oficial	60	2025	40	upv.es/estudios/master/muqip
Universidad Autónoma de Madrid (UAM)	Máster Universitario en Computación Cuántica	Máster oficial	60	2025	25	uam.es/master-computacion-cuantica
Universidad de Granada (UGR) Cátedra de Energía y Tecnologías Cuánticas	Microcredenciales y Experto en Tecnologías Cuánticas	Microcredenciales y título de Experto propios	Hasta 15	2026	50-80 por microcredencial	titulospropios.ugr.es/estudiantes/oferta-formativa

(1) La versión online del Postgrado en Ingeniería Cuántica de la UPC School se incorporó al catálogo como programa diferenciado del presencial en 2021, aunque comparte coordinación académica y contenidos.

(2) El programa CSIC-QTEP comenzó en 2022 como máster propio. Su transformación en máster oficial verificado fue autorizada para el curso 2024-2025, con la UIMP como universidad coordinadora.

3.4. MERCADO DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

DEMANDA

Sobre la demanda empresarial de tecnologías cuánticas, el grupo de trabajo ha podido corroborar a través de la experiencia de empresas participantes, que si bien existe demanda de estas tecnologías, adopta mayoritariamente una forma exploratoria, lejos del despliegue productivo. Se han identificado usuarios tempranos con una demanda heterogénea tanto en aplicaciones como en sectores (ver tabla 3).

TABLA 3. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS EN EMPRESAS: CASOS POR SECTOR Y APLICACIONES CUÁNTICAS POR RAMA TECNOLÓGICA

Empresa	Sector	Rama cuántica	Aplicaciones exploradas
BBVA	Banca y servicios financieros	Computación cuántica / inspirada	Detección de fraude (modelos inspirados en cuántica combinados con ML clásico; mejora del 40–50 % en cobertura de riesgo). Optimización de carteras de inversión (PoC con quantum annealing D-Wave). Valoración de derivados financieros (Quantum Monte Carlo e inspiración cuántica para simulaciones de pricing).
		Comunicaciones cuánticas / Criptografía post-cuántica (PQC)	Transición de la infraestructura criptográfica hacia estándares resistentes a ataques cuánticos: protección de datos en reposo, integridad de transacciones y seguridad de infraestructura IT.
		Sensórica cuántica	-
Navantia (Monodon)	Construcción naval y defensa	Computación cuántica	Acuerdo con Multiverse para algoritmos de ciberseguridad.
		Comunicaciones cuánticas / QKD	Distribución cuántica de claves (QKD) en el enlace satélite–plataforma naval, en el marco del proyecto europeo OPTIMAS.
		Sensórica cuántica	Navegación inercial mediante sensores de centros de nitrógeno-vacante (NV) en diamante (proyecto ABYSSA). Magnetometría cuántica para detección de anomalías magnéticas en plataformas navales (proyecto ABYSSA, Fondo Europeo de Defensa). Estudio de NV Centers.

Empresa	Sector	Rama cuántica	Aplicaciones exploradas
Elewit (Redeia)	Gestión de infraestructuras eléctricas y telecomunicaciones	Computación cuántica / inspirada	En exploración si el caso de uso Unit Commitment/ SCUC (despacho de generación) y ubicación óptima de activos de red puede ser apto para cuántica pura, algoritmos híbridos y enfoques inspirados
		Comunicaciones cuánticas / QKD y PQC	QKD: 2 PoC en 2023 (1km) y 2025 (~50 km). Analizando posibles pruebas con PQC sobre redes y sistemas IT/OT existentes, sin necesidad de infraestructura cuántica propia.
		Sensórica cuántica	En vigilancia tecnológica sensórica cuántica para medida de campos magnéticos y eléctricos, monitorización de infraestructuras y sincronización de equipos.
Renfe	Transporte ferroviario	Computación cuántica / inspirada	Optimización de material rodante, optimización de plantillas de personal (scheduling) y revenue management, identificados como casos de uso prioritarios. Catálogo de 19 casos de uso ferroviarios elaborado con QCentroid vía TrenLab.
		Comunicaciones cuánticas / PQC	Evaluación del potencial de la criptografía poscuántica en la organización.
		Sensórica cuántica	Identificada como área de seguimiento: sensores cuánticos para geolocalización de trenes en túneles, con potencial de cambio sistémico en la comunicación vía-tren a largo plazo.
Iberdrola	Energía eléctrica (generación, transporte y distribución)	Computación cuántica / inspirada	Optimización global del sistema eléctrico (26.000 turbinas, eólicas 170.000 líneas). Ubicación óptima de baterías de almacenamiento (PoC en red de distribución de Guipúzcoa, con Multiverse). Convergencia cuántica–IA: optimización y compresión de modelos de IA mediante técnicas basadas en tensor networks.
		Comunicaciones cuánticas / PQC	Protección de comunicaciones en infraestructuras críticas (subestaciones, centrales de generación, centros de control) que requieren respuesta cada cuatro segundos.
		Sensórica cuántica	Medición de magnitudes no accesibles por sensores clásicos: temperatura interior de reactores, flujos de carga y estimación de estado de la red (más de 50.000 sensores convencionales instalados actualmente).

Los casos de estas empresas sugieren **modelos de adopción que se basan mayoritariamente en equipos internos pequeños, que desarrollan pilotos apoyándose en agentes del ecosistema** (empresas tecnológicas, spin-off, centros tecnológicos, universidades, centros de investigación, …) **y accediendo a infraestructuras cuánticas a través de proveedores.** Los pilotos se enfocan a casos de uso reales que permitan visibilizar el potencial de estas tecnologías y a la vez generar conocimiento cualificado interno, para ser capaces de traducir problemas de negocio en problemas resolubles por cuántica y reducir asimetrías de conocimiento con proveedores especializados. Sin embargo, en muchos de estos casos de uso predomina la aplicación en problemas de optimización. Estos problemas son, matemáticamente, muy parecidos entre sí, se trata de parametrizar problemas muy similares a casos distintos. En la mayoría de estos casos existen soluciones "clásicas" bastante eficientes, y los esfuerzos de aplicación de la cuántica podrían dirigirse a problemas de mayor complejidad no resolubles con métodos "clásicos".

En un plazo mucho más inmediato en la mente de las empresas, no obstante, están las tecnologías quantum-safe, o soluciones orientadas a proteger la criptografía del mundo digital con soluciones a prueba de ataques con computación cuántica, como puede ser la criptografía poscuántica (PQC post-quantum cryptography) o soluciones de tecnología cuántica como la distribución cuántica de claves (QKD quantum key distribution). En este caso, existe un aumento de concienciación con el problema del "Q-Day", y ya existen soluciones comerciales quantum-safe que están siendo desplegadas en las empresas más pioneras.

Desde el lado del **sector público, el potencial de la demanda** es alto, pero depende del nivel de madurez de la tecnología. En el caso de tecnologías con TRLs avanzados puede ser un mecanismo eficaz. Este es el caso de la ciberseguridad poscuántica, para la que la hoja de ruta europea establece que la migración criptográfica debe comenzar en 2026, y las administraciones deberán también implementarla. Sin embargo, el nivel de madurez de muchas tecnologías cuánticas es bajo y además su aplicación requeriría de la entidad pública la capacidad de identificar y especificar la necesidad que la tecnología debe resolver, lo que presupone un conocimiento de la tecnología que no siempre existe.

La utilización estratégica de la demanda pública necesita articularse de forma que los distintos instrumentos disponibles se adapten según la madurez de la tecnología (ver tabla 4).

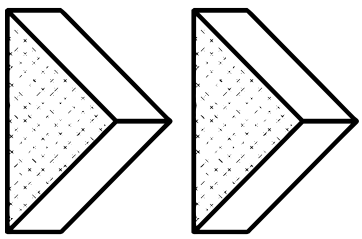


TABLA 4. INSTRUMENTOS DE POLÍTICA DE INNOVACIÓN DESDE LA DEMANDA PARA LA PROMOCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS, DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y EL NIVEL DE MADUREZ TECNOLÓGICA (TRL)

Instrumento	Descripción	Características	TRL
Compra pública de innovación	Contratación pública orientada a adquirir productos o servicios innovadores que aún no existen en el mercado o requieren desarrollo, en la que el comprador público define la necesidad u objetivo a resolver y pone a competir distintas soluciones para seleccionar la mejor.	La Administración actúa como primer cliente y agente tractor; selección por valor técnico y no solo por precio; exige a la entidad pública capacidad para identificar y especificar la necesidad; plazos de tramitación largos; especialmente útil cuando ya se conoce el "para qué" (por ejemplo, la migración a criptografía poscuántica, cuyo despliegue debe iniciarse en 2026).	Altos (TRL 7-9). Tecnologías maduras y próximas al mercado, como la ciberseguridad poscuántica.
Compra pública precomercial	Contratación de servicios de I+D en la que la Administración cofinancia y comparte el riesgo del desarrollo de soluciones todavía no comercializables, en varias fases que van desde el diseño hasta los primeros prototipos o series limitadas.	No implica la cesión de la propiedad intelectual a la Administración; se adquiere un producto precomercial; ayuda a la empresa a avanzar en madurez tecnológica; puede suponer un mecanismo lento y costoso en tramitación; adecuado cuando la solución no existe aún y debe desarrollarse.	Bajos-medios (TRL 4-7). Parten de una tecnología validada en laboratorio (TRL 4) y terminan en un prototipo validado en entorno real (TRL 7); no un producto comercializable (en algunos casos se puede ampliar el rango a TRL 3-8).
Sistema Dinámico de Adquisición (SDA)	Técnica de racionalización de la contratación, regulada en los arts. 223-226 de la LCSP (Ley 9/2017) y en el art. 34 de la Directiva 2014/24/UE. Funciona en dos fases, donde primero la Administración admite a todas las empresas que cumplen los criterios de selección, siguiendo las normas del procedimiento restringido. Después, adjudica contratos específicos invitando a presentar oferta a todas las empresas admitidas.	Es un sistema abierto, sin número máximo de participantes. Los criterios de adjudicación son flexibles. Agiliza compras recurrentes, facilita la entrada de pymes y nuevos proveedores y mantiene la competencia viva. Exige capacidad administrativa y de gestión electrónica.	Altos (TRL 8-9). Se usa para bienes y servicios ya comercializados y de uso corriente. En tecnologías emergentes puede servir para comprar de forma recurrente soluciones que ya están en el mercado.
Concurso de proyectos	Procedimiento de contratación que permite seleccionar startups, y tras un proceso de aceleración o validación, pueden optar por el artículo 168 de la LCSP a un negociado sin publicidad.	Relativamente rápido, con umbrales de cuantía limitados (del orden de hasta 2 M€); permite que las pequeñas empresas compitan no solo por precio; adecuado para introducir tecnologías disruptivas y pilotos; existe dentro del régimen jurídico vigente de contratación pública.	Medios (TRL 5-8, orientativo). No es un instrumento ligado a una escala TRL, como tal.

Fuente: Elaboración propia

OFERTA

Desde el lado de la oferta, se ha identificado un núcleo de empresas que están en el mercado con capacidad comercial real a nivel nacional e internacional. La tabla 5 evidencia que **el ecosistema español de oferta cuántica, aunque reducido en número de actores, muestra una cobertura notable de los tres grandes pilares** de las tecnologías cuánticas: la computación, las comunicaciones y criptografía, y la sensórica y metrología. Esta diversidad puede constituir **un activo estratégico diferencial respecto a otros ecosistemas** que concentran la oferta en una de las ramas de tecnologías cuánticas.

De acuerdo a la figura 1, las empresas de oferta identificadas se sitúan mayoritariamente en la fase de tracción comercial y escala inicial; han superado ya la fase de validación tecnológica pero aún no ha alcanzado el escalado y la internacionalización plena. **La distribución apunta a una oferta en fase de consolidación intermedia, con capacidad tecnológica contrastada, pero con un déficit notable en la transición hacia modelos de negocio escalables a nivel europeo e internacional.**

TABLA 5. EMPRESAS DE OFERTA DEL ECOSISTEMA CUÁNTICO ESPAÑOL POR ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA

Empresa	Pilar tecnológico	Especialización	Descripción sintética
Qilimanjaro Quantum Tech	Computación cuántica	Hardware + Software (full stack)	Computación cuántica analógica con qubits superconductores de tipo fluxonium. Ofrece plataforma multimodal (analógica + digital) con stack propio de software de control, algoritmos y aplicaciones. Ocho ordenadores cuánticos desplegados y más de 20 M€ en proyectos acumulados.
Multiverse Computing	Computación cuántica	IA y software cuántico	Líder europeo en IA y software cuántico. Destaca en IA eficiente basada en tecnologías quantum-sovereing/efficient AI y AI model compression con más de 100 clientes en los sectores de finanzas, logística, energía, aeroespacial e industria. Producto propio: Singularity. Sede en San Sebastián, con presencia en Canadá, Estados Unidos, Reino Unido, Francia, Alemania e Italia. Cuenta con una cartera de más de 95 patentes.
QCentroid	Computación cuántica	Plataforma software / QuantumOps	Sistema operativo empresarial para la adopción de computación cuántica y computación avanzada. Permite a organizaciones descubrir, desarrollar, ejecutar e integrar soluciones híbridas clásico-cuánticas. Fundada en 2022 en Bilbao. Clientes: Moody's, Telefónica, Renfe, Santander, Indra, entre otros.
Inspiration Q	Computación cuántica	Algoritmos cuánticos e inspirados en cuántica (optimización, simulación, ML)	Empresa de base tecnológica creada desde el CSIC. Diseña y comercializa soluciones cuánticas y de inspiración cuántica para problemas de optimización, simulación y aprendizaje automático.
aQuantum Software Engineering	Computación cuántica	Ingeniería de software cuántico	Empresa de consultoría y desarrollo de software cuántico surgida del grupo de investigación homónimo, fundado por alhambraIT y la Universidad de Castilla-La Mancha. Desarrollan una plataforma de desarrollo de software cuántico para el ecosistema de soluciones híbridas.

Empresa	Pilar tecnológico	Especialización	Descripción sintética
QUANVIA	Computación cuántica	Formación, consultoría e investigación aplicada	PYME focalizada en implementar aplicaciones de computación cuántica y ampliar el acceso al público general. Ofrece servicios de investigación, consultoría y formación (training). Etapa inicial de consolidación de producto y clientes.
Nu Quantum (filial en España en constitución)	Computación cuántica / Comunicaciones cuánticas	Computación cuántica distribuida y redes cuánticas	Empresa británica especializada en computación cuántica distribuida. En enero de 2026, la Sociedad Española para la Transformación Tecnológica (SETT) anunció una inversión de 9,75 millones de euros para la apertura de una filial en España, que actuará como centro de referencia en redes cuánticas.
Quside	Comunicaciones y criptografía cuántica	Generadores de números aleatorios cuánticos (QRNG) / Entropía cuántica verificada	Spin-off del ICFO (Barcelona). Desarrolla chips fotónicos y módulos QRNG de ultra alta velocidad basados en el principio de *Locally Verified Entropy*™. Certificada por NIST (SP800-90B) y por el Centro Criptológico Nacional (CCN). Más de 70 patentes y más de 18 M€ de inversión. Segmentos: espacio, defensa y centros de datos.
LuxQuanta	Comunicaciones y criptografía cuántica	Distribución cuántica de claves (QKD)	Spin-off del ICFO (Barcelona, 2021). Ofrece sistemas QKD integrados en infraestructuras de red existentes. Accionistas europeos: GTD, Corning, ICFO e ICREA.
Q-Dynamics	Comunicaciones y criptografía cuántica	Distribución cuántica de claves (QKD): CV-QKD en fibra y QKD en espacio libre	Spin-off del CSIC (Madrid) dedicada al desarrollo y comercialización de sistemas avanzados de Distribución Cuántica de Claves (QKD). Desarrolla dispositivos CV-QKD para fibra óptica estándar monomodo a 1550 nm, con ensayos de campo de hasta 50 km, y sistemas QKD en espacio libre basados en BB84 con estados de polarización para enlaces metropolitanos. Productos principales: sistemas CV-QKD y estaciones terrestres ópticas cuánticas (QOGS). TRL 6-9.
QoolNet	Comunicaciones y criptografía cuántica	Redes quantum-safe: despliegue, operación y gestión de QKD/PQC sobre redes existentes	Spin-off de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), surgida del programa actúaupm, orientada a construir y operar redes quantum-safe listas para producción. Ofrece una suite software/hardware para desplegar y gestionar tecnologías QKD y poscuánticas sobre infraestructuras existentes, compatible con sistemas QKD y cifradores heterogéneos y basada en paradigmas SDN/NFV. Cuenta con pruebas de concepto en entornos reales, incluida la integración en comunicaciones hospitalarias seguras junto a Telefónica y LuxQuanta. TRL 6-9.
Telefónica	Comunicaciones cuánticas, seguridad quantum-safe / Computación cuántica aplicada / Integración End-to-End	Integración comunicaciones cuánticas QKD / Ciberseguridad Quantum-Safe / Desarrollo casos B2B computación cuántica / Creación hubs de tecnologías cuánticas	Operador español pionero en Europa en el despliegue de redes QKD sobre fibra comercial (TEFQCI). Ofrece servicios de comunicaciones empresariales con criptografía poscuántica (PQC), incluyendo interconexión de centros de datos y redes SD-WAN, y soluciones QKD para empresas e instituciones. Q-Safe: ciberseguridad, auditoría y migración de infraestructuras IT adaptadas a DORA y NIS2. Equipo especializado en tecnologías cuánticas para casos de uso empresariales. Ofrece despliegue integral de hubs cuánticos, incluyendo hardware (ej. suministro IQM a CESGA), middleware (BIQAIN junto a QCentroid) y acceso a computación cuántica en la nube.

Empresa	Pilar tecnológico	Especialización	Descripción sintética
Qubiz team	Sensórica y metrología cuántica	Sensórica cuántica de campo (NV Centers en diamante)	Primera empresa española de sensórica y metrología cuántica (deep-tech). Desarrolla sistemas de detección basados en centros NV en diamante con aplicaciones en calidad del agua (PFAS), energía (smart grid), salud (oncología, columna vertebral), industria y entornos hostiles. Certificada como B Corp. 4 patentes europeas. Facturación con crecimiento ×5,4 entre 2024 y 2025.
Qurv	Sensórica y metrología cuántica	Sensores de imagen cuántica (puntos cuánticos)	Spin-off del ICFO (Barcelona, 2020). Fabrica sensores de imagen de amplio espectro (visible a infrarrojo de onda corta, SWIR) basados en nanomateriales cuánticos (puntos cuánticos coloidales sobre grafeno) compatibles con tecnología CMOS. Evita materiales tóxicos como el InGaAs.

Fuente: Elaboración propia a partir de AMETIC (2022), FGCSIC (2025), Quantum Flagship/QoolNet (2024), Q-Dynamics (2024), madri+d Startup Radar; 2.ª Reunión del Grupo de Trabajo de Tecnologías Cuánticas (24 de marzo de 2026)

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS DEL ECOSISTEMA ESPAÑOL DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS SEGÚN SU ESTADO DE MADUREZ COMERCIAL



Fuente: Elaboración propia a partir 2.ª Reunión del Grupo de Trabajo de Tecnologías Cuánticas (24 de marzo de 2026) y Bullnet (2026)

3.5. CADENA DE VALOR DE LAS TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

En términos estrictos, no existe una única cadena de valor en tecnologías cuánticas, sino que las tres ramas tienen una cadena de valor con diferentes problemas, necesidades y mercado final (Tecnalia-Elcano, 2025). Sin embargo, sí es posible distinguir una estructura general de eslabones comunes, para las tres disciplinas (tabla 6):

Suministros auxiliares y bases físicas: comprende los materiales, plataformas y tecnologías habilitadoras que hacen posible el fenómeno cuántico —criogenia, láseres, fabricación de chips, cámaras de vacío— y las distintas modalidades de qubit o de efecto cuántico explotable (superconductores, iones atrapados, átomos neutros, fotónica, centros NV en diamante, semiconductores). Sin este eslabón no hay tecnología cuántica posible, pero sus actores no son necesariamente empresas cuánticas en sentido estricto: muchos son proveedores industriales de propósito general o semigeneral.

Fabricantes de hardware cuántico: procesadores cuánticos para la computación (QPU), equipos de transmisión adaptados para distintos canales (fibra, espacio) para las comunicaciones cuánticas, y sensores y dispositivos de metrología para la sensórica.
Software de sistemas, lo constituyen plataformas de control, sistemas operativos cuánticos, firmware de corrección de errores, protocolos y primitivas criptográficas (QKD, QRNG). Este eslabón es crítico para la usabilidad del hardware.

Integradores y desarrolladores de aplicaciones: plataformas de orquestación híbrida clásico-cuántica, entornos de programación, algoritmos verticalizados por sector (finanzas, logística, química, defensa) y soluciones de software de aplicación.
Mercados de uso final donde el valor generado por la tecnología cuántica se materializa en mejoras de productividad, nuevas capacidades o ventajas competitivas para los usuarios.

TABLA 6. ESLABONES EN LA CADENA DE VALOR DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

Eslabón	Contenido	Ejemplos de actores
Suministros auxiliares y bases físicas	Criogenia, láseres, fabs, materiales cuánticos	Proveedores industriales habilitadores
Hardware cuántico	Procesadores, equipos de red, sensores y dispositivos	IBM, IQM, Qilimanjaro, Qurv, LuxQuanta
Software de sistemas	Control, OS cuántico, protocolos, QRNG/QKD	Quside, Q-CTRL
Integración y software de aplicación	Plataformas, algoritmos, orquestación híbrida	QCentroid, Multiverse Computing, aQuantum
Servicios y mercados finales	Consultoría, adopción, uso en sectores verticales	Empresas tractoras (Telefónica, Indra, Renfe, Iberdrola, BBVA, Navantia…)

Fuente: Elaboración propia a partir de Tecnalia-Elcano 2025.

El análisis del ecosistema español permite identificar una **distribución asimétrica de fortalezas a lo largo de la cadena de valor.** España muestra una **posición relativamente consolidada en los eslabones intermedios:** el software de sistemas y, sobre todo, la integración y el desarrollo de aplicaciones, donde empresas como Multiverse Computing, QCentroid y aQuantum han alcanzado presencia comercial internacional.

El hardware cuántico cuenta con un actor singular de primer nivel, Qilimanjaro, aunque **el ecosistema fabricante es todavía reducido.** En los próximos meses, también contará con Quantum Motion, empresa spin-off de la Universidad de Oxford, y University College London, fundada en 2017 con oficina en San Sebastián desde febrero 2026.

En el eslabón de suministros auxiliares y bases físicas, España depende en mayor medida de proveedores externos, lo que constituye una vulnerabilidad estratégica, ya que cualquier restricción a la exportación podría comprometer el escalado de las empresas. Si bien, conviene matizar que esta dependencia no es igual para todas las tecnologías cuánticas, afecta con mayor intensidad a la computación cuántica, y a la sensórica, que además comparten una buena parte de su cadena de suministro con la microelectrónica y por tanto también la vulnerabilidad en el acceso a determinados componentes y materiales.

En sensórica y metrología, Qubiz team y Qurv representan apuestas diferenciadas, pero el segmento carece aún de la masa crítica y la disponibilidad de infraestructuras en computación y comunicaciones.

Estas brechas sugieren **prioridades de política industrial claras: en el corto plazo,** fortalecer los eslabones de integración y adopción —donde la demanda está más madura— y aprovechar la criptografía poscuántica como vector de entrada al mercado. Aunque no es tecnología cuántica en sentido estricto, su calendario regulatorio europeo genera demanda inmediata y familiariza a empresas e instituciones con el ecosistema cuántico, abriendo el camino a una adopción más profunda; **en el medio plazo,** desarrollar capacidades propias en hardware y componentes físicos para reducir la dependencia exterior; y **en el largo plazo,** posicionar a España como referente europeo en sensórica cuántica, aprovechando la ventana de oportunidad que ofrece un segmento aún poco consolidado a escala global.



ANÁLISIS DAFO DEL ECOSISTEMA CUÁNTICO ESPAÑOL

04.

A partir de las fuentes consultadas y de las sesiones del grupo de trabajo, se representa a continuación un análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del ecosistema cuántico español.

FORTALEZAS

- Apoyo institucional a nivel estatal y autonómico
  - Estrategia Nacional aprobada con 808 M€ de inversión pública comprometida.
  - Clústeres activos a nivel regional con especialización en las ramas de computación y comunicación
- Capacidades científicas de primer nivel (CSIC, BSC, ICFO, DIPC, universidades).
- Talento altamente especializado en el desarrollo de tecnologías cuánticas.
- Ecosistema técnicamente diverso (computación, comunicaciones, sensórica) que desarrolla un incipiente mercado de tecnologías cuánticas, con agentes en la oferta y en la demanda.
- Primeros early adopters en finanzas, energía, construcción naval, transporte, …., que apoyan a las empresas de la oferta en la fase de exploración y les dan visibilidad internacional.

DEBILIDADES

- Financiación privada insuficiente; escaso capital riesgo orientado a cuántica.
- Fragmentación de esfuerzos entre administraciones (Estado, CC.AA., local). El desarrollo de la industria cuántica se está construyendo desde clústeres regionales pero falta articulación nacional.
- Brecha persistente entre el desarrollo de la tecnología y su industrialización, llevándola a producción de una manera eficiente, segura y escalable
  - La demanda adopta mayoritariamente una forma exploratoria, lejos del despliegue productivo
  - Oferta en fase de consolidación intermedia, con capacidad tecnológica contrastada, pero con un déficit notable en la transición hacia modelos de negocio escalables a nivel europeo e internacional.
- Déficit de perfiles orientados al mercado.
- Distribución asimétrica de fortalezas a lo largo de la cadena de valor
- Sensórica cuántica aún incipiente, sin iniciativas de envergadura comparables a computación/comunicaciones.
- Carencia de infraestructuras para el desarrollo de la rama de la sensórica
- Insuficiente estrategia de protección de los resultados tecnológicos.

OPORTUNIDADES

- Mercado global en fase temprana: aún es posible posicionarse en áreas de menor competencia (sensórica)
- Fondos y mecanismos europeos: Quantum Flagship, EuroQCI, Chips JU, EuroHPC, propuesta de Quantum Act.
- Convergencia IA-cuántica como vector de diferenciación estratégica.
- Crecimiento de la demanda de ciberseguridad poscuántica.
- Compra pública innovadora como instrumento de tracción de mercado.
- Desarrollo de sectores complementarios a la cuántica, tecnologías habilitadoras que permitan industrializar y escalar; criogenia, electrónica de control, interconexiones, fotónica
- Diversidad de ecosistemas regionales en consolidación, basados en capacidades territoriales arraigadas, especializadas y diversificadas, con potencial de crecimiento y complejidad estratégica para consolidar una cadena de valor nacional más completa y profunda.

AMENAZAS

- Riesgo de "invierno cuántico" si las expectativas superan los avances reales.
- Mercado europeo de capitales fragmentado que compromete el crecimiento de las empresas de la oferta que están en fase de avanzar en el escalado y la competencia internacional
- Dependencia de cadenas de suministro globales para componentes críticos.
- Competencia por talento con otras tecnologías emergentes (IA, ciberseguridad).
- Fragmentación de las inversiones en múltiples iniciativas nacionales, regionales y locales que puede diluir el impacto.
- Riesgo de transferencia tecnológica y de dependencia externa por la ausencia de estrategias sólidas de propiedad industrial.

Fuente: elaboración propia a partir de Tecnalia-Elcano (2025), Estrategia Nacional de Tecnologías Cuánticas (2025), FGCSIC (2025) y DigitalES (2026), y reuniones del Grupo de Trabajo.

PALANCAS PARA LA DINAMIZACIÓN

05.

Las reflexiones recogidas en las sesiones del grupo de trabajo apuntan a varias líneas de actuación que podrían acelerar la industrialización de las tecnologías cuánticas en España, llevándolas a una fase de producción eficiente, segura y escalable:

Combinar impacto inmediato y desarrollo a medio y largo plazo. Desarrollar de forma paralela las distintas capas de estas tecnologías (hardware, software, aplicaciones) y sectores complementarios a la cuántica:

- **Fortalecer los eslabones de integración y adopción** donde la demanda está más madura y hay tecnologías con un nivel de desarrollo que ya hacen posible aplicaciones y abren una ventana de aprendizaje muy valiosa: trabajar con algoritmos de **inspiración cuántica,** explorar los primeros **sensores en entornos controlados,** o desplegar **criptografía poscuántica** como primer mercado real[3]. **Como un primer paso, en el corto plazo, la algoritmia quantum-inspired y la convergencia con IA** constituyen, junto con PQC, los principales vectores de adopción industrial y generación de mercado.

- **Desarrollar capacidades propias en hardware y componentes físicos** para reducir la dependencia exterior.

- Posicionar a **España como referente europeo en sensórica cuántica,** aprovechando la ventana de oportunidad que ofrece un segmento aún poco consolidado a escala global.

- Desarrollar una capa de **tecnologías habilitadoras complementarias** que permitan industrializar y escalar: criogenia, electrónica de control, interconexiones y fotónica avanzada. El despliegue industrial y la escalabilidad de las tecnologías cuánticas no dependen únicamente del avance en computación, comunicaciones y sensórica. España debería identificar nichos competitivos en esa cadena de tecnología habilitadoras —no únicamente en el núcleo de la tecnología—, para consolidar posiciones industriales de largo recorrido.

Aprovechar la convergencia con la inteligencia artificial. La integración entre computación cuántica, IA y computación de alto rendimiento puede reducir la barrera de entrada y generar resultados parciales antes de que la tecnología cuántica alcance su madurez plena. Sin embargo, la experiencia en convocatorias públicas dirigidas a facilitar esta convergencia apunta a la necesidad de sumar a estas ayudas capacitación específica para la formulación y desarrollo de los proyectos de integración de estas tecnologías. Además el enfoque AQ (AI+Quantum) tiene por el momento poca demanda, aunque los análisis indican que en 2-3 años, la IA necesitará a la cuántica para, por ejemplo, hacer sus modelos más eficientes desde el punto de vista energético. Asimismo, de manera complementaria, la IA aportará las herramientas para que los futuros ordenadores cuánticos puedan operar al máximo rendimiento comercial.

En el desarrollo de esta convergencia entre IA y cuántica, también será necesario tener en cuenta aspectos regulatorios, éticos, geopolíticos y de propiedad industrial, de acuerdo con el espíritu de los seminarios WAIQ (Web3, AI y Quantum), promovidos por PONS IP junto con la Universidad de Harvard.

Hacer visibles los casos de uso. Uno de los frenos más mencionados es la dificultad para traducir problemas de negocio concretos en problemas que la cuántica pueda abordar.

3. El calendario europeo de migración criptográfica a partir de 2026 pone fecha a una necesidad concreta. Para muchas organizaciones, la protección frente a la amenaza cuántica sobre la criptografía actual puede ser la puerta de entrada más tangible y urgente al mundo cuántico o asociado, sin necesidad de adentrarse todavía en las complejidades del hardware.

Visibilizar casos de uso claramente validados puede contribuir a reducir esa barrera, haciendo accesibles el mayor número de datos cuantitativos que permitan comparar con el equivalente clásico, con la dificultad en este sentido de ser una tecnología emergente con una demanda poco desarrollada.

Desarrollar programas de talento orientados al mercado. España es cantera de perfiles muy bien formados en investigación básica, pero faltan perfiles orientados al mercado que sean capaces de traducir el conocimiento del laboratorio a productos y servicios comercializables. Crear itinerarios formativos específicos (másteres, doctorados industriales, FP dual) que combinen física o informática cuántica con ingeniería aplicada, gestión de la innovación y comercialización, es un requisito imprescindible para avanzar en la industrialización de estas tecnologías.

El sector público como primer cliente. La Administración podría jugar un papel tractor importante si utiliza la demanda de estas tecnologías de forma estratégica como por ejemplo, en seguridad de comunicaciones, gestión de infraestructuras críticas o logística de defensa. Ese primer cliente institucional puede ser determinante para que las empresas nacionales demuestren su capacidad antes de competir en el mercado internacional.

Nuevas soluciones para atraer capital privado a las tecnologías cuánticas y quantum-safe.

La escasez de capital privado es una de las debilidades estructurales más citadas del ecosistema cuántico español y europeo. Mientras que en EE. UU. y China el sector privado impulsa buena parte de la inversión en cuántica, en Europa —y en España en particular— las empresas siguen dependiendo mayoritariamente de la financiación pública para crecer. Para revertir esta situación, el grupo de trabajo identifica varias líneas de actuación complementarias:

- En primer lugar, es necesario **mejorar la legibilidad del riesgo cuántico para los inversores privados:** los fondos de capital riesgo generalistas carecen con frecuencia de capacidad analítica para evaluar oportunidades en deep tech cuántica, lo que apunta a la conveniencia de instrumentos de coinversión público-privada —como los ofrecidos por el Consejo Europeo de Innovación (EIC) o el futuro Fondo Scaleup Europe previsto para 2026— que funcionen como señal de calidad y reduzcan la incertidumbre percibida.

- En segundo lugar, los **mecanismos de compra** pública de innovación y los contratos con grandes usuarios institucionales (administraciones, empresas tractoras) pueden generar flujos de ingresos predecibles que mejoren la bancabilidad de las empresas cuánticas en fase de escalado.

- En tercer lugar, la articulación de **sindicatos de inversión especializados en cuántica o tecnologías afines** —potencialmente con participación de corporaciones industriales como socios estratégicos— podría ampliar la base de capital disponible más allá del venture capital clásico.

- Por último, **el futuro Quantum Act** europeo ofrece la oportunidad de establecer incentivos fiscales armonizados y mecanismos de garantía pública orientados específicamente a atraer capital hacia tecnologías cuánticas y aquellas relacionadas, como la algoritmia poscuántica para comunicaciones Quantum Safe, siguiendo el modelo de lo que el Chips Act ha supuesto para los semiconductores.

Sistematizar la protección de los resultados tecnológicos. Se sugiere elaborar una guía específica sobre protección de resultados de propiedad industrial para tecnologías cuánticas, como acción transversal de dinamización que facilite la apropiación del valor generado y su explotación comercial.

También en este sentido, se recomienda que el marco estratégico europeo para las tecnologías cuánticas establezca cláusulas claras de titularidad y explotación de resultados en consorcios, según el Reglamento 2023/1781 (Chips Act) y la Ley 24/2015 de Patentes, para asegurar la protección estratégica de las tecnologías cuánticas desarrolladas en Europa.

El borrador de la European Innovation Act, difundido por la Comisión Europea el 9 de septiembre de 2026, contempla la mejora de los derechos de propiedad industrial como uno de sus dos pilares fundamentales. Las tecnologías cuánticas, por ser frontera entre el mundo físico y el digital serán uno de los principales candidatos para desarrollar estas políticas.

También, la UE impulsa estrategias de innovación y cooperación transnacional, como el Quantum Technologies Flagship y el futuro Quantum Act, pero aún carece de mecanismos consolidados para asegurar la titularidad y la explotación de los resultados tecnológicos derivados de proyectos colaborativos. El Quantum Act prevé reforzar la protección de activos tecnológicos y la coordinación entre estados, alineando PI y modelos de transferencia.

Propuesta:

"Se recomienda establecer cláusulas claras de titularidad y explotación de resultados en consorcios, según el Reglamento 2023/1781 (Chips Act) y la Ley 24/2015 de Patentes, para asegurar la protección estratégica de las tecnologías cuánticas desarrolladas en Europa."

Pensar en clave europea. Algunos de los retos más relevantes que las tecnologías cuánticas pueden ayudar a superar —infraestructuras de transporte, redes de energía, defensa— tienen una escala que desborda lo nacional. El modelo Airbus representa un modelo de éxito de cooperación industrial de la Unión Europea y se presenta como una referencia para alcanzar la soberanía tecnológica en tecnologías cuánticas frente a Estados Unidos y China. Para España, proyectos tractores de alcance europeo podrían dar al ecosistema español una oportunidad de crecimiento y liderazgo reconocible. Si bien, debe tenerse en cuenta que son modelos difíciles de llevar a la práctica.

Desarrollar un mecanismo de coordinación del ecosistema de tecnologías cuánticas que permita un codiseño y coimplementación efectiva. A pesar de que España dispone de todos los elementos de un ecosistema de tecnologías cuánticas, el grupo de trabajo ha señalado como debilidad sistémica la ausencia de coordinación y narrativa común. Existen modelos que pueden servir como punto de partida para diseñar un mecanismo de coordinación del ecosistema, contribuyendo a construir un ecosistema competitivo que pueda escalar a nivel europeo. En concreto, el Plan Complementario de Comunicaciones Cuánticas, es un modelo de gobernanza multinivel, en el que las comunidades autónomas participantes comparten con el Estado mecanismos de financiación y gobernanza; la participación del CSIC integra también capacidades científicas distribuidas en distintos centros. Además, está vinculado a la iniciativa europea EuroQCI lo que alinea los esfuerzos nacionales con la agenda europea. Sin embargo, es un marco restringido en duración (2021-2025), temática (comunicación cuántica) y financiación (vinculada al Plan de Recuperación). Por otro lado, se ha constituido recientemente la Spanish Quantum Alliance (SQuA), la primera asociación nacional dedicada en exclusiva a vertebrar el ecosistema español de tecnologías cuánticas.

Grandes proyectos tractores duales de nivel nacional. Articular grandes proyectos tractores de carácter dual —civil y de defensa— de ámbito nacional. Este tipo de proyectos podría contribuir a vertebrar el ecosistema, coordinar recursos, y a orientar el desarrollo de las tecnologías hacia soluciones con una demanda real acelerando así su industrialización.

CONCLUSIONES

06.

Las tecnologías cuánticas representan una de las apuestas estratégicas más relevantes para la competitividad de España y Europa en la próxima década. El presente documento ha tratado de trazar un diagnóstico del estado actual del ecosistema cuántico español en el marco de un contexto internacional marcado por la intensa competencia geopolítica entre EE. UU., China y la UE, y por un mercado global en rápida expansión.

España parte de una posición favorable en términos relativos: cuenta con una Estrategia Nacional aprobada y financiada, una base científica de primer nivel, un ecosistema empresarial en crecimiento con actores tanto en la oferta como en la demanda, y una presencia creciente en los principales programas europeos.

Hay indicadores claros y tangibles de este potencial como son la instalación del IBM Quantum System Two en San Sebastián —uno de los procesadores cuánticos más avanzados de Europa— y el surgimiento de empresas como Multiverse Computing, Qilimanjaro, QCentroid o Quside como referentes del sector a escala continental. A ellos se suma el papel de Telefónica como empresa tractora e integradora de tecnologías cuánticas en hubs tecnológicos como BIQAIN, el CESGA o MadQCI, con su red experimental TEFQCI, pionera en España y Europa e integrada en el ecosistema nacional de comunicaciones cuánticas —a través del Hub de Comunicaciones Cuánticas de MadQCI coordinado por la UPM—. Es, además, una de las primeras empresas europeas en lanzar servicios de comunicaciones Q-Safe, son indicadores tangibles de ese potencial.

Del mismo modo, la consolidación de empresas como LuxQuanta, QoolNet y Q-Dynamics evidencia el fortalecimiento de una cadena de valor nacional en comunicaciones cuánticas, desde el desarrollo de componentes y sistemas QKD hasta la integración de redes y servicios avanzados de ciberseguridad cuántica.
Sin embargo, persisten brechas estructurales que limitan la capacidad del ecosistema para escalar y competir internacionalmente: la insuficiencia de capital privado, la fragmentación entre administraciones, la brecha entre investigación e industrialización, y la debilidad relativa de la sensórica cuántica son los retos más urgentes identificados por el grupo de trabajo. La superación de estas debilidades requerirá una acción coordinada entre los sectores público y privado, con instrumentos que combinen financiación, compra pública innovadora, formación de talento y articulación nacional e internacional del ecosistema.

El momento es propicio. La Quantum Europe Strategy (2025) y el inminente Quantum Act europeo (2026) abren una ventana de oportunidad para que España se posicione de forma estratégica en los foros y mecanismos comunitarios, aprovechando su masa crítica nacional para liderar iniciativas de alcance europeo. La referencia al modelo Airbus, repetidamente mencionada en el grupo de trabajo, resume bien la ambición: construir cooperación industrial europea en cuántica no es solo una aspiración, sino una necesidad para competir con los bloques estadounidense y chino. España tiene la capacidad científica, la base empresarial y el respaldo institucional para asumir un papel protagonista en ese proceso. El reto es traducir ese potencial en liderazgo reconocible y en una industria capaz de competir internacionalmente.

Sin una estrategia sólida de propiedad industrial y de protección de resultados, el ecosistema español y europeo afronta limitaciones estructurales en autonomía, escalabilidad y soberanía tecnológica.

Sin embargo, es necesario un ejercicio de transparencia y realismo, en el que se compartan, hasta donde sea posible, los resultados de los diferentes pilotos y experiencia de colaboración. En este sentido, "benchmarks" públicos que demuestren la "ventaja cuántica", ya sea en sensórica, comunicaciones o computación, ayudaría en el proceso de adopción. Una tecnología no debe ser una promesa, sino un camino para la eficiencia y competitividad, y la "cuántica" debe aún demostrar ese potencial frente a las tecnologías existentes.



MIEMBROS DEL GRUPO DE TRABAJO

07.

COORDINADORES

PONS IP

Luis Ignacio Vicente del Olmo, consejero estratégico

MULTIVERSE

Gorka Unamuno, responsable de Innovación y Alianzas Estratégicas

FUNDACIÓN COTEC

Adelaida Sacristán, directora de Estudios y Gestión del Conocimiento
Ángel Sánchez Díaz, doctor en Física, experto en Tecnologías Cuánticas
María Peñate, responsable de Estudios

MIEMBROS DEL GRUPO

1. ADIF

- **José Conrado Martínez Acevedo,** subdirector de innovación estratégica
- **Miguel Ríos Reyes,** gerente Centro de Tecnologías Ferroviarias

2. AXENCIA GALEGA DE INNOVACIÓN (GAIN)

- **Sabela Pardo Rodríguez,** directora del Área de Estrategias y Programas
- **Enrique Rohrer Sobrino,** coordinador de la Unidad de Planificación y Cooperación Estratégica

3. AYMING ESPAÑA

- **Pilar Burgueño**

4. AYUNTAMIENTO DE BARCELONA

- **Gloria Boix,** responsable de proyectos estratégicos de la gerencia de Promoción Económica
- **Oriol Recasens,** responsable del Departamento de Ciencia e Innovación
- **Eduard Corbella Cervello,** Departamento de Ciencia e Innovación

5. AYUNTAMIENTO DE MADRID

- **Celia Tenés,** consejera técnica de la Dirección General de la Oficina Digital
- **Enrique López Galán**
- **Hector Yusta Santamaria,** jefe del Departamento de Innovación Tecnológica

6. AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

- **Francisco Salvador Bretones,** asesor de Alcaldía
- **Fernando Domínguez Pinuaga,** vicepresidente de SandboxAQ

7. BBVA

- **Escolástico Sánchez Martínez,** experto Quantum Computing

8. CAIXABANK

- **María Gregori,** directora de Innovación en CaixaBank Tech

9. CDTI

- **David de la Torre Vidal,** jefe del Departamento de Tecnologías Digitales de la Dirección de Tecnología e Internacionalización

10. COMUNIDAD DE MADRID

- **Bárbara Fernández-Revuelta,** subdirectora General de Investigación
- **Vicente Martín, catedrático** Sistemas Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid -UPM

11. CORPORACIÓN TECNOLÓGICA DE ANDALUCÍA

- **Fabián Varas Sánchez,** director técnico

12. CSIC

- **María José Calderón Prieto,** investigadora del Instituto de Ciencia de Materiales

13. DELOITTE

- **Óscar Martín Moraleda,** socio T&T
- **Alfons Buxó Ferrer,** socio T&T
- **Carlos Prieto,** manager monitor
- **Beatrice Sangalli,** senior manager

14. GOBIERNO BALEAR

- **Josep Xavier Nadal Coll,** cap del Departament d'Anàlisi Tècnica

15. GOBIERNO DE NAVARRA

- **Luis Campos,** director Gerente de Nasertic
- **Javier Berrueta Irigoyen,** técnico en tecnologías cuánticas en NASERTIC
- **Francisco Hidalgo,** responsable Digitalización en NASERTIC
- **Mario Méndez Martín,** técnico en Tecnologías Cuánticas

16. GOBIERNO DE LA RIOJA

- **Ernesto Rodríguez Casado,** técnico Facultativo Superior de la administración especial

17. GRUPO OESÍA

- **Francisco Delgado,** director de Ciencia y Tecnología

18. IBERDROLA

- **Luis Malumbres Martínez,** Digital Innovation Manager

19. INSTITUTO PARA LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL DE CASTILLA Y LEÓN (ICE)

- **Itziar Martín Alonso,** jefa de Área de Digitalización y Sostenibilidad

20. JUNTA DE ANDALUCÍA

- **Manuel Pegalajar Cuéllar,** profesor titular Universidad de Granada
- **Daniel Manzano,** profesor titular Universidad de Granada

21. LA LIGA

- **José Guerra, director de Tecnología,** Innovación y Operaciones
- **José Montero,** director Asuntos Públicos & Relaciones Institucionales
- **Ana Rosa Victoria,** directora de Innovación

22. LOGISTA

- **Rafael González González,** Corporate IT Director

23. MASORANGE

- **Germán Bohórquez Ruiz,** New Generation Technology Manager

24. PRIMAFRÍO

- **Adrián Valverde,** CIO

25. REAL MADRID CLUB DE FÚTBOL

- **Carlos Carrión García,** asesor Dirección de Proyectos Corporativos y Regulación

26. REDEIA-ELEWIT

- **Sara Lázaro Alonso,** Telco & Cybersecurity Partner
- **Elena de Benavides Jiménez,** Chief Innovation and Technology Officer
- **Lucía Mateo Sánchez,** Innovation Manager

27. SOCIEDAD DE FOMENTO DE SAN SEBASTIÁN

- **Xabier Hualde Amunárriz,** Innovación y Competitividad

28. TECNALIA

- **Irene López de Vallejo Garcia,** responsable de Desarrollo de Negocio de QTech Quantum Technologies

29. TELEFÓNICA

- **Nuria Talayero San Miguel,** gerente de Políticas Públicas
- **Jesús Luis Folgueira Chavarría,** Global CTIO
- **Julio Pastor Bayón,** director de Asuntos Corporativos

30. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

- **Luis Enrique García Muñoz,** vicerrector de Investigación y Transferencia

31. UNIVERSIDAD DE GRANADA

- **Jesús Chamorro,** profesor titular
- **Carlos Sampedro,** director de Transferencia e Innovación
- **Daniel Manzano Diosdado,** Profesor Titular - Jefe del Grupo de Termodinámica y Computación Cuántica

32. WESTINGHOUSE

- **Berenger Briquez,** Digital & Innovation Senior Manager

Observadores

1. Ana Isabel Cremades, profesora UCM, experta de Los 100 de Cotec

2. José Luis Rosales Bejarano, responsable de formación e Innovación en tecnologías cuánticas-UPM

3. Beatriz Arias, directora de Transformación Digital, Digitales

4. María Pilar Gorriz, directora de innovación, Renfe

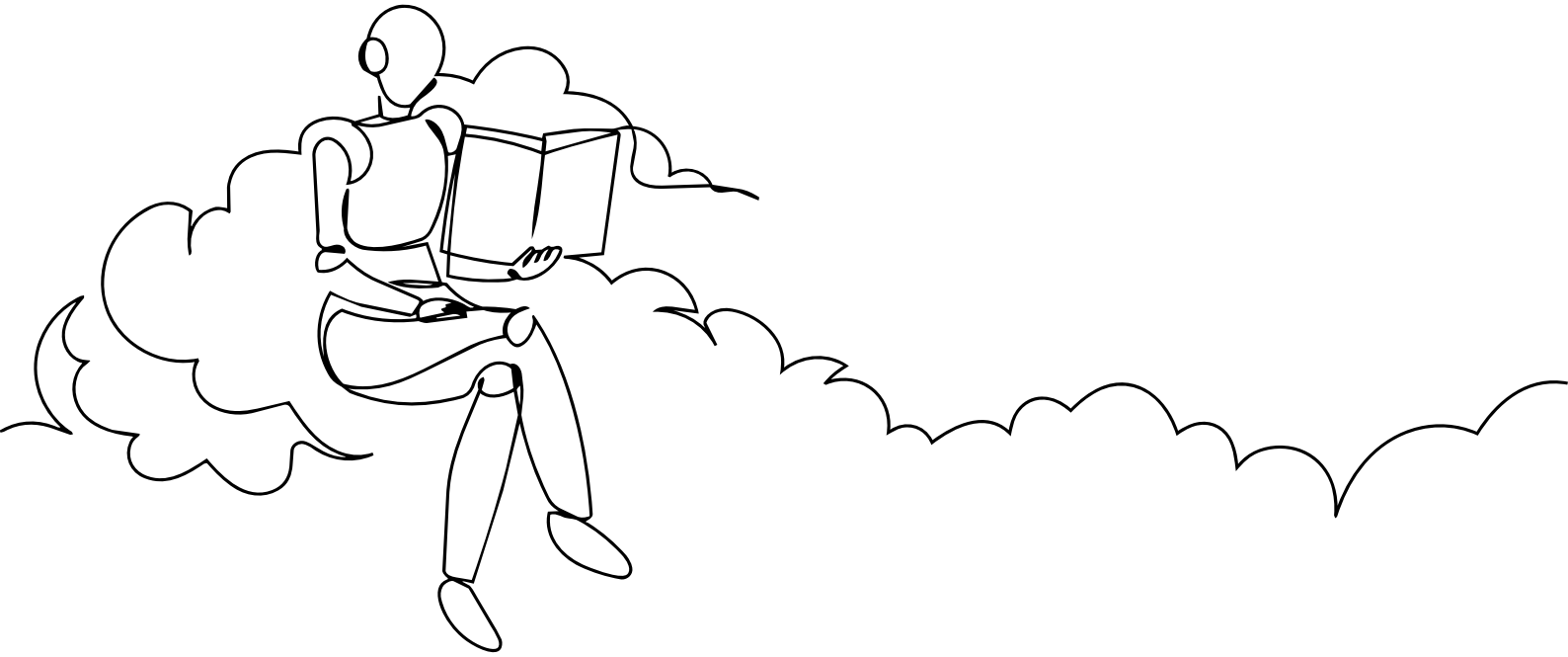
CALENDARIO DE SESIONES Y PLAN DE TRABAJO

08.

SESIÓN	OBjETIVO	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
1R GT 23/02/2026 OBJETIVOS DEL GRUPO Y DIAGNÓSTICO DE PARTIDA	1. Presentar los **objetivos concretos** y el plan de trabajo. 2. Disponer de un **diagnóstico de partida** consensuado	Durante la sesión se presentaron los objetivos y plan de trabajo y se recogieron los comentarios y aportaciones de los miembros del grupo. Se consensuó con los miembros del grupo un diagnóstico de partida sobre la situación de estas tecnologías en España. Para ello se invitó a organizaciones que contaban ya con diagnósticos o análisis de esta tecnología y su situación en España y la UE: **- Tecnalia,** junto con el Real Instituto Elcano publicó en **2025,** un policy paper que recoge un diagnóstico sobre la situación de estas tecnologías, un benchmarking internacional, y una serie de recomendaciones que marcan una hoja de ruta para España, destacando la necesidad de: reforzar la colaboración público-privada, atraer inversión de capital riesgo y articular una estrategia coordinada con la UE. https://www.realinstitutoelcano.org/policy-paper/tecnologias-cuanticas-como-apostar-y-acertar-desde-espana-y-la-ue/ **- Digitales** ha iniciado la construcción de un inventario vivo del ecosistema cuántico español, en el que ha identificado 84 agentes activos en España. https://www.digitales.es/blog-post/espana-acelera-en-tecnologias-cuanticas-masa-critica-diversidad-y-primeros-casos-de-uso/ **- Ametic** publicó en 2019 un documento sobre el estado del arte de esta tecnología y en el que se formularon un conjunto de recomendaciones para consolidar el mercado de las tecnologías cuánticas en España. Este documento se actualizó en 2023 y en 2025 se ha publicado un informe que recoge casos de uso de computación cuántica en España. **- CDTI 2025.** Reportaje sobre las tecnologías cuánticas. https://www.cdti.es/noticias/espana-acelera-salto-economia-cuantica-laboratorio-mercado-impulso-cdti-innovacion **- Fundación General CSIC 2025.** Radiografía de la innovación cuántica. FGCSIC_Informe_VT_Tecnologias_Cuanticas.pdf A esto se suman las Estrategias Española y Europea para las tecnologías cuánticas: - 2025 . Estrategia de tecnologías cuánticas, elaborada por el **Ministerio para la transformación digital** (incluye un diagnóstico). - JULIO 2025 COM(2025) 363 final Quantum Europe Strategy: Quantum Europe in a Changing World Otras fuentes para el diagnóstico: **OCDE (2025-2026).** https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/quantum-technologies.html **Mckinsey 2025.** Quantum Technology Monitor. https://www.mckinsey.de/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-year-of-quantum-from-concept-to-reality-in-2025 En la sesión participaron como invitados: • AMETIC, Alfonso Rubio, coordinador del GT de Computación y Ciberseguridad Cuánticas de AMETIC y co-founder and CMO en Multiverse • TECNALIA, Irene López de Vallejo, responsable de Desarrollo de Negocio de QTech Quantum Technologies • CDTI, David de la Torre Vidal, Departamento de Tecnologías Digitales • CSIC, María José Calderon Prieto, coordinadora adjunta Área Global Materia, CSIC • DIGITALES, Beatriz Arias, directora de Transformación Digital.	Con las aportaciones de los miembros del grupo y de las organizaciones invitadas se cerraron los objetivos concretos, y se contará con un diagnóstico de partida que orientó las siguientes sesiones. Tras la sesión, se recogió todo ello en un documento de trabajo que se compartió con los miembros del grupo para su validación.

SESIÓN	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
2R GT 24/03/2026 **LA OFERTA DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS EN ESPAÑA**	Conocer la situación del **mercado** de tecnologías cuánticas en España **desde la perspectiva de la oferta.**	España cuenta con una sólida base de conocimiento y desarrollo tecnológico en tecnologías cuánticas sustentado por centros de investigación, centros tecnológicos, spin-off/startups, y empresas que disponen de una oferta de productos y servicios vinculados a las tecnologías cuánticas. Se invitó a participar en esta sesión a entidades que forman parte de esta oferta para conocer su visión sobre el desarrollo del mercado de tecnologías cuánticas en España / UE. **o Qilimanjaro.** Eva Martín (directora de innovación) **o Qusides.** Fernando de la Iglesia (VP Product) **o QUBIZ team.** Jorge de la Herrán (Presidente) **o QCentroid.** Carlos Kuchkovsky (CEO)	Esta sesión permitió identificar las **cuestiones concretas** que pueden facilitar el desarrollo la oferta de tecnologías cuánticas en España. Los principales contenidos de la sesión se incorporarán al **documento de trabajo** para su validación por los miembros del grupo.
3R GT 21/04/2026 LA DEMANDA DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS EN ESPAÑA	Conocer la situación del **mercado** de tecnologías cuánticas en España **desde la perspectiva de la demanda.**	En España existe ya un amplio abanico de casos de usos de las tecnologías cuánticas. Además, hay grandes empresas y entidades públicas que están explorando las posibilidades de aplicación de estas tecnologías en su procesos y oferta de productos y servicios. Durante esta sesión se invitó a participar a entidades que forman parte de esta demanda para conocer su visión y perspectivas de aplicación de estas tecnologías. • BBVA, Escolástico Sánchez, quantum Principal Manager • Navantia, Patricia Sierra, directora de Monodon-departamento de R&D & Venture • Elewit, Elena Benavides, directora de innovación y tecnología • Renfe, Pilar Gorriz, directora de innovación • Iberdrola, Luis Malumbres Martínez, experto en tecnologías digitales	Esta sesión permitió identificar las **cuestiones concretas** que pueden facilitar el desarrollo de la demanda de tecnologías cuánticas en España. Los principales contenidos de la sesión se incorporarán al **documento de trabajo** para su validación por los miembros del grupo.
4R GT 19/05/2026 FINANCIACIÓN	Conocer las principales **barreras** que limitan la **inversión privada** en España y el **papel** que está desempeñando la **financiación** pública en el desarrollo de la tecnología.	Una de las debilidades del mercado de las tecnologías cuánticas en España (y en la UE) es la menor inversión privada. La inversión pública a través del CDTI o la SETT, es notable, pero no parece estar movilizando un volumen suficiente de inversión privada. En la UE la fragmentación del mercado y un marco regulatorio múltiple constituyen unas de las barreras "clásicas" para el desarrollo y crecimiento de las empresas tecnológicas porque supone una barrera a la inversión privada. Durante la sesión se invitó a representantes de fondos de inversión para conocer sus planes de inversión y qué peculiaridades del mercado de tecnologías cuánticas están limitando la apuesta privada en España. Se invitaron también a actores del sector público para conocer su experiencia e iniciativas en la financiación de tecnologías cuánticas. • Javier Ulecia, socio fundador, Bullnet Capital • José María García Orois, director de desarrollo de negocio, Sociedad Española para la Transformación Tecnológica (SETT) • Alaitz Landaluze, directora de anticipación, Innobasque, • Sabela Pardo Rodríguez, directora del Área de Estrategias y Programas GAIN y Enrique Rohrer Sobrino, Coordinador de la Unidad de Planificación y Cooperación Estratégica. GAIN • Bárbara Fernández Revuelta, CAM • Gobierno Vasco, Eli Garcia, directora de transformación digital	

SESIÓN	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
5R GT 09/06/2026 CONCLUSIO-NES	Presentación de las principales **conclusiones** de las sesiones anteriores.	En las anteriores sesiones de trabajo se identificaron fortalezas, brechas y oportunidades del ecosistema cuántico español, comparadas con las dinámicas europeas y globales. Con ello se elaboró una propuesta de acciones e iniciativas de impacto orientadas a dinamizar la colaboración entre agentes, mejorar la transferencia de tecnología, facilitar la conexión oferta-demanda y apoyar la consolidación empresarial. Todas la propuestas se recogieron en el documento de trabajo. En esta sesión se presentó para su discusión el documento de trabajo elaborado con los contenidos de las sesiones previas. Posteriormente se envió el documento de trabajo para recoger los comentarios y aportaciones de los miembros del grupo.	**Documento final consensuado.**



REFERENCIAS

Comisión Europea (2025). Quantum Europe Strategy: Quantum Europe in a Changing World. COM(2025) 363 final. Bruselas, julio de 2025.

Cotec (2025) El modelo de Formación Dual: de la Formación Profesional al Doctorado Industrial. Madrid, diciembre 2025

DigitalES (2026). «España acelera en tecnologías cuánticas: masa crítica, diversidad y primeros casos de uso». Blog de DigitalES, enero de 2026.

EPO-OCDE (2025). Mapping the Global Quantum Ecosystem: A Comprehensive Analysis Based on Innovation, Firm, Investment, Skills, Trade and Policy Data. Múnich/París, diciembre de 2025.

Fundación General CSIC (2025). De bits a cúbits: Radiografía de la innovación cuántica. Proyecto Red de Entidades de Enlace de la Comunidad de Madrid, 2025.

McKinsey Digital (2025). Quantum Technology Monitor. Junio de 2025.

Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública / Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (2025). Estrategia Nacional de Tecnologías Cuánticas 2025-2030. Madrid, 2025.

OCDE (2025). «An Overview of National Strategies and Policies for Quantum Technologies». OECD Digital Economy Papers, n.º 379. París, diciembre de 2025. DOI: 10.1787/5e55e7ab-en.

OCDE (2025). A Quantum Technologies Policy Primer. París, febrero de 2025.
Tecnalia y Real Instituto Elcano (2025). Tecnologías cuánticas: cómo apostar y acertar desde España y la UE. Elcano Policy Paper. Madrid, 2025.

AMETIC (2022). La España Cuántica. Madrid, 2022 (actualización del informe original de 2019).

CDTI (2025). «España acelera su salto a la economía cuántica: del laboratorio al mercado con el impulso de CDTI Innovación». Disponible en: https://www.cdti.es/noticias/espana-acelera-salto-economia-cuantica-laboratorio-mercado-impulso-cdti-innovacion

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (2025). Estrategia Nacional de Tecnologías Cuánticas. Disponible en: https://espanadigital.gob.es/estrategia-de-tecnologias-cuanticas-de-espana

ACRÓNIMOS

Acrónimo	Significado
AIMEN	Centro Tecnológico AIMEN (Asociación de Investigación Metalúrgica del Noroeste)
AMETIC	Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones y Digitalización
AQ	AI + Quantum (inteligencia artificial y cuántica)
B2B	Business to Business (entre empresas)
BB84	Protocolo de distribución cuántica de claves de Bennett y Brassard
BSC-CNS	Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación
CAM	Comunidad de Madrid
CCN	Centro Criptológico Nacional
CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación
CESGA	Centro de Supercomputación de Galicia
CIO	Chief Information Officer (director de sistemas de información)
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (semiconductor complementario de óxido metálico)
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
CTAG	Centro Tecnológico de Automoción de Galicia
CTIO	Chief Technology and Innovation Officer (director de tecnología e innovación)
CV-QKD	Continuous-Variable Quantum Key Distribution (distribución cuántica de claves de variable continua)
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
DIPC	Donostia International Physics Center
DOI	Digital Object Identifier (identificador de objeto digital)
DORA	Digital Operational Resilience Act (Reglamento europeo de resiliencia operativa digital del sector financiero)
ECC	Elliptic Curve Cryptography (criptografía de curva elíptica)
ECTS	European Credit Transfer and Accumulation System (Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos)
EE. UU.	Estados Unidos
EHU	Euskal Herriko Unibertsitatea (Universidad del País Vasco)
EIC	European Innovation Council (Consejo Europeo de Innovación)
EPO	European Patent Office (Oficina Europea de Patentes)
EuroHPC	European High Performance Computing Joint Undertaking (Empresa Común Europea de Informática de Alto Rendimiento)
EuroQCI	European Quantum Communication Infrastructure (Infraestructura Europea de Comunicación Cuántica)
FGCSIC	Fundación General CSIC
FP	Formación Profesional
GAIN	Axencia Galega de Innovación
GPS	Global Positioning System (sistema de posicionamiento global)
ICE	Instituto para la Competitividad Empresarial de Castilla y León
ICFO	Instituto de Ciencias Fotónicas
ICN2	Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia
ICREA	Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats
IFAE	Institut de Física d'Altes Energies
IT	Information Technology (tecnologías de la información)

Acrónimo	Significado
ITG	Instituto Tecnológico de Galicia
JU	Joint Undertaking (Empresa Común europea)
LCSP	Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público
MadQCI	Madrid Quantum Communication Infrastructure (Infraestructura de Comunicación Cuántica de Madrid)
ML	Machine Learning (aprendizaje automático)
MQIST	Master in Quantum Information Science and Technologies
MUQIP	Máster Universitario en Quantum Information and Photonics
NFV	Network Functions Virtualization (virtualización de funciones de red)
NIS2	Directiva (UE) 2022/2555 relativa a medidas para un elevado nivel común de ciberseguridad (Network and Information Security)
NIST	National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de EE. UU.)
NV	Nitrógeno-vacante (centros de color en diamante)
OCDE / OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OS	Operating System (sistema operativo)
OT	Operational Technology (tecnología operacional)
PERTE	Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica
PFAS	Sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas
PI	Propiedad industrial
PNT	Posicionamiento, navegación y tiempo
PoC	Proof of Concept (prueba de concepto)
PQC	Post-Quantum Cryptography (criptografía poscuántica)
PYME	Pequeña y mediana empresa
QAOA	Quantum Approximate Optimization Algorithm (algoritmo cuántico de optimización aproximada)
QKD	Quantum Key Distribution (distribución cuántica de claves)
Q-MIND	Quantum Madrid for Innovation and New Developments
QML	Quantum Machine Learning (aprendizaje automático cuántico)
QOGS	Quantum Optical Ground Station (estación terrestre óptica cuántica)
QPU	Quantum Processing Unit (unidad de procesamiento cuántico)
QRNG	Quantum Random Number Generation (generación cuántica de números aleatorios)
QTEP	Plataforma de Tecnologías Cuánticas del CSIC
RSA	Rivest–Shamir–Adleman (algoritmo de criptografía asimétrica)
SCUC	Security-Constrained Unit Commitment (programación de unidades de generación con restricciones de seguridad)
SDA	Sistema Dinámico de Adquisición
SDN	Software-Defined Networking (redes definidas por software)
SD-WAN	Software-Defined Wide Area Network (red de área amplia definida por software)
SETT	Sociedad Española para la Transformación Tecnológica
SQUID	Superconducting Quantum Interference Device (dispositivo superconductor de interferencia cuántica)
SWIR	Short-Wave Infrared (infrarrojo de onda corta)
TEFQCI	Red experimental de comunicaciones cuánticas de Telefónica

Acrónimo	Significado
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
TRL	Technology Readiness Level (nivel de madurez tecnológica)
UAB	Universitat Autònoma de Barcelona
UAM	Universidad Autónoma de Madrid
UB	Universitat de Barcelona
UC3M	Universidad Carlos III de Madrid
UDC	Universidade da Coruña
UE	Unión Europea
UGR	Universidad de Granada
UIMP	Universidad Internacional Menéndez Pelayo
UMA	Universidad de Málaga
UNIR	Universidad Internacional de La Rioja
UNIZAR	Universidad de Zaragoza
UP	Universidad Politécnica
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
UPV	Universitat Politècnica de València
UPV/EHU	Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea
USC	Universidade de Santiago de Compostela
UVigo	Universidade de Vigo
VQE	Variational Quantum Eigensolver (resolvedor variacional cuántico de autovalores)
WAIQ	Web3, AI y Quantum

COTEC

COTEC.ES