

Bruselas, 4 de julio de 2025
(OR. en)

11276/25

COMPET 689	EDUC 315
IND 247	EMPL 354
RECH 319	ENFOPOL 251
ESPACE 54	FIN 832
COH 128	FISC 159
COSI 131	JAI 1028
CYBER 206	SOC 503
ECOFIN 955	TELECOM 234

NOTA DE TRANSMISIÓN

De: Por la secretaria general de la Comisión Europea, D.^a Martine DEPREZ, directora

Fecha de recepción: 3 de julio de 2025

A: D.^a Thérèse BLANCHET, secretaria general del Consejo de la Unión Europea

N.º doc. Ción.: COM(2025) 363 final

Asunto: COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO
Estrategia para una Europa Cuántica: una Europa cuántica en un mundo cambiante

Adjunto se remite a las delegaciones el documento COM(2025) 363 final.

Adj.: COM(2025) 363 final



Bruselas, 2.7.2025
COM(2025) 363 final

**COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL
CONSEJO**

Estrategia para una Europa Cuántica: una Europa cuántica en un mundo cambiante

Una Europa cuántica en un mundo cambiante

1.1 Introducción

Europa es un continente cuántico¹. Desde pioneros emblemáticos como Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr y Erwin Schrödinger hasta pioneros actuales y galardonados con el Premio Nobel como Theodor Haensch, Albert Fert, Serge Haroche, Anton Zeilinger, Alain Aspect y Anne L’Huillier, Europa siempre ha sido el lugar de la ciencia cuántica.

Los avances en la ciencia cuántica representan algunos de los desarrollos más transformadores de la historia de la tecnología. El Informe Draghi² se refiere a la computación cuántica como «la próxima innovación pionera en el ámbito de la informática, que podría abrir nuevas oportunidades para la competitividad industrial y la soberanía tecnológica de la UE».

En la actualidad nos encontramos en un punto de inflexión, a medida que se acelera la carrera mundial por aprovechar las tecnologías cuánticas, yendo más allá de los laboratorios y entrando en aplicaciones reales. Desde la formación de imágenes por resonancia magnética (MRI) en la asistencia sanitaria y los avances materiales en energía, hasta los sensores gravimétricos para la geofísica y la navegación, las comunicaciones seguras y la computación cuántica para resolver problemas complejos de logística y finanzas, estos avances están empezando a remodelar industrias e infraestructuras sociales clave.

Las tecnologías cuánticas también tienen un potencial de doble uso³, lo que las hace útiles tanto para las aplicaciones de defensa como de seguridad nacional, impulsando así el interés estratégico de los principales agentes públicos y privados.

En este contexto, la UE ha identificado la cuántica como una tecnología crítica⁴ en su Estrategia de Seguridad Económica⁵ y en el Libro Blanco Conjunto «Preparación en materia de defensa europea 2030»⁶.

Los primeros esfuerzos de industrialización a gran escala están actualmente en marcha en todo el mundo, especialmente en los Estados Unidos, impulsados por inversiones privadas masivas de empresas de alta tecnología, y en China, impulsados en gran medida por financiación pública.

Europa ha logrado avances notables en la excelencia científica cuántica: cuenta con la mayor concentración mundial de talento cuántico y ocupa el primer puesto a escala mundial en el número de publicaciones científicas. La UE también cuenta con uno de los mayores ecosistemas cuánticos de empresas emergentes⁷. Aproximadamente un tercio de todas las

¹ Las tecnologías cuánticas aprovechan los principios de la mecánica cuántica para llevar a cabo tareas que son imposibles de resolver o sumamente ineficientes para las tecnologías tradicionales. Los principales ámbitos de las tecnologías cuánticas incluyen la computación y la simulación cuánticas, la detección cuántica y la comunicación cuántica.

² [El Informe Draghi sobre la competitividad de la UE.](#)

³ A efectos de la presente Estrategia, el **potencial de doble uso** denota la capacidad de las tecnologías cuánticas para servir a fines tanto civiles como de seguridad y defensa. Se utiliza aquí en un sentido más amplio y prospectivo que el término jurídico «productos de doble uso» del Reglamento (UE) 2021/821 sobre el control de las exportaciones.

⁴ [Recomendación \(UE\) 2023/2113 de la Comisión, de 3 de octubre de 2023, sobre ámbitos tecnológicos críticos para la seguridad económica de la UE con vistas a realizar evaluaciones de riesgos adicionales conjuntamente con los Estados miembros.](#)

⁵ JOIN(2023) 20 final: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>.

⁶ Libro Blanco Conjunto «Preparación en materia de defensa europea 2030» | SEAE.

⁷ [McKinsey & Company, Quantum Technology Monitor \[«Monitor de tecnología cuántica», documento en inglés\], abril de 2024.](#)

empresas cuánticas del mundo tienen su sede en la UE⁸, y los proveedores de la UE suministran casi la mitad de los componentes de *hardware* y *software* utilizados en los ordenadores cuánticos⁹.

Sin embargo, en estos momentos Europa **se está quedando atrás a la hora de traducir sus capacidades de innovación y su potencial futuro en oportunidades reales de mercado**. Como consecuencia de ello, actualmente solo ocupa el tercer puesto a escala mundial en las patentes presentadas para la computación cuántica, la detección y la comunicación¹⁰.

Además, **los esfuerzos de Europa siguen estando fragmentados entre los Estados miembros** y las agencias de financiación nacionales y regionales. En los últimos cinco años, la UE y los Estados miembros han invertido más de 11 000 millones EUR en tecnologías cuánticas. Si bien varios Estados miembros han elaborado sus propias estrategias y hojas de ruta nacionales, una coordinación insuficiente ha dado lugar a la duplicación de esfuerzos, el uso ineficiente de los recursos y la creciente competencia por el talento. Esto amenaza con socavar la capacidad de la UE para crear masa y escala críticas, ralentizando el proceso de comercialización y, en última instancia, limitando el desarrollo de una capacidad industrial europea competitiva a escala mundial y de un mercado cuántico europeo unificado.

Además, **si bien Europa desempeña un papel de liderazgo en el emprendimiento cuántico en fase inicial, su ecosistema emergente carece actualmente de apoyo financiero sostenible y de suficientes perspectivas de mercado**. Europa también carece de usuarios pioneros en la adopción de tecnología cuántica entre los grandes agentes industriales, lo que priva a los ecosistemas de empresas emergentes de suficientes perspectivas de mercado.

Sobre la base de la Brújula para la Competitividad¹¹, que incluye la «tecnología cuántica» entre los sectores tecnológicos clave que serán importantes para la economía del mañana¹², esta iniciativa presenta, en estrecha consonancia con las partes interesadas cuánticas¹³, una estrategia global para garantizar una posición de liderazgo para Europa en la carrera cuántica mundial. Al apoyar el desarrollo de esta tecnología con potencial de doble uso en la UE, esta estrategia también contribuirá a aplicar las recomendaciones de la Estrategia de Preparación de la Unión¹⁴, el Informe Niinistö¹⁵, el Libro Blanco Conjunto «Preparación en materia de defensa europea 2030»¹⁶, la Estrategia Europea para la Seguridad Interior ProtectEU¹⁷, así como de la Estrategia Digital Internacional para la UE¹⁸.

⁸ Lewis, A., Scudo, P., Cerutti, I., Travagnin, M., Marcantonini, C., *et al.*, *Future Directions for Quantum Technology in Europe* [«Futuras direcciones de la tecnología cuántica en Europa», documento en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2025, JRC141050. Próxima publicación a mediados de julio.

⁹ [Banco Europeo de Inversiones, *A Quantum Leap in Finance* \[«Un salto cuántico en las finanzas», documento en inglés\], 2022.](#)

¹⁰ Véase la nota a pie de página 8.

¹¹ [Brújula para la Competitividad — Comisión Europea.](#)

¹² La Estrategia Europea de Seguridad Económica y su Recomendación de la Comisión, de 3 de octubre de 2023, incluyen la cuántica entre los ámbitos tecnológicos críticos.

¹³ Como se indica en las respuestas a la convocatoria de datos lanzada antes de la publicación de la Estrategia para una Europa Cuántica: [Estrategia para una Europa Cuántica](#). Las partes interesadas expresaron la opinión de que la Estrategia para una Europa Cuántica debería acelerar la transición del laboratorio a la fábrica (*from lab to fab*) sin descuidar el papel primordial de la investigación fundamental, ampliar las infraestructuras cuánticas paneuropeas existentes y desarrollar una mano de obra cualificada y con educación en materia cuántica. También destacan la importancia de aumentar las capacidades de fabricación de la Unión y de abordar los obstáculos financieros, reglamentarios y administrativos que limitan o ralentizan la expansión de las empresas emergentes hasta convertirse en empresas maduras y rentables en el mercado único.

¹⁴ [Preparación — Comisión Europea.](#)

¹⁵ El Informe Niinistö https://commission.europa.eu/document/download/5bb2881f-9e29-42f2-8b77-8739b19d047c_en?filename=2024_Niinisto-report_Book_VF.pdf.

¹⁶ Véase la nota a pie de página 6.

¹⁷ [La Comisión presenta la Estrategia Europea para la Seguridad Interior ProtectEU — Comisión Europea.](#)

¹⁸ [Comunicación conjunta sobre una Estrategia Digital Internacional para la UE, de 5 de junio de 2025.](#)

1.2 Una Europa Cuántica: la visión y el marco estratégico de aplicación

Europa está muy bien situada para liderar la revolución cuántica en curso. La visión es transformar Europa en una potencia industrial cuántica y un líder del mercado mundial en tecnologías cuánticas, sobre la base de un liderazgo científico continuo.

La visión estratégica de la UE aprovecha sus puntos fuertes actuales: investigación de categoría mundial, excelencia científica, una base dinámica de empresas emergentes y una sólida estructura de inversión pública. Estos pilares clave son esenciales para abordar la fragmentación, acelerar la implantación industrial y garantizar la autonomía estratégica en lo que respecta a las tecnologías cuánticas.

Para alcanzar esta visión, la Estrategia se centra en cinco ámbitos interconectados:

- **Ámbito 1. Investigación e innovación:** Consolidar la excelencia en toda Europa para liderar la ciencia cuántica y su transformación industrial.
- **Ámbito 2. Infraestructuras cuánticas:** Desarrollar centros de infraestructuras sostenibles, escalables y coordinados para apoyar la producción, el diseño y el desarrollo de aplicaciones.
- **Ámbito 3. Reforzar el ecosistema cuántico de la UE:** Garantizar las cadenas de suministro y la industrialización de las tecnologías cuánticas mediante inversiones en empresas emergentes y en expansión.
- **Ámbito 4. Tecnologías cuánticas con potencial espacial y de doble uso (seguridad y defensa):** Integrar capacidades cuánticas seguras y soberanas en las estrategias espaciales, de seguridad y de defensa de Europa.
- **Ámbito 5. Competencias cuánticas:** Crear una mano de obra diversa y de categoría mundial a través de sistemas y programas de educación y formación ágiles y coordinados y promover la movilidad del talento en toda la UE.

Los cinco ámbitos estratégicos cuentan con el apoyo de un enfoque de aplicación inteligente. Como se describe a continuación, en la sección 3.1, «Principales componentes de aplicación de la Estrategia para una Europa Cuántica», el enfoque se basará en un círculo de desarrollo tecnológico de ciclo de vida iterativo que vinculará continuamente los descubrimientos científicos cuánticos con aplicaciones reales y con el mercado, que tendrán repercusiones económicas a corto y largo plazo. Este enfoque de aplicación ayudará a atraer a usuarios industriales y públicos líderes, garantizando el acceso al mercado y la sostenibilidad del incipiente ecosistema cuántico de la UE.



Ilustración 1: Cinco ámbitos estratégicos para una Europa Cuántica

Como complemento del ciclo de vida de aplicación, la UE establecerá un marco de gobernanza estratégica para supervisar y facilitar los avances.

La Estrategia se basa en la Declaración Europea sobre Tecnologías Cuánticas de 2023¹⁹, que marcó un paso político clave, alineando a los Estados miembros en torno a las prioridades compartidas y los valores europeos. También se basa en las conclusiones de los grupos de expertos de todos los Estados miembros de la UE²⁰, creados bajo la coordinación del Grupo de Coordinación de Tecnología Cuántica²¹.

2 Ámbitos estratégicos para una Europa Cuántica

2.1 Ámbito 1: Investigación e innovación para una Europa Cuántica

La base de investigación cuántica de Europa, apoyada por varios programas nacionales y de la UE, ha sentado una base científica sólida. En los últimos cinco años, la UE ha invertido casi 2 000 millones EUR en tecnologías cuánticas, complementados con más de 9 000 millones EUR de financiación pública adicional de los Estados miembros. Estos fondos han apoyado la investigación y la educación cuánticas, la creación de agrupaciones cuánticas nacionales y centros de superordenadores cuánticos-clásicos híbridos, la industria de la tecnología cuántica y las asociaciones internacionales.

A pesar de la importante financiación nacional y de la UE, la investigación cuántica en Europa sigue estando fragmentada entre los Estados miembros y los instrumentos, lo que da lugar a duplicaciones, deficiencias en ámbitos prioritarios y una competencia por talentos escasos. Sin una coordinación y sin un enfoque claro en las prioridades estratégicas compartidas, Europa no alcanzará sus ambiciones cuánticas.

Por consiguiente, la Comisión propone una **Iniciativa de Investigación e Innovación para una Europa Cuántica** específica. Su objetivo será armonizar los esfuerzos de la UE y de los Estados miembros en torno a una agenda de investigación, tecnología e innovación acordada en común. Pondrá en común los esfuerzos en torno a temas comunes y fijará objetivos compartidos para garantizar la coherencia, evitar solapamientos y crear una masa crítica.

Esta iniciativa se estructurará en torno a las siguientes fases clave de actividad:

- **Descubrir:** apoyar la investigación fundamental, el desarrollo tecnológico y las acciones de innovación en computación, comunicación y detección cuánticas.
- **Del laboratorio a la fábrica:** seguir invirtiendo en la construcción de infraestructuras de computación, comunicación y detección cuánticas de última generación, *hardware* cuántico y tecnologías facilitadoras pertinentes, así como en líneas piloto de vanguardia y herramientas de diseño para apoyar la industrialización y el desarrollo de ecosistemas.
- **Aplicar y utilizar:** apoyar el desarrollo de aplicaciones en sectores públicos e industriales clave, garantizando la traducción de los avances científicos en todos los ámbitos cuánticos en aplicaciones y repercusiones reales.

Además de lo anterior, la iniciativa también incluirá inversiones en la atracción de talento y el desarrollo de competencias para garantizar una futura mano de obra de la industria cuántica bien formada.

La Iniciativa de Investigación e Innovación para una Europa Cuántica se ejecutará a través de un marco de gobernanza a nivel de la UE, que se definirá en la próxima propuesta de una Ley Cuántica. Mientras tanto, el mandato de la Empresa Común de Informática de Alto Rendimiento Europea²² se ampliará mediante una modificación de su Reglamento de base,

¹⁹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/library/european-declaration-quantum-technologies>.

²⁰ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/library/shaping-european-strategy-quantum-technology-main-orientations-and-recommendations>.

²¹ <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=es&groupID=3931>.

²² El [Reglamento \(UE\) 2021/1173 del Consejo](#), por el que se crea la Empresa Común de Informática de Alto Rendimiento Europea.

garantizando una coordinación fluida con Horizonte Europa, Europa Digital, los programas espaciales y de defensa y otros instrumentos de financiación.

- Modificar el Reglamento por el que se crea la Empresa Común de Informática de Alto Rendimiento Europea para ampliar su ámbito de competencias a todas las tecnologías cuánticas y, como primer paso, transferir a la Empresa Común las actividades cuánticas del pilar 2 I+i de Horizonte Europa [tercer trimestre de 2025]
- Presentar la propuesta de la Ley Cuántica [2026]

2.2 **Ámbito 2: Infraestructuras para una Europa cuántica**

En la actualidad, la UE está invirtiendo en importantes iniciativas de infraestructuras cuánticas, como los sistemas de computación cuántica en el marco de la Empresa Común EuroHPC, la infraestructura de comunicación cuántica segura EuroQCI²³ en el marco del Programa de Conectividad Segura IRIS²⁴ de la Unión, así como en plataformas de detección avanzadas. La UE también está invirtiendo en varias líneas piloto en el marco de la Empresa Común para los Chips²⁵ con el fin de preparar la industrialización de las tecnologías cuánticas en Europa.

Estas infraestructuras cuánticas financiadas con fondos públicos son elementos de apoyo estratégicos de la ambición cuántica de Europa. Proporcionan acceso a sistemas y plataformas cuánticos de última generación que, de otro modo, quedarían fuera del alcance de la mayoría de las partes interesadas y usuarios cuánticos europeos debido a los elevados costes de desarrollo y acceso, a la complejidad técnica o a la necesidad de servicios específicos, como la comunicación segura. Ofrecen un banco de pruebas para la innovación, un campo de formación para el talento y un espacio para que la industria, las pymes y los investigadores experimenten, comprendan y conformen el desarrollo de nuevas tecnologías cuánticas. Son esenciales para acelerar la adopción de la tecnología cuántica, desarrollar la capacidad industrial y garantizar que los beneficios cuánticos se distribuyen ampliamente en toda la Unión.

De cara al futuro, la UE mantendrá y ampliará sus inversiones en infraestructuras cuánticas públicas a través de **la computación y la simulación, las comunicaciones y la detección**, como se explica a continuación.

2.2.1 **Computación y simulación cuánticas**

La computación cuántica tiene el potencial de revolucionar nuestra capacidad para resolver problemas complejos de optimización de la computación mucho más allá del alcance incluso de los sistemas de informática de alto rendimiento (HPC) más potentes. Se espera que su efecto sea catalizador en numerosos ámbitos, por ejemplo, en el ámbito de la simulación farmacéutica y química podría permitir el descubrimiento de nuevos medicamentos y productos químicos; en el ámbito de la energía, la computación cuántica puede ayudar a descubrir nuevos materiales de baterías o superconductores de alta temperatura; también es muy prometedora en cuanto a mejoras en ámbitos como la logística y las finanzas. Además, los ordenadores cuánticos pueden resolver estos problemas de una manera mucho más eficiente desde el punto de vista energético que los superordenadores clásicos. En lugar de sustituir los sistemas HPC, los ordenadores cuánticos los complementarán, actuando como aceleradores para impulsar el rendimiento global de la solución informática, proporcionando resultados mucho más rápidos y de una manera mucho más eficiente desde el punto de vista energético. La cuántica también se utiliza cada vez más junto con la IA y en apoyo de esta. Por ejemplo, la cuántica puede acelerar el












²³ [La Iniciativa sobre la Infraestructura Europea de Comunicación Cuántica \(EuroQCI\) | Configurar el futuro digital de Europa.](#)

²⁴ [IRIS² | Conectividad Segura — Comisión Europea, Reglamento \(UE\) 2023/588.](#)

²⁵ [Reglamento \(UE\) 2023/1782 del Consejo](#), por el que se establece la Empresa Común para los Chips.

entrenamiento de los modelos de IA, mientras que la IA contribuye a la corrección de errores cuánticos, impulsando la fiabilidad general del sistema.

En la actualidad, la computación cuántica se encuentra en una fase de definición: si bien existen procesadores cuánticos a pequeña escala, el principal reto global es expandirse hacia los ordenadores cuánticos plenamente operativos que puedan demostrar de manera concluyente la ventaja de la computación cuántica. El reto clave ahora es construir máquinas a mayor escala que puedan ofrecer una clara ventaja cuántica²⁶ frente a los ordenadores clásicos. En los próximos cinco a diez años, la capacidad de los ordenadores cuánticos para resolver problemas reales aumentará enormemente. Esta es la razón por la que la UE y sus Estados miembros, así como otros agentes importantes —desde Australia, Canadá, China, Corea del Sur, Japón, y Reino Unido hasta Estados Unidos—, están realizando grandes inversiones en tecnologías cuánticas en la carrera por liderar la revolución cuántica²⁷. Hoy en día se están desarrollando múltiples plataformas de computación cuántica, cada una de ellas basada en un enfoque tecnológico diferente²⁸. En el cuadro 1 se enumeran los ordenadores cuánticos proporcionados por empresas con sede en diferentes regiones del mundo.

Plataforma tecnológica	Superconductores	Trampas iónicas	Átomos fríos	Fotónica	Cúbits de espín
 Máquinas de la UE	 17	 6	 8	 5	 3
 Máquinas del Reino Unido	4	6	0	5	2
 Máquinas de los Estados Unidos	26	7	4	2	0
 Máquinas de Canadá	13	0	0	1	0
 Máquinas de China	2	0	0	0	0
 Máquinas ²⁹ RDM	1	0	0	1	3

Cuadro 1: Panorama de los proveedores de computación y simulación cuánticas

Europa, a través de los programas nacionales y el «Buque insignia de tecnologías cuánticas de la UE»³⁰, está desarrollando todas las principales tecnologías de computación cuántica, como se ha ilustrado anteriormente. Estos esfuerzos han dado lugar a prototipos de trabajo, herramientas de *software* y varias empresas derivadas de tecnología profunda. Asimismo, a

²⁶ OCDE (2025), *A Quantum Technologies Policy Primer* [«Una introducción a las políticas sobre tecnologías cuánticas», documento en inglés]. Por «ventaja cuántica» se entiende el punto en el que un ordenador cuántico realiza una tarea específica de manera más eficiente, más rápida, con mayor precisión o con menos energía que los mejores superordenadores clásicos posibles. Este hito indica una demostración práctica de la superioridad de la computación cuántica para determinados problemas computacionales, aunque solo sea en ámbitos limitados.

²⁷ Por ejemplo, la Iniciativa Nacional Cuántica de los Estados Unidos (<https://www.quantum.gov/>); la hoja de ruta cuántica de China para 2030; la Estrategia de Innovación y Tecnología Cuántica de Japón (https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf); la Estrategia Nacional Cuántica de Australia (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf>); la Estrategia Nacional Cuántica de Canadá (<https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy>); la Estrategia Nacional Cuántica del Reino Unido (<https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>).

²⁸ Los ejemplos representativos de plataformas de computación se basan en circuitos superconductores, iones atrapados, átomos neutros, fotónica, diamantes o cúbits de espín (*spin qubits*). Cada uno de ellos presenta ventajas y retos de ingeniería diferenciados en términos de escalabilidad, fidelidad y coherencia de la computación.

²⁹ Resto del mundo.

³⁰ [Página de inicio del «Buque insignia cuántico» | «Buque insignia cuántico».](#)

través de la Empresa Común EuroHPC, Europa ya está implantando sus primeros prototipos de sistemas de computación cuántica en varios Estados miembros (véase la ilustración 2). Esta implantación temprana tiene dos objetivos clave: apoya la eclosión de una industria cuántica europea autónoma, soberana y competitiva mediante la creación de un mercado temprano para los proveedores de *hardware* y *software*, al tiempo que permite el desarrollo del mercado interior al aumentar el número y la escala de los casos de uso y los usuarios.

Europa también ha habilitado con éxito la hibridación temprana de los ordenadores cuánticos con HPC, alcanzando así el objetivo de la Década Digital de la UE de contar con un primer ordenador con aceleración cuántica en 2025³¹. Esto marca un hito estratégico: apoya el ecosistema europeo de *hardware* cuántico, fomenta la aparición de casos de uso industrial y sienta las bases para sistemas híbridos más avanzados; todo ello contribuye al objetivo a largo plazo de lograr una capacidad de computación cuántica de pila completa (*full-stack*) para 2030. Esta hibridación también permitirá el uso de ordenadores cuánticos por parte de las factorías europeas de IA³², contribuyendo así a la consecución de los objetivos del Plan de Acción «Continente de IA»³³.

De cara al futuro, la Iniciativa de Investigación e Innovación para una Europa Cuántica seguirá apoyando actividades coordinadas para acelerar la transición de los dispositivos cuánticos de primera generación actuales a máquinas plenamente operativas. El objetivo es posicionar a Europa para que adquiera ordenadores cuánticos de próxima generación principalmente de proveedores de la UE, ampliando progresivamente estas plataformas para alcanzar aproximadamente 100 cúbits con errores corregidos (*error-corrected qubits*)³⁴ por sistema de aquí a 2030, un objetivo que se ajusta a las hojas de ruta de la industria para lograr una ventaja computacional significativa. **De aquí a 2035, Europa aspira a convertirse en el primer continente en alcanzar una escala de miles de cúbits con errores corregidos por plataforma, un umbral que se considera necesario para resolver problemas reales.**

Alcanzar este hito representaría un punto de inflexión en la ventaja cuántica práctica³⁵ y situaría a Europa como líder mundial en la computación cuántica. Reforzaría el desarrollo de las empresas europeas de computación cuántica y ayudará a fomentar el desarrollo y la implementación de aplicaciones de usuarios pioneros (*lead users*), reforzando al mismo tiempo la autonomía tecnológica de la Unión.

³¹ Las plataformas híbridas de sistemas cuánticos/HPC están integrando procesadores cuánticos con sistemas de HPC clásicos para permitir el coprocesamiento temprano, y los procesadores cuánticos actúan como aceleradores informáticos de los superordenadores tradicionales. Tres plataformas híbridas, en Alemania, Finlandia y Francia ya están operativas en el marco de EuroHPC y en las infraestructuras nacionales. A finales de 2025, la hibridación será estándar en todas las instalaciones de computación cuántica europeas, lo que consolidará un logro significativo.

³² [Factorías de IA | Configurar el futuro digital de Europa](#).

³³ [Continente de IA — Comisión Europea](#).

³⁴ Los ordenadores cuánticos actuales están dando resultados que aún no son totalmente exactos (los cálculos cuánticos siguen siendo propensos a errores significativos). La aplicación de una corrección eficaz de fallos, que dará lugar a cúbits con errores corregidos (es decir, las unidades de procesamiento de un ordenador cuántico) que proporcionen resultados informáticos exactos, es, por tanto, un hito importante para cualquier futuro ordenador cuántico plenamente operativo.

³⁵ Véase la nota a pie de página 26.

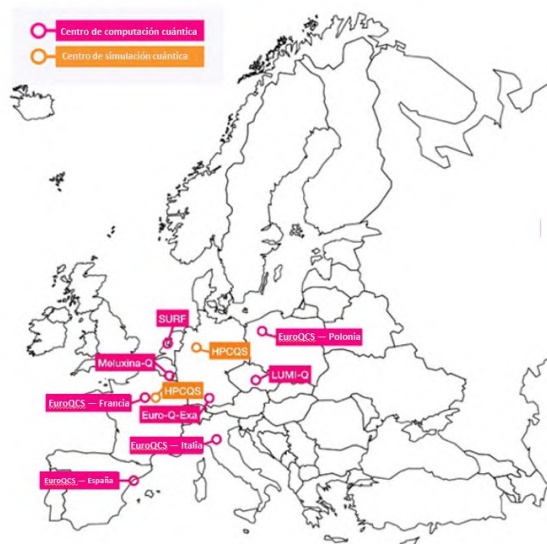


Ilustración 2: Mapa de superordenadores, ordenadores y simuladores cuánticos de EuroHPC

Al mismo tiempo, **Europa seguirá invirtiendo en simuladores cuánticos**³⁶, que pueden imitar el comportamiento de un sistema cuántico utilizando un *hardware* menos complejo. Estos simuladores cuánticos ya permiten avances en la ciencia de materiales, la química cuántica y la física fundamental. Europa está a la vanguardia del desarrollo y la implantación de estas plataformas, que se espera que produzcan resultados valiosos antes que los ordenadores cuánticos universales debido a la reducción de los requisitos de *hardware*.

Se elaborará una *hoja de ruta de computación y simulación cuánticas de la UE*, que establecerá parámetros de referencia claros y un proceso de seguimiento para supervisar el progreso tecnológico y la madurez de los diferentes tipos de plataformas cuánticas. La hoja de ruta permitirá evaluar periódicamente cuál de ellas está más avanzada o resulta más prometedora a largo plazo. Este enfoque basado en pruebas guiará las decisiones estratégicas de Europa y ayudará a priorizar futuras inversiones públicas en la computación cuántica.

- Publicar la hoja de ruta de computación y simulación cuánticas de la UE [2026]
- Ampliar el número y la capacidad de los sistemas de computación cuántica basados en EuroHPC [2026 en adelante] y establecer un marco de seguimiento para la computación cuántica [2026]

2.2.2 Comunicaciones cuánticas

La comunicación cuántica permite la transmisión ultrasegura de datos, protege las infraestructuras críticas y salvaguarda la información sensible frente a futuras ciberamenazas facilitadas por la cuántica³⁷. También permite establecer las redes de comunicación cuántica necesarias para interconectar dispositivos cuánticos, como sensores y ordenadores, en el denominado «**internet cuántico**». Gracias a su potencial de doble uso, apoya tanto las aplicaciones civiles (por ejemplo, la protección de las transacciones financieras, la seguridad de las redes públicas) como las necesidades de defensa (por ejemplo, comunicaciones seguras

³⁶ PASQuanS2: [Programmable Atomic Large-scale Quantum Simulation 2 - SGAI](#) [«Simulación cuántica atómica programable a gran escala 2 - SGA1», documento en inglés] | PASQuanS2.1 | Proyecto | Ficha informativa | HORIZON | CORDIS | Comisión Europea.

³⁷ La amenaza que supone el ordenador cuántico para los protocolos criptográficos actuales.

para operaciones militares y de seguridad nacional). A través de iniciativas como **EuroQCI**³⁸ e **Internet Cuántico**, la UE está construyendo infraestructuras de comunicación cuántica plenamente autónomas y fiables, que protegerán los flujos de datos críticos, las comunicaciones públicas seguras y las infraestructuras críticas, y reforzarán la seguridad interior de Europa en consonancia con la Estrategia Europea para la Seguridad Interior ProtectEU³⁹.

La Iniciativa EuroQCI

La Iniciativa EuroQCI desarrolla una infraestructura de comunicación cuántica segura que abarca toda la UE, incluidos sus territorios de ultramar. Forma parte de la Iniciativa IRIS² de la Unión y estará compuesta por un segmento terrestre basado en redes de comunicaciones de fibra que conecten sitios estratégicos a nivel nacional y transfronterizo, y un segmento espacial basado en satélites.

La iniciativa avanza rápidamente, con veintiséis Estados miembros que están implantando actualmente redes nacionales de comunicación cuántica terrestre, que también se utilizarán para probar un satélite de comunicaciones seguro de distribución de claves cuánticas (*Quantum Key Distribution*, QKD) (*Eagle 1*), cuya puesta en marcha está prevista para 2026 y que será el primer demostrador europeo en órbita.

Estas redes terrestres de comunicación cuántica se están utilizando para aplicar y probar la QKD en entornos reales. Los proyectos piloto incluyen la transmisión segura de datos médicos entre hospitales, la comunicación cifrada entre las instituciones gubernamentales y los enlaces de la QKD para infraestructuras críticas como los centros de control de la red eléctrica. Están demostrando cómo la QKD puede salvaguardar los servicios públicos esenciales y las operaciones nacionales.

Para apoyar esta implantación, la UE está aprovechando una cadena de suministro plenamente europea de componentes, dispositivos y sistemas cuánticos⁴⁰. También se está implantando una instalación integral de pruebas y evaluación de la QKD, que ofrece entornos previos a la certificación para los componentes de la QKD y se prepara para su integración en sistemas de extremo a extremo y arquitecturas de red⁴¹.

Además, esta actividad está estrechamente relacionada con las políticas de ciberseguridad de la UE, como la Directiva SRI 2, la próxima revisión del Reglamento sobre la Ciberseguridad y la hoja de ruta de criptografía cuántica segura de la ENISA para garantizar que las infraestructuras de comunicación, detección y computación cuánticas adoptan desde el principio medidas de seguridad a la altura de las necesidades del sector de defensa, controles de integridad de la cadena de suministro y capacidades de respuesta a incidentes.

Otras regiones punteras también están invirtiendo en capacidades de seguridad cuántica terrestres y espaciales. China, por ejemplo, ha demostrado la QKD espacio-Tierra y ha desarrollado más de 2 000 km de enlaces terrestres seguros entre ciudades⁴². Los Estados Unidos, por su parte, están realizando grandes inversiones en bancos de pruebas de internet cuántico y en asociaciones nacionales de laboratorios, pero todavía no han puesto en marcha

³⁸ [La Iniciativa sobre la Infraestructura Europea de Comunicación Cuántica \(EuroQCI\) | Configurar el futuro digital de Europa.](#)

³⁹ [La Comisión presenta la Estrategia Europea para la Seguridad Interior ProtectEU — Comisión Europea.](#)

⁴⁰ «Estas tecnologías incluyen generadores de números aleatorios cuánticos (*Quantum Random-Number Generators*, QRNG), fuentes y detectores de fotones individuales cuánticos, módulos de QKD basados en entrelazamiento (*entanglement*) y plataformas integradas aptas para su uso en telecomunicaciones. La cadena de suministro está certificada en el marco del Programa de Conectividad Segura de la Unión [Reglamento (UE) 2023/588]».

⁴¹ Esta instalación permite una caracterización rigurosa, pruebas de seguridad y un apoyo temprano a la normalización, en estrecha consonancia con las actividades del ETSI — Distribución de claves cuánticas www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution.

⁴² A través de su eje troncal Pekín-Shanghái y su programa de satélite Micius, actualmente sucedido por Jinan-1.

un programa de comunicación federado y seguro a escala continental. El modelo europeo, que integra los segmentos terrestres y por satélite a través de IRIS² y se basa en principios seguros desde el diseño y en componentes controlados por la UE, sitúa a la UE a la vanguardia del desarrollo de redes cuánticas fiables.

En el período 2025-2035, la UE seguirá ampliando la iniciativa EuroQCI.

En primer lugar, en el período 2025-2030, la UE **implantará enlaces cuánticos terrestres transfronterizos que conecten a los Estados miembros**, así como estaciones terrestres que conecten los segmentos terrestres de EuroQCI con los satélites de EuroQCI para la distribución de claves cuánticas basada en el espacio. De aquí a 2030, se creará una primera red experimental de comunicación terrestre y espacial plenamente interconectada a nivel de la UE.

En segundo lugar, **la UE facilitará la adopción por parte del mercado y la certificación de la seguridad**. Seguirá apoyando el desarrollo, la maduración y la implantación ulteriores de tecnologías y protocolos de comunicación cuántica⁴³ y su integración regular en EuroQCI. El segmento espacial de EuroQCI también se actualizará para prestar servicios de QKD seguras de extremo a extremo y terrestres, que se integrarán gradualmente en la próxima generación de servicios espaciales IRIS². La infraestructura global de EuroQCI se certificará con arreglo a un sistema armonizado de la UE para garantizar la confianza y el cumplimiento.

La Iniciativa para el Internet Cuántico

La Iniciativa para el Internet Cuántico complementa a la EuroQCI al preparar la futura generación de redes cuánticas. Sienta las bases para la computación y detección cuánticas distribuidas, así como para el intercambio de datos ultraseguro.

Europa ya ha definido una especificación de arquitectura completa para una red de internet cuántico y ha demostrado la creación de redes cuánticas a escala metropolitana⁴⁴. Se han iniciado marcos de casos de uso y se está desarrollando el ecosistema con la puesta en marcha del Foro Tecnológico de la Alianza de Internet Cuántico (QIA)⁴⁵, el primer foro abierto mundial dedicado al internet cuántico. Europa también ha visto ya sus primeras empresas derivadas y lanzamientos de productos de internet cuántico industrial, lo que indica la transferencia temprana de tecnología a la industria en este ámbito.

La Iniciativa de Investigación e Innovación para una Europa Cuántica apoyará la evolución tecnológica del internet cuántico⁴⁶ y garantizará la interoperabilidad entre las diferentes plataformas informáticas subyacentes. En 2026, apoyará la puesta en marcha de una instalación piloto para el internet cuántico europeo, que permitirá la realización de pruebas de componentes cuánticos seguros clave y de casos de uso temprano, servicios de computación en la nube cuánticos seguros, computación distribuida y entornos avanzados de validación que entrelacen la investigación y la implantación antes de su pleno funcionamiento. El objetivo es **implantar una red de comunicación cuántica segura plenamente operativa de aquí a 2030 como primer paso hacia un internet cuántico federado**. Esto también ayudará a situar a la

⁴³ Algunos ejemplos de estas tecnologías incluyen las memorias ópticas de alta fidelidad y de larga duración de próxima generación, críticas para el funcionamiento de los repetidores cuánticos, y la construcción y demostración de repetidores cuánticos plenamente operativos que conectan redes metropolitanas, probadas tanto en condiciones de laboratorio como en condiciones reales.

⁴⁴ La iniciativa ha ejecutado con éxito el *entrelazamiento* entre dos nodos de red cuántica operados de forma independiente, separados por 10 km de fibra óptica. Del mismo modo, se han producido avances tecnológicos con el desarrollo de *hardware* de internet cuántico, también en lo que respecta a las tecnologías de repetidores cuánticos y los nodos de repetidores cuánticos, así como avances en pilas de *software* cuántico. <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁵ <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁶ Ejemplos: escalabilidad de la memoria cuántica, distribución sólida del entrelazamiento y desarrollo de pila de *software* de red cuántica.

UE a la vanguardia de la normalización internacional en este ámbito. Paralelamente, puesto que el avance de la computación cuántica plantea riesgos para la seguridad de nuestras comunicaciones⁴⁷, la UE y sus Estados miembros están aplicando en la actualidad la **Recomendación sobre una criptografía postcuántica**⁴⁸ y acaba de publicar una **hoja de ruta**⁴⁹ para la transición hacia una criptografía postcuántica.

- Implantar la primera red experimental de comunicación cuántica terrestre y espacial interconectada a nivel de la UE [de aquí a 2030]
- Publicar una hoja de ruta para la comunicación cuántica [2026]
- Puesta en marcha de una instalación piloto para el internet cuántico europeo [2026]

2.2.3 Detección cuántica

La detección cuántica aprovecha las propiedades cuánticas para medir las características físicas con una sensibilidad y precisión sin precedentes, superando significativamente las capacidades de los sensores clásicos⁵⁰. Tiene un enorme potencial en numerosos ámbitos de diversa índole, desde la asistencia sanitaria, el cambio climático o el seguimiento de los recursos hídricos subterráneos hasta la seguridad, la defensa y el espacio o la navegación.

El «Buque insignia cuántico» de la UE ha desempeñado un papel de liderazgo en el avance de las tecnologías de detección cuántica, desde la ciencia básica hasta la investigación impulsada por aplicaciones. Ya se están probando prototipos funcionales en entornos reales, lo que demuestra el liderazgo de Europa tanto en la innovación de sensores como en la preparación del terreno para la implantación y la adopción industriales en aplicaciones con potencial de doble uso.

Gravímetros cuánticos

La UE está desarrollando en la actualidad una **red de gravímetros cuánticos móviles y estacionarios**⁵¹, que permite la detección de elementos subsuperficiales situados hasta varias decenas de kilómetros bajo tierra, incluidos depósitos de agua, depósitos de gas, recursos minerales, cámaras magmáticas o infraestructuras enterradas. Son especialmente valiosos para el seguimiento de los cambios subterráneos a lo largo del tiempo, el apoyo a las aplicaciones en ciencias de la tierra y geofísicas (incluida la cartografía subsuperficial y la alerta temprana de terremotos), la ciencia climática (por ejemplo, el seguimiento de la pérdida de glaciares y el agotamiento de las aguas subterráneas), la prevención de riesgos naturales, la ingeniería civil

⁴⁷ Por ejemplo, en un concepto conocido como «almacenar ahora, descifrar después» (*store now, decrypt later*), los agentes delictivos ya acumulan información cifrada, como bases de datos robadas, archivos protegidos o datos de comunicaciones; y los mantienen con vistas a descifrarlos posteriormente con ordenadores cuánticos para fines malintencionados. Véase, por ejemplo: [The Second Quantum Revolution: the impact of quantum computing and quantum technologies on law enforcement](#) [«La segunda revolución cuántica: la repercusión de la computación cuántica y las tecnologías cuánticas en la aplicación de la ley», documento en inglés] (informe de Europol de 2024).

⁴⁸ [Recomendación sobre una hoja de ruta para llevar a cabo de manera coordinada la transición hacia una criptografía postcuántica | Configurar el futuro digital de Europa.](#)

⁴⁹ Esta hoja de ruta especifica los algoritmos cuánticos seguros, las normas de desarrollo y los sistemas de certificación que deben desarrollarse con el fin de proteger la información sensible y las infraestructuras críticas. [La UE refuerza su ciberseguridad con una criptografía postcuántica | Configurar el futuro digital de Europa.](#)

⁵⁰ Por ejemplo, las ventajas de los sensores cuánticos frente a las técnicas tradicionales de detección incluyen: mayor sensibilidad de detección de cantidades físicas, como campos magnéticos, temperatura, gravedad, etc.; mayor exactitud y precisión de las mediciones, mejor resolución.

⁵¹ *Take atom interferometric quantum sensor from the laboratory to real world applications* [«Llevar sensores cuánticos interferométricos de átomos del laboratorio a aplicaciones reales», documento en inglés], Nature Reviews Physics, 1, 731-739. <https://doi.org/10.1038/s42254-019-0117-4>.

y las aplicaciones estratégicas en la defensa y la protección civil, como la detección de estructuras subterráneas artificiales y el seguimiento de las infraestructuras críticas.

En el marco del «Buque insignia cuántico», en los próximos tres a cinco años se implantará en toda Europa una red de gravímetros terrestres, complementada con gravímetros introducidos en plataformas de alta altitud. Paralelamente, la UE tiene previsto poner en marcha un primer **vuelo explorador de la gravimetría**⁵² en el espacio cuántico después de 2030. También se estudiará la integración de la gravimetría cuántica en el marco de las misiones de seguimiento de IRIS². Estos esfuerzos podrían allanar el camino para una red completa de gravímetros terrestres, aéreos y espaciales con fines de observación de la Tierra, apoyando tanto la investigación científica como las aplicaciones estratégicas, en particular las que tienen potencial de doble uso.

Formación de imágenes por resonancia magnética cuántica (Q-MRI)

En el diagnóstico médico, la investigación de la UE ha allanado el camino para la obtención de imágenes mejoradas cuánticamente, utilizando sensores cuánticos para medir las señales magnéticas a nivel molecular. Estos sistemas son sumamente prometedores para la medicina de precisión y la asistencia sanitaria personalizada al acelerar la detección del cáncer y de las enfermedades neurodegenerativas y modernizar la infraestructura de diagnóstico de Europa.

En 2025, en el marco del «Buque insignia cuántico», la UE apoyará la creación de la **infraestructura piloto europea de Q-MRI**⁵³ en varios Estados miembros. Esta infraestructura permitirá la validación clínica de los sistemas de formación de imágenes por resonancia magnética mejorados cuánticamente⁵⁴ y proporcionará un acceso abierto a los centros de investigación acreditados, los hospitales y los socios industriales para probar prototipos aprobados de formación de imágenes cuánticas. Al integrar herramientas de análisis basadas en la IA, la infraestructura impulsará la precisión del diagnóstico, apoyará una intervención más temprana y contribuirá a reducir los costes generales de la asistencia sanitaria. Con el tiempo, esta red se ampliará progresivamente en otros Estados miembros.

La Iniciativa de Investigación e Innovación para una Europa Cuántica también seguirá financiando el desarrollo ulterior de I+D de sensores de Q-MRI y su integración en las infraestructuras de investigación en materia de salud pública, allanando el camino para su posterior industrialización.

Además de lo anterior, la UE seguirá apoyando la investigación sobre **una mayor sensibilidad y nuevos contrastes de formación de imágenes** que abrirán nuevas capacidades de diagnóstico, por ejemplo, en neurología (por ejemplo, trastornos de la conectividad cerebral en la fase inicial del Alzheimer) o en oncología (por ejemplo, la detección del cáncer mediante la obtención de imágenes metabólicas).

Para seguir avanzando en su posicionamiento y planificación estratégicos en tecnologías de detección cuántica e infraestructuras de metrología y de pruebas, **la UE desarrollará una hoja de ruta europea coordinada de detección, medición y pruebas cuánticas** y apoyará los esfuerzos de normalización pertinentes en colaboración con los institutos de metrología y los Estados miembros. Un objetivo importante también será garantizar la autonomía estratégica europea a través de cadenas de suministro seguras y conformes para los componentes y sistemas de detección críticos.

⁵² <https://carioqa-quantum Pathfinder.eu/>: dirigido por CNES, DLR y Airbus.

⁵³ [Quantum-enhanced and AI-powered metabolic MRI Diagnostics \[«Diagnósticos de imágenes por resonancia magnética metabólica mejoradas cuánticamente e impulsadas por la IA». documento en inglés\]](#).

⁵⁴ Se implantarán como ensayos clínicos controlados en virtud del Reglamento de la UE sobre los productos sanitarios.

- Implantar un sistema distribuido de gravímetros en toda Europa [2026 en adelante]
- Publicar una hoja de ruta para la detección cuántica [2026]
- Establecer una infraestructura piloto europea de Q-MRI y ampliarla a toda Europa [2025 en adelante]

2.3 **Ámbito 3: El ecosistema para una Europa cuántica**

Un ecosistema cuántico dinámico, interconectado y sólido es fundamental para la capacidad de Europa a largo plazo para desarrollar e implantar tecnologías cuánticas a gran escala. En la actualidad, el ecosistema cuántico europeo abarca alrededor de setenta empresas emergentes y en expansión, inversores de tecnología profunda, organizaciones de investigación e innovación, agrupaciones nacionales de competencias y cadenas de suministro industriales. **Sin embargo, este ecosistema sigue siendo muy frágil.** Está dominado por **las pequeñas empresas emergentes y en expansión, que se enfrentan a importantes obstáculos al crecimiento: flujos de ingresos inestables, acceso limitado al capital destinado a la expansión y demanda industrial limitada** a corto plazo. Además, la UE carece de proveedores de *hardware* cuántico a gran escala y usuarios finales decisivos (*anchor end-users*) capaces de catalizar la demanda y acelerar la adopción industrial. Esta debilidad estructural limita tanto la inversión privada como la aparición de cadenas de suministro críticas.

Sin una intervención coordinada y vías accesibles hacia oportunidades de mercado reales, muchas de estas empresas emergentes corren el riesgo de desaparecer o trasladarse a ecosistemas más favorables fuera de Europa.

Para apoyar este ecosistema, Europa debe adoptar medidas decisivas a fin de fomentar la industrialización, ampliar los agentes prometedores, garantizar cadenas de suministro estratégicas, desarrollar mercados líderes, proteger los activos estratégicos y formar a la próxima generación de profesionales cuánticos.

2.3.1 **Del laboratorio a la fábrica y a la industrialización**

El mercado mundial de las tecnologías cuánticas todavía está emergiendo. De los 2 000 a 3 000 millones EUR actuales, se prevé que alcance los 155 000 millones EUR de aquí a 2040⁵⁵. Este crecimiento prospectivo implica la necesidad de una estrategia de industrialización coordinada y unificada de la UE que permita a las empresas europeas aprovechar esta próxima oportunidad.

Los **chips cuánticos** son los factores clave subyacentes de la industrialización cuántica y del desarrollo del mercado. Sin embargo, hoy en día su evolución se encuentra en una fase comparable a la de los semiconductores hace unos treinta o cuarenta años, y la mayoría de los dispositivos cuánticos actuales son principalmente diseños privados y, en gran medida, hechos a mano.

Europa debe avanzar rápidamente hacia la primera fabricación de chips cuánticos a gran escala y de bajo coste, utilizando, en la medida de lo posible, procesos compatibles con los de la microelectrónica y la fotónica o desarrollando nuevos procesos cuando sea necesario. Este enfoque permitiría aprovechar la infraestructura de semiconductores existente, reducir los costes y acelerar el plazo de comercialización de chips y dispositivos cuánticos.

En esta dirección, la UE **pondrá en marcha en breve sus seis primeras líneas piloto cuánticas a través de la Empresa Común para los Chips**, en consonancia con el Reglamento de Chips⁵⁶. Con una financiación conjunta de la UE y de los Estados miembros de entre 40 y 50 millones EUR por línea piloto, apoyarán la creación temprana de prototipos, la validación

⁵⁵ McKinsey. *Quantum Technology Monitor* [«Monitor de tecnología cuántica», documento en inglés]. 2024.

⁵⁶ (UE) 2023/1781: [Reglamento de Chips | Configurar el futuro digital de Europa](#).

del diseño y el desarrollo de procesos, al tiempo que fomentarán los casos de uso práctico colaborando estrechamente con la industria. Estas seis líneas piloto ampliarán el trabajo preliminar establecido por las líneas piloto experimentales⁵⁷ del «Buque insignia cuántico» a líneas piloto industriales.

En los próximos tres a cinco años, estos esfuerzos permitirán a Europa seguir madurando y consolidar las tecnologías y los procesos cuánticos y otras tecnologías y procesos facilitadores, antes de construir las primeras fundiciones cuánticas, de aquí a 2030. Para apoyar la plena planificación de la industrialización y su aplicación, y en consonancia con la Brújula para la Competitividad de la UE, **la Comisión publicará una hoja de ruta a gran escala para la industrialización de los chips cuánticos en 2026.**

Dado que las instalaciones de diseño y las bibliotecas son fundamentales para cualquier ecosistema de chips cuánticos, la UE pondrá en marcha **una instalación de diseño cuántico** en el marco de la Empresa Común para los Chips. La instalación funcionará junto con la plataforma de diseño basada en la nube de la industria de los semiconductores y estará conectada con las líneas piloto cuánticas.

La interoperabilidad técnica y las nuevas normas también serán necesarias para facilitar la industrialización cuántica. Por consiguiente, en 2026, la UE publicará **una hoja de ruta sobre normas cuánticas europeas** y, junto con los Estados miembros, apoyará la participación activa de las partes interesadas de la industria en los organismos europeos e internacionales de normalización.

2.3.2 Reforzar y ampliar el ecosistema cuántico europeo emergente

Para que el ecosistema cuántico europeo se expanda realmente, se pondrán en marcha las siguientes medidas.

En primer lugar, la **creación de una red centralizada y a escala europea de bancos de pruebas cuánticos de libre acceso**. Las tecnologías cuánticas se basan en sistemas y laboratorios⁵⁸ altamente sensibles que son técnicamente complejos y extremadamente costosos. Esto hace que sea inviable para la mayoría de los agentes, especialmente las pymes y las empresas emergentes, construir o mantener estas instalaciones de forma independiente. Para ampliar el acceso a las instalaciones de pruebas, los equipos específicos y las posibilidades de experimentación, las instalaciones piloto existentes del «Buque insignia cuántico» se están transformando en una red centralizada a escala europea de bancos de pruebas cuánticos de libre acceso. Estas instalaciones proporcionarán a desarrolladores, empresas emergentes, pymes e investigadores servicios y acceso para probar, validar y comparar sus dispositivos cuánticos⁵⁹. Esto acelerará la transición del prototipo al mercado y apoyará los esfuerzos de certificación, que son esenciales para la aparición de cadenas de suministro fiables y la confianza de los clientes en todos los sectores.

En segundo lugar, **ampliar las agrupaciones de competencias cuánticas (QCC)**. Estas agrupaciones ya están integradas en los ecosistemas de innovación nacionales y regionales de varios Estados miembros. Se trata de centros regionales que proporcionan infraestructuras y servicios compartidos, al tiempo que conectan a la investigación y a los agentes de la industria. La Iniciativa de Investigación e Innovación para una Europa Cuántica apoyará la ampliación y la creación de redes de estas agrupaciones para abarcar el conjunto de la UE, también en los Estados miembros que aún no disponen de tales agrupaciones. Las QCC actuarán como centros de conocimientos especializados distribuidos, que servirán de tejido conectivo del ecosistema

⁵⁷ [QU-PILOT y QU-TEST](#).

⁵⁸ Estos incluyen, entre otros, entornos ultralimpios, refrigeración criogénica, sistemas de vacío, electrónica de control de precisión, etc.

⁵⁹ En consonancia con la próxima [Estrategia europea sobre infraestructuras tecnológicas y de investigación](#).

cuántico: conectarán a las empresas emergentes, los investigadores y los socios industriales con infraestructuras, líneas piloto e instalaciones de diseño en toda la Unión. Fomentarán la colaboración⁶⁰ y la coherencia en todos los ámbitos estratégicos cuánticos —desde la investigación hasta la industrialización—, así como el desarrollo de competencias. Al igual que los centros europeos de innovación digital, las QCC ofrecerán servicios adaptados a los puntos fuertes regionales, pero integrados en la cooperación paneuropea y potenciándola.

En tercer lugar, **promover mecanismos de protección de la propiedad intelectual** para que las empresas cuánticas puedan utilizarlos para garantizar el control estratégico de las innovaciones clave y evitar la fuga de activos críticos.

En cuarto lugar, **acelerar la asimilación industrial de las tecnologías cuánticas**. La UE aplicará un enfoque coordinado para fomentar el número de usuarios pioneros tanto en el sector público como en el privado. A este respecto, **la contratación pública será una herramienta clave para impulsar la adopción temprana y crear las primeras oportunidades de mercado**. La Empresa Común EuroHPC ya está apoyando la adquisición de los primeros ordenadores cuánticos a través de la contratación pública. Además, la Comisión apoyará sistemas de contratación orientados a la innovación que permitan a los hospitales, los operadores de infraestructuras, los servicios públicos esenciales y las agencias gubernamentales actuar como clientes del lanzamiento de soluciones facilitadas por la cuántica. Esto estará respaldado por incentivos financieros adaptados y marcos de implantación para los organismos públicos que estén dispuestos a actuar como pioneros. Al situar a **los Estados miembros como primeros compradores institucionales de tecnologías cuánticas europeas**, se enviará una señal clara a los mercados y a los inversores, apoyando así el desarrollo de los ecosistemas y la viabilidad comercial.

En quinto lugar, **conectar a las empresas emergentes cuánticas con las empresas europeas**. Esto será fundamental para la expansión del mercado de las empresas emergentes. La Comisión, en cooperación con el ecosistema cuántico⁶¹, pondrá en marcha retos sectoriales específicos, en particular en los sectores aeroespacial, automovilístico, energético, manufacturero, logístico y farmacéutico, para animar a los grandes agentes industriales a convertirse en socios estratégicos de codesarrollo y usuarios principales.

Por último, un ecosistema cuántico en crecimiento requerirá una afluencia de talentos pertinentes. Esto se desarrolla con más detalle en la sección 2.5.

2.3.3 Inversión en empresas emergentes y en expansión cuánticas

Si bien hay una amplia disponibilidad de financiación en la fase previa al lanzamiento y en la fase de lanzamiento procedente de fuentes públicas, Europa atrae solo el 5 % de la financiación privada mundial destinada a la tecnología cuántica, frente a más del 50 % captada por los Estados Unidos. Este déficit de financiación es especialmente pronunciado en fases posteriores del desarrollo⁶², lo que plantea el riesgo de que las empresas emergentes de la UE puedan ser adquiridas por inversores no europeos, con posibles pérdidas de propiedad intelectual, tecnologías críticas, soberanía tecnológica y talento.

Por lo tanto, se animará a los fondos de inversión, incluidos los fondos privados con apoyo público, a atraer inversiones sustanciales de capital para el desarrollo de tecnologías cuánticas.

⁶⁰ De conformidad con las normas pertinentes de la UE en materia de defensa de la competencia, como las orientaciones de 2023 sobre la aplicabilidad del artículo 101 del TFUE a los acuerdos de cooperación horizontal, según proceda.

⁶¹ Página de inicio del European Quantum Industry Consortium [Página de inicio — QuIC](#).

⁶² *The future of European competitiveness – A competitiveness strategy for Europe*. [«El futuro de la competitividad europea: una estrategia de competitividad para Europa», documento en inglés].

Entre ellos figuran el apoyo del Fondo del Consejo Europeo de Innovación (CEI)⁶³, la Iniciativa *European Tech Champions* (líderes tecnológicos europeos)⁶⁴ del Grupo del Banco Europeo de Inversiones (BEI), o a través de garantías de primera pérdida y regímenes de coinversión adaptados a través de InvestEU.

La estrategia de la UE para las empresas emergentes y en expansión, adoptada en mayo de 2025⁶⁵, anunció la creación del **fondo europeo para empresas en expansión** como parte del fondo del CEI, con el fin de movilizar importantes fondos privados y realizar inversiones directas de capital en sectores estratégicos como el cuántico. La Estrategia de la UE para las empresas emergentes y en expansión también ofrece soluciones específicas destinadas a facilitar el acceso a la financiación, la contratación pública, los mercados, los servicios y el talento para las empresas emergentes y en expansión innovadoras.

Además, tal como se propone en la revisión intermedia de la política de cohesión⁶⁶, las autoridades de gestión podrían aprovechar la oportunidad, con el apoyo de incentivos y flexibilidades, para reasignar fondos a inversiones en, entre otras prioridades, los objetivos de la Plataforma de Tecnologías Estratégicas para Europa (STEP). La Comisión insta a los Estados miembros y a las regiones a que, al reprogramar en el marco de la revisión intermedia, se centren en las empresas innovadoras y de vanguardia, ayudando a las empresas que contribuyen a los sectores estratégicos y las cadenas de valor de Europa, como las tecnologías cuánticas.

Por último, en el contexto de la Unión de Ahorros e Inversiones⁶⁷, la Comisión presentará medidas que aborden la fragmentación del mercado único de servicios financieros y eliminen los obstáculos a las inversiones transfronterizas sin fisuras en la UE, incluido el capital riesgo, que es fundamental para el desarrollo de tecnologías cuánticas. La UE estimulará, entre otras cosas, las inversiones de capital por parte de los inversores institucionales; simplificará las normas de inclusión en la lista en la aplicación de la Ley de Cotización; propondrá medidas de apoyo a las salidas de los inversores en empresas privadas; explorará con el BEI posibles iniciativas destinadas a atraer inversión privada al capital riesgo y de expansión y abordará los obstáculos a los procedimientos fiscales nacionales⁶⁸.

2.3.4 Refuerzo de la seguridad de la cadena de suministro

Un ecosistema cuántico dinámico respaldado por cadenas de suministro resilientes es esencial para reforzar la seguridad económica de Europa. Si bien la prolongada apertura de la UE al comercio, a la inversión y a la investigación ha sido y seguirá siendo de vital importancia para el desarrollo del ecosistema cuántico europeo, también plantea ciertos retos. Por una parte, las empresas cuánticas y los investigadores europeos dependen y se benefician en gran medida de un flujo continuo de suministro procedente de fuentes fiables. Por otra parte, estas cadenas de suministro pueden correr el riesgo de ser instrumentalizadas. Por lo tanto, es fundamental detectar y abordar las vulnerabilidades críticas en la cadena de suministro cuántica europea para mitigar los riesgos derivados de la excesiva dependencia de la UE de fuentes no europeas. Por lo tanto, cartografiar los riesgos y seguir de cerca la evolución del ecosistema cuántico

⁶³ Entre 2021 y 2024, el CEI ya ha destinado alrededor de 350 millones EUR para fomentar el crecimiento de las empresas emergentes de tecnología cuántica. Se han preparado inversiones adicionales del CEI en empresas en expansión cuánticas de hasta 30 millones EUR por empresa a raíz de la convocatoria STEP para empresas en expansión del CEI como parte de la Plataforma de Tecnologías Estratégicas para Europa.

⁶⁴ [Fondo de los Fondos para apoyar a los *European Tech Champions*.](#)

⁶⁵ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_es.

⁶⁶ [Una política de cohesión modernizada: revisión intermedia, COM\(2025\) 163.](#)

⁶⁷ [Unión de Ahorros e Inversiones — Comisión Europea.](#)

⁶⁸ Respetando al mismo tiempo las normas pertinentes sobre ayudas estatales, según proceda.

emergente es una parte esencial del enfoque europeo para construir un panorama europeo de tecnología profunda cuántica próspero, seguro y competitivo.

Como parte de la Estrategia Europea de Seguridad Económica⁶⁹, así como del Observatorio de Tecnologías Críticas⁷⁰, y en estrecha cooperación con las partes interesadas y los Estados miembros, **la Comisión está llevando a cabo una evaluación de riesgos en materia de tecnología cuántica a escala de la UE para cartografiar las vulnerabilidades de la cadena de suministro**, prestando especial atención a los materiales, los componentes y las tecnologías clave. El objetivo de estas evaluaciones es identificar dependencias estratégicas, posibles cuellos de botella y vulnerabilidades sistémicas en la cadena de suministro de tecnología cuántica, desde materiales raros hasta componentes de precisión, electrónica de control y pilas de *software*. Las conclusiones servirán de base para medidas de mitigación específicas, como la diversificación de los proveedores, la mejora de la capacidad de producción europea, la asociación con los países proveedores en el marco de Global Gateway y los mecanismos de reparto de riesgos. Se prevé que los primeros resultados se publiquen en 2026. Además, el papel que desempeñan las tecnologías cuánticas a la hora de garantizar la seguridad y el orden público de la UE se refleja en los debates sobre las iniciativas en curso y futuras relativas a las inversiones entrantes y salientes, así como en el contexto de los controles de las exportaciones.

Sobre la base de las conclusiones anteriores, la próxima **Ley Cuántica** seguirá apoyando el refuerzo del ecosistema cuántico y, en términos más generales, los esfuerzos de industrialización mencionados, incentivando a los Estados miembros y las empresas, los inversores y los investigadores a invertir en instalaciones de producción (piloto), apoyando estas actividades en el marco de iniciativas a gran escala en toda la UE o de esfuerzos nacionales o regionales.

- Establecer seis nuevas líneas de producción piloto cuánticas en el marco de la Empresa Común para los Chips con el fin de expandir las tecnologías del laboratorio al mercado [2025]
- Publicar una hoja de ruta para la industrialización de los chips cuánticos [2026]
- Poner en marcha una instalación de diseño cuántico [2026]
- Publicar una hoja de ruta sobre normas cuánticas europeas [2026]
- Ampliar la red de agrupaciones de competencias cuánticas [2026]
- Llevar a cabo y finalizar evaluaciones a escala de la UE de las vulnerabilidades de la cadena de suministro [2025-2026]

2.4 **Ámbito 4: Tecnologías cuánticas espaciales y de doble uso (seguridad y defensa)**

Las tecnologías cuánticas tienen un potencial de doble uso. Por lo tanto, son esenciales para mejorar tanto la competitividad de Europa como su autonomía estratégica en materia de espacio, seguridad y defensa. Los recientes avances en tecnologías cuánticas prometen importantes beneficios para la defensa y la seguridad, entre ellos, las comunicaciones ultraseguras, la mejora de la detección en campos de batalla y la optimización de la logística. Sin embargo, también pueden plantear riesgos si los adversarios adquieren una ventaja tecnológica. Para aprovechar plenamente su potencial al tiempo que se mitigan estos riesgos, serán esenciales medidas políticas y de supervisión proactivas, así como una estrecha coordinación con socios clave como la Agencia Europea de Defensa.

Tecnologías cuánticas en el espacio

⁶⁹ JOIN(2023) 20 final: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>. Esta estrategia también incluye evaluaciones de riesgos en relación con la seguridad tecnológica y las fugas de tecnología, para las que las tecnologías cuánticas son hasta ahora uno de los cuatro ámbitos de interés.

⁷⁰ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies_es.

Las tecnologías cuánticas ofrecen oportunidades estratégicamente significativas para las misiones espaciales europeas. Las tecnologías de comunicación cuántica seguras ya están integradas en las iniciativas espaciales clave de la UE, como EuroQCI o IRIS² y la misión exploradora del gravímetro espacial cuántico. Las actividades espaciales de la UE también abarcan el avance de los sistemas de navegación inercial cuántica, incluidos los prototipos basados en sensores ópticos cuánticos en el marco del Programa Galileo, para el posicionamiento autónomo en entornos en los que los sistemas mundiales de navegación (GNSS) han sido deliberadamente deshabilitados o falsificados. Se espera que estos prototipos se prueben a bordo de los satélites Galileo en los próximos años para evaluar su potencial de despliegue operativo. Paralelamente, también se están evaluando relojes cuánticos para futuras actualizaciones de Galileo. Asimismo, se espera que la computación cuántica mejore la ingeniería espacial a través de capacidades informáticas avanzadas, en particular para mejorar la comprensión humana del universo. Un gran número de aplicaciones espaciales basadas en la cuántica también tienen un gran potencial para fines militares y de inteligencia.

En conjunto, estas tecnologías cuánticas prometen avances significativos en términos de estabilidad, precisión y resiliencia de la temporización reforzando la autonomía estratégica de Europa en materia de navegación por satélite. Con el fin de seguir explorando el potencial de la cuántica en el espacio, la Comisión ampliará el actual marco de cooperación con la Agencia Espacial Europea (ESA) para desarrollar conjuntamente **una hoja de ruta de la tecnología cuántica en el espacio** y garantizar la complementariedad y la sincronización de las actividades relacionadas con el espacio cuántico.

Tecnologías cuánticas para la seguridad y la defensa

El potencial de doble uso de las tecnologías cuánticas significa que sus avances también pueden aportar beneficios significativos a las aplicaciones estratégicas de seguridad y defensa. Por ejemplo, la computación cuántica podría transformar radicalmente las estrategias de defensa al permitir una toma de decisiones más rápida y ayudar a resolver complejos retos operativos y logísticos. También puede ayudar a diseñar nuevos materiales de uso militar o a proteger la información sensible de las ciberamenazas.

La computación cuántica se utiliza para transformar aplicaciones clave de seguridad y defensa, como simulaciones de flujos de fluidos a temperatura extrema, dinámicas de combustión o descubrimientos de materiales resistentes al calor. Las tecnologías de detección cuántica ofrecen capacidades críticas para la defensa, incluida la gravimetría altamente precisa, la magnetometría y la navegación inercial. Estos sensores permiten la detección de estructuras subterráneas, el seguimiento submarino y la detección avanzada de amenazas. Al mismo tiempo, las comunicaciones cuánticas, en particular la distribución de claves cuánticas, garantizan un intercambio de información ultraseguro entre las redes terrestres y satelitales, protegiendo los datos militares y de inteligencia contra el espionaje o las futuras ciberamenazas facilitadas por la cuántica. Así pues, tanto las tecnologías de detección como las de comunicación son factores clave para la autonomía estratégica y la superioridad operativa de Europa en los contextos de defensa y seguridad.

Agentes mundiales como los Estados Unidos⁷¹ y China están realizando grandes inversiones en aplicaciones espaciales y militares en el ámbito de la cuántica, incluida la navegación independiente del sistema mundial de navegación por satélite (GNSS), las comunicaciones terrestres y por satélite seguras, el LIDAR cuántico⁷² y los radares mejorados cuánticamente.

⁷¹ *Quantum Benchmarking Initiative* [«Iniciativa de evaluación comparativa cuántica», documento en inglés]: <https://www.darpa.mil/research/programs/quantum-benchmarking-initiative>.

⁷² Un LIDAR cuántico es un sistema de detección y medición de distancias por luz que utiliza propiedades cuánticas como el entrelazamiento para mejorar la sensibilidad y la exactitud en la detección de objetivos y la estimación de la distancia más allá de los límites clásicos.

Las tecnologías cuánticas también han empezado a ejercer influencia sobre alianzas y marcos de cooperación más amplios⁷³.

En la UE, varios Estados miembros⁷⁴ ya incluyen inversiones en sus programas de defensa para desarrollar tecnologías cuánticas preparadas para la defensa, como sensores de átomos fríos, sensores basados en diamantes u ordenadores cuánticos, y están explorando casos de uso, como la temporización avanzada, el posicionamiento sin GNSS y la cartografía del fondo marino.

Para reforzar las oportunidades de inversión en tecnologías de doble uso y tecnologías críticas de defensa en el marco de los programas de la UE, la Comisión ha presentado recientemente una propuesta⁷⁵ por la que se modifica el ámbito de aplicación de los instrumentos existentes pertinentes. La Comisión también ha puesto en marcha medidas para aprovechar las tecnologías con potencial de doble uso, incluida la cuántica, para la defensa, por ejemplo, a través de acciones en el marco del Fondo Europeo de Defensa y su Plan de Innovación de la UE en materia de Defensa (EUDIS).

La premisa subyacente de todas estas actividades es que Europa garantice que los avances cuánticos sigan siendo accesibles, seguros y libres de reglamentaciones de exportación de terceros países, al tiempo que se ajustan a los objetivos europeos en materia de defensa y seguridad.

La UE y la OTAN también reconocen las tecnologías cuánticas como factores críticos para la inteligencia, la vigilancia, la navegación y la seguridad de las infraestructuras. En 2024, la OTAN puso en marcha la Comunidad Cuántica Transatlántica con la ambición de convertirse en «una alianza preparada para la cuántica». La Comisión y la OTAN participan en tecnologías cuánticas como parte del diálogo estructurado UE-OTAN sobre tecnologías emergentes y disruptivas.

La **Estrategia Europea para la Seguridad Interior ProtectEU**, así como el Fondo Europeo de Defensa, reconocen las tecnologías cuánticas como un ámbito clave para garantizar la seguridad y la ventaja tecnológica a largo plazo de la UE. En el **Libro Blanco Conjunto «Preparación en materia de defensa europea 2030»** también se menciona que las tecnologías cuánticas son capaces de provocar la disrupción y transformación de las maneras tradicionales de hacer la guerra. El Libro Blanco anuncia que la Comisión aportará avances, iniciativas y programas cuánticos pertinentes a la **hoja de ruta tecnológica para el armamento europeo**. Esto acelerará la transformación de la defensa, movilizándolo la inversión en capacidades tecnológicas avanzadas de doble uso a nivel de la UE, nacional y privado.

Para dirigir estos esfuerzos, **la Comisión desarrollará una hoja de ruta específica para la tecnología de detección cuántica espacial y de defensa de aquí a 2026**, alineando las prioridades entre las comunidades civiles, de seguridad y de defensa. Esto ayudará a coordinar las inversiones en sensores cuánticos de próxima generación, en particular para la gravimetría, la navegación y la detección avanzada de amenazas.

Paralelamente, a partir de 2026, la UE pondrá en marcha iniciativas de asimilación para acelerar la adopción de innovaciones cuánticas civiles en aplicaciones de seguridad y defensa. Estas iniciativas conectarán a empresas de vanguardia y a grupos de investigación con agentes de

⁷³ Por ejemplo, *BRICS And Quantum Computing* [«Los BRICS y la computación cuántica», documento en inglés].

⁷⁴ Por ejemplo, Francia [programa PROQCIMA sobre sensores cuánticos para la defensa (<https://quantique.france2030.gouv.fr/acces-aux-marches/programme-proqcima>)], Alemania (comunicación y detección cuánticas y en el marco del Ministerio Federal de Educación e Investigación), Italia (sensores de átomos fríos para la navegación sin GNSS), Austria (relojes cuánticos y sensores inerciales) y Finlandia (sistemas portátiles de detección cuántica para uso en defensa).

⁷⁵ **COM(2025) 188 de 22.4.2025**: Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se modifican los Reglamentos (UE) 2021/694, (UE) 2021/695, (UE) 2021/697, (UE) 2021/1153, (UE) 2023/1525 y (UE) 2024/795, en lo que respecta a la incentivación de las inversiones relacionadas con la defensa en el presupuesto de la UE para la ejecución del Plan ReArmar Europa.

defensa, ayudando a acortar los ciclos de desarrollo y reforzando la ventaja tecnológica de Europa en **capacidades con potencial de doble uso**.

- Firmar un acuerdo de cooperación con la ESA para el desarrollo de una hoja de ruta de la tecnología cuántica en el espacio [segundo trimestre de 2025]
- Desarrollar una hoja de ruta para la tecnología de detección cuántica espacial y de defensa [2026]
- Contribuir a la hoja de ruta tecnológica para el armamento europeo [cuarto trimestre de 2025]
- Poner en marcha iniciativas de asimilación para atraer a las empresas civiles y al mundo académico a las aplicaciones de defensa [a partir de 2026]

2.5 **Ámbito 5: Competencias cuánticas**

Europa ha desarrollado una sólida base de talento cuántico académico. La Unión Europea tiene el mayor número de titulados en ámbitos relacionados con la tecnología cuántica a escala mundial en comparación con su población, con más de 110 000 titulados⁷⁶ anuales en física, TIC, ingeniería y disciplinas conexas. Según la Agenda Estratégica de Investigación e Industria 2030 del «Buque insignia cuántico»⁷⁷, Europa cuenta con más de cuarenta programas de másteres especializados en tecnologías cuánticas e ingeniería cuántica. Sin embargo, esto sigue siendo insuficiente para satisfacer la demanda prevista de las empresas emergentes y la industria de la UE, que se enfrenta a una importante escasez de profesionales con las competencias aplicadas pertinentes. La escasez es más crítica en los ámbitos aplicados⁷⁸, como la ingeniería de *software* cuántico, la integración de sistemas y la ciberseguridad cuántica, lo que ralentiza la senda de comercialización de las empresas emergentes y en expansión con sede en la UE.

En el marco de la Unión de las Competencias⁷⁹, la Comisión está tomando varias iniciativas para hacer frente a la escasez de competencias, incluidas las relacionadas con la cuántica. La Comisión creará, en 2026, una *Academia Europea de Competencias Cuánticas* virtual que servirá de punto de contacto único y central, proporcionando visibilidad a la formación disponible en tecnología cuántica y a las oportunidades de aplicación práctica en todos los niveles educativos. En el marco de esta iniciativa, la Comisión fomentará la colaboración con el mundo académico, las instituciones de formación, la comunidad investigadora y los socios de la industria para diseñar e impartir programas educativos y módulos de formación independientes a través de un enfoque interdisciplinario. Los programas incluirán planes de estudios comunes en los niveles CINE 7 (nivel de máster o equivalente) u 8 (nivel de doctorado o equivalente) que conduzcan a un título que utilice el Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS). Estos programas se promoverán mediante ferias virtuales de estudios y programas de becas.

Además, para fomentar las capacidades orientadas al futuro, la Comisión facilitará el desarrollo de programas de estudios europeos conjuntos innovadores, también en sectores estratégicos y ámbitos tecnológicos clave como el cuántico, posiblemente a través de un título o un sello europeo basado en criterios acordados de común acuerdo.

⁷⁶ [Global Comparison of STEM Education](#) [«Comparación global de la educación CTIM», documento en inglés] | [SpringerLink](#).

⁷⁷ Agenda Estratégica de Investigación e Industria 2030 («Buque insignia cuántico»): <https://qt.eu/media/pdf/Strategic-Research-and-Industry-Agenda-2030.pdf>

⁷⁸ [IOM-State-of-Quantum-2025.pdf](#), RAND Europe: *Quantum's Future Workforce Needs More Than Physicists* [«IOM, El estado de la cuántica — RAND Europe. El futuro de la mano de obra necesita más que físicos», documentos en inglés].

⁷⁹ [COM\(2025\) 90 final](#).

La Academia también apoyará, en consonancia con el objetivo de atraer y retener el talento global de la Unión de las Competencias, programas de becas destinadas a la cuántica que permitan trabajar en la UE a candidatos de doctorado altamente cualificados de la UE y de fuera de la UE, así como a jóvenes profesionales que viven fuera de la UE.

Para expandir y difundir sus actividades, la Academia desarrollará prácticas de comunicación y sensibilización. Estas incluirán, entre otras cosas, una página web de inicio (*landing page*) específica que actuará como **portal de talentos cuánticos**, integrada en la Plataforma de Competencias y Empleos Digitales, módulos de formación para profesores de educación universitaria y secundaria con el fin de lograr la alfabetización cuántica en la educación temprana, y el intercambio de mejores prácticas con los Estados miembros y terceros países admisibles.

El alcance de la comunicación por parte de la Academia virtual tendrá por objeto aumentar la sensibilización de la opinión pública, así como mejorar la comprensión social, la confianza y el compromiso político informado en el ámbito de las tecnologías cuánticas. Es importante señalar que sus actividades de comunicación y sensibilización del público también contribuirán a mejorar la diversidad y a colmar la importante brecha de género que sigue existiendo en la mano de obra en materia cuántica en Europa⁸⁰.

Si bien la Academia virtual marca un primer paso importante, la visión a largo plazo es crear múltiples academias en red con una distribución geográfica en toda la UE, vinculadas a agrupaciones de competencias cuánticas, así como centros de competencia de semiconductores, para multiplicar su eficacia.

Además, en el marco del Programa Europa Digital⁸¹, la Comisión apoyará un proyecto piloto para un **Programa de aprendizaje profesional en materia cuántica** destinado a preparar una cartera de especialistas cuánticos formados en proyectos reales y listos para (re)incorporarse al mercado laboral de la UE, así como a introducir regímenes de «retorno» para profesionales. Además, para crear más círculos virtuosos entre el mundo académico y la industria, la Comisión desarrollará a partir de 2026 **concursos europeos en materia de capacidades y competencias digitales avanzadas**, que implicarán a los jóvenes en la creación conjunta de soluciones impulsadas por la cuántica para retos sociales e industriales clave y fomentarán el pensamiento creativo e innovador.

A medida que la tecnología evoluciona rápidamente, el conjunto de competencias exige perfiles profesionales relacionados con el desarrollo y el cambio cuánticos, por lo que también sería esencial un seguimiento continuo de los proveedores de educación y formación y de las necesidades de la industria y las demandas de mano de obra. En el marco de la Unión de las Competencias, el Observatorio Europeo de Inteligencia Estratégica sobre Competencias supervisará la evolución oportuna de las necesidades en materia de competencias en sectores estratégicos en Europa.

El Consejo Europeo de Innovación también pondrá en marcha en 2025 un programa piloto para **investigadores residentes en empresas emergentes de tecnología cuántica**. Esta acción facilitará la colocación selectiva de investigadores en consonancia con las necesidades específicas de las empresas de alto crecimiento facilitadas por una plataforma específica para conectar a los investigadores y a las empresas emergentes y en expansión innovadoras.

Por último, la Comisión pondrá en marcha un **Programa Europeo de Movilidad del Talento Cuántico** para impulsar la movilidad laboral internacional y el desarrollo de competencias entre la UE, los Estados miembros y los países socios, incluidas becas para doctorados no

⁸⁰ Existen importantes desequilibrios de género en la educación superior y las carreras profesionales en el ámbito de las CTIM. Véase el [informe *She Figures 2024* \[«Cifras de mujeres 2024», documento en inglés\]](#).

⁸¹<https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/opportunities/funding/digital-2025-skills-08-quantum-academy-step-sectoral-digital-skills-academies>.

pertenecientes a la UE y profesionales en una fase temprana de su carrera en el ámbito cuántico, manteniendo y apoyando al mismo tiempo a la mano de obra existente para evitar la fuga de cerebros. Para atraer, desarrollar y retener a excelentes investigadores cuánticos internacionales, la Comisión también pondrá a prueba el programa Marie Skłodowska-Curie «MSCA Elige Europa», que también abarcará, entre otros, a investigadores cuánticos.

- Crear la Academia Europea de Competencias Cuánticas [2026]
- Poner en marcha concursos europeos en materia de capacidades y competencias digitales avanzadas en cuántica [a partir de 2026]
- Poner en marcha un programa piloto para investigadores residentes en empresas emergentes de tecnología cuántica [2025]
- Poner en marcha el Programa Europeo de Movilidad del Talento Cuántico [2026 en adelante]

3 Marco estratégico de aplicación para una Europa cuántica

3.1 Principales componentes de aplicación de la Estrategia para una Europa Cuántica

El campo cuántico europeo presenta características únicas: las tecnologías cuánticas siguen siendo en gran medida emergentes, y muchos de sus componentes principales —tanto el *hardware* como el *software*— aún se encuentran en una fase temprana de madurez. Seguir desarrollándolas a través de una trayectoria lineal tradicional desde la ciencia fundamental hasta el mercado requeriría de diez a quince años. Para acelerar el proceso, se pondrá en marcha la siguiente **lógica de aplicación a medida del ciclo de vida de la tecnología**, integrando estrictamente la investigación, la innovación, las infraestructuras y la creación temprana del mercado en un círculo continuo.

Un enfoque basado en el ciclo de vida es especialmente vital en el ecosistema europeo, ya que siguen existiendo importantes obstáculos científicos y de ingeniería⁸² en todos los ámbitos cuánticos que deben abordarse y convertirse en tecnologías tangibles. Europa no solo debe resolver estos problemas, sino también pasar rápidamente las soluciones resultantes a aplicaciones listas para el mercado antes de que los competidores mundiales consoliden su dominio estratégico.

Para abordar los obstáculos científicos y de ingeniería, la Iniciativa de Investigación e Innovación para una Europa Cuántica (descrita en la sección 2.1) apoyará:

- **los esfuerzos específicos de ciencia y tecnología** centrados en resolver los principales retos actuales en el ámbito de la ciencia y la tecnología que limitan el progreso en todos los ámbitos cuánticos. Estos se abordarán principalmente a través de convocatorias descendentes de ciencia y tecnología que complementen las clásicas ascendentes;
- **actividades de investigación e innovación disruptivas para el mercado y acciones específicas para madurar tecnologías cuánticas y facilitadoras específicas.** El objetivo es reducir los riesgos de la innovación cuántica y acelerar la transferencia de los principales descubrimientos de investigación para la asimilación industrial.

⁸² Algunos ejemplos de estos obstáculos son la computación cuántica, los sistemas escalables de corrección de errores cuánticos, las interconexiones cuánticas para arquitecturas modulares y la electrónica de control criogénico; en la comunicación cuántica, los repetidores cuánticos de larga distancia, la distribución de entrelazamiento agnóstica en cuanto a dispositivos y las redes seguras y sin nodos de confianza (*trusted-node-free networks*); y en la detección cuántica, los gravímetros miniaturizados y desplegados, los sistemas Q-MRI de alta resolución y los sensores inerciales para la navegación independiente del GNSS.

Además, y para reforzar lo anterior, se aplicará el siguiente enfoque:

Un mecanismo de Grandes Retos

Los Grandes Retos Cuánticos servirán como instrumentos estratégicos para abordar problemas bien definidos de tecnología cuántica de gran repercusión. Estos Grandes Retos están diseñados para reunir a científicos, usuarios industriales, fabricantes, integradores y agentes tanto de las tecnologías cuánticas como de las tecnologías facilitadoras, en un esfuerzo coordinado similar en cuanto a ambición y estructura al de iniciativas anteriores orientadas a misiones.

Se centrarán en empresas emergentes o en expansión individuales para ayudarles a aplicar su hoja de ruta tecnológica de vanguardia a través de un proceso de desarrollo competitivo y colaborativo. Un Gran Reto los reunirá con los principales usuarios industriales e investigadores para desarrollar conjuntamente soluciones cuánticas críticas y escalables. La participación de los principales usuarios industriales es fundamental para que las empresas emergentes satisfagan los requisitos industriales y validen sus tecnologías en entornos industriales. Cuando proceda, los agentes de defensa, incluidos los Ministerios de Defensa y las empresas de defensa, podrán participar como usuarios finales en Grandes Retos específicos.

Las empresas emergentes o en expansión seleccionadas para el Gran Reto se beneficiarán de un conjunto combinado de instrumentos (subvenciones, capital, préstamos u otros instrumentos de financiación combinada). Desde el principio, participarán agentes financieros tanto públicos como privados para garantizar la armonización con los objetivos estratégicos de inversión y maximizar la repercusión.

Entre 2025 y 2027, la Comisión, junto con el Banco Europeo de Inversiones y los Estados miembros, pondrá a prueba al menos dos de estos Grandes Retos. El primero se centrará en sistemas de computación cuántica tolerantes a fallos capaces de resolver problemas industriales complejos; el segundo se centrará en los sistemas de posicionamiento, navegación y temporización (PNT) basados en la cuántica para entornos en los que los sistemas mundiales de navegación por satélite no funcionen. En función de la financiación disponible, pueden surgir Grandes Retos adicionales, por ejemplo, en la obtención de imágenes médicas mejoradas cuánticamente (Q-MRI) para apoyar el diagnóstico precoz de enfermedades y la medicina personalizada.

Un enfoque basado en el ciclo de vida de la tecnología

Todos estos esfuerzos se sustentarán en un **enfoque basado en el ciclo de vida de la tecnología, que integre los cinco ámbitos estratégicos de la Estrategia para una Europa Cuántica** en un proceso de desarrollo coordinado e iterativo que permita una iteración continua entre el descubrimiento, el desarrollo, las pruebas y la implantación.

Las infraestructuras cuánticas públicas y las líneas piloto europeas presentadas en la sección 2.2 son fundamentales para este modelo. Estas instalaciones sirven de puente entre la investigación y la industrialización. Su construcción, mantenimiento y expansión proporcionan las bases físicas y organizativas esenciales para seguir reforzando y alimentando todo el ecosistema cuántico. Pueden ayudar a traducir la investigación en aplicaciones prácticas proporcionando bancos de pruebas, instalaciones y redes necesarias para probar, validar y ampliar los avances de la investigación. También sirven de excelente base para atraer talento y desarrollar aplicaciones prácticas y casos de uso. Por último, ayudan a las empresas emergentes y a las pymes cuánticas a acceder a las últimas plataformas tecnológicas e instalaciones de laboratorio, donde pueden seguir desarrollando sus prototipos y prepararlos para su implantación industrial. La red federada de agrupaciones de competencias cuánticas seguirá actuando como catalizador de este enfoque virtuoso del ciclo de vida, vinculando a organizaciones de investigación, empresas emergentes, empresas en expansión, grandes

industrias y proveedores de infraestructuras, creando así puentes entre los agentes científicos e industriales.

Para garantizar que el ciclo de vida sea sólido y adecuado para su finalidad, se establecerán indicadores clave de rendimiento, seguimiento de hitos y evaluaciones comparativas con las tecnologías existentes.

Por último, este modelo integrado armoniza las estrategias de la UE y de los Estados miembros al centrar las inversiones en objetivos compartidos y crear bucles coordinados de retroalimentación. Evita la duplicación, construye una masa crítica y refuerza la influencia mundial de Europa en la configuración del desarrollo y la implantación de tecnologías cuánticas.

4 Cooperación internacional

En un contexto de creciente incertidumbre geopolítica y sus repercusiones directas en el panorama mundial de la inversión y el comercio, Europa debe proteger sus intereses, manteniendo al mismo tiempo su apertura y colaborando de forma proactiva con socios de confianza. Este concepto se refleja en una serie de políticas recientes de la UE, incluidas su Estrategia Digital Internacional y su Estrategia de Seguridad Económica.

Entre los socios prioritarios figuran países afines, en particular aquellos con los que la UE ya está coordinando cuestiones tecnológicas y de política comercial en el marco, por ejemplo, de acuerdos de libre comercio, consejos de comercio⁸³ y tecnología o asociaciones digitales⁸⁴. La Comisión tiene previsto ampliar esta cooperación con iniciativas que abarquen programas conjuntos de investigación, convocatorias coordinadas, intercambio de conocimientos especializados, acceso recíproco a las infraestructuras, marcos de propiedad intelectual armonizados y preparación de normas cuánticas mundiales. También aunará fuerzas en aplicaciones cuánticas específicas en las políticas sectoriales, por ejemplo, para elaborar nuevos materiales. En este contexto, la UE ya ha empezado a ejecutar proyectos conjuntos de investigación e innovación en tecnologías cuánticas con Canadá, Japón y la República de Corea.

La UE también colaborará con los ecosistemas cuánticos emergentes de rápido crecimiento que representen oportunidades económicas para las empresas de la UE, ofrezcan un impulso competitivo a la industria cuántica de la UE a escala mundial y permitan a las empresas cuánticas europeas diversificar las asociaciones y reducir las dependencias. Este enfoque guiará las asociaciones bilaterales y multilaterales, basadas en valores compartidos, la confianza mutua y la complementariedad de las capacidades y los mercados, garantizando al mismo tiempo niveles adecuados de protección de los intereses de la UE en ámbitos estratégicos.

Además, la UE reforzará su presencia cuántica en los foros internacionales de normalización, los diálogos comerciales y las alianzas cuánticas multilaterales⁸⁵.

En relación con todo lo anterior, la Comisión trabajará en estrecha cooperación con los Estados miembros para establecer un Marco Europeo de Cooperación Internacional Cuántica coherente que identifique los países y ámbitos prioritarios para una colaboración estructurada. También apoyará las iniciativas diplomáticas conjuntas y el desarrollo de posiciones europeas comunes

⁸³ Con los Estados Unidos y la India.

⁸⁴ Con Canadá, Japón, Singapur y Corea del Sur.

⁸⁵ En la Cumbre del G7 de junio de 2025, los dirigentes reconocieron el potencial transformador de la cuántica y se comprometieron a impulsar la inversión, fomentar una cooperación mundial fiable y reforzar los vínculos entre los institutos nacionales de medición a través de un grupo de trabajo conjunto del G7. Véase: [Kananaskis Common Vision for the Future of Quantum Technologies](#) [«Visión común de Kananaskis para el futuro de las tecnologías cuánticas», documento en inglés].

sobre tecnologías cuánticas, garantizando que la voz de Europa se amplifique a la hora de configurar la gobernanza mundial y la ética en la innovación cuántica.

- Ampliar y poner en marcha nuevas iniciativas de cooperación bilateral y multilateral con países afines [2025 en adelante]
- Trabajar con los Estados miembros en un Marco Europeo de Cooperación Internacional Cuántica [2025 en adelante]

5 Gobernanza

Una gobernanza sólida e inclusiva a nivel de la UE es esencial para dirigir, coordinar y supervisar la aplicación de la Estrategia para una Europa Cuántica, fomentando la participación de toda la Unión, tanto en términos de participación de todos los Estados miembros como de representantes de todos los tipos de partes interesadas cuánticas, pero también garantizando el equilibrio de género.

En primer lugar, un **Consejo Consultivo de Alto Nivel**, que reunirá a científicos cuánticos y expertos tecnológicos europeos destacados, proporcionará orientaciones estratégicas independientes sobre la aplicación de la Estrategia para una Europa Cuántica.

En segundo lugar, un **marco de cooperación estructurado con los Estados miembros** contribuirá a garantizar una aplicación coherente en todos los programas nacionales y de la UE, coordinar el progreso anual del ciclo de vida en los cinco ámbitos estratégicos y supervisar la evolución de la seguridad y la resiliencia de las cadenas de suministro cuánticas y sus componentes críticos. Un **grupo de expertos específico** que reúne a todos los Estados miembros⁸⁶ ya está funcionando activamente y participará estrechamente en los futuros trabajos de la Junta de Gobierno de la Empresa Común EuroHPC una vez que se modifique el Reglamento de la Empresa Común.

Por último, la Comisión proseguirá sus estrechas interacciones con toda la comunidad cuántica europea, en particular el mundo académico, las empresas emergentes, los agentes industriales y las partes interesadas en materia de innovación y sus representantes.

6 Conclusiones

Las tecnologías cuánticas se encuentran en un punto de inflexión. La UE se ha consolidado como líder mundial en investigación cuántica y ha puesto los cimientos de una base industrial competitiva. Sin embargo, la carrera mundial por aprovechar las tecnologías cuánticas se está acelerando. Los países líderes están aumentando la inversión pública, coordinando estrategias nacionales y consolidando los canales de investigación a la industria para lograr la soberanía tecnológica y las ventajas económicas. El potencial de doble uso de las tecnologías cuánticas también puede mejorar sus capacidades en materia de seguridad y defensa. Al mismo tiempo, la inversión privada se está convirtiendo en el diferenciador clave entre éxito y fracaso. Para que Europa siga siendo competitiva, conforme los valores que sustentan la innovación cuántica y aproveche plenamente los beneficios económicos, de seguridad y de otro tipo de su propio liderazgo intelectual, debe actuar con urgencia, claridad y unidad.

Este es el momento de que Europa lidere. Esta estrategia no es el destino, sino un marco evolutivo —un plan rector en movimiento— para el futuro cuántico de Europa. Requiere el compromiso colectivo de la UE, los Estados miembros, la industria, el mundo académico y la sociedad civil en general. Si tienen éxito, las tecnologías cuánticas impulsarán la próxima revolución tecnológica y sustentarán la competitividad de la UE, y Europa estará a la vanguardia, configurándola en sus propios términos.

⁸⁶ [Grupo Europeo de Coordinación de la Tecnología Cuántica de Representantes de los Estados miembros.](#)

APÉNDICE

Resumen de las acciones de la Estrategia para una Europa Cuántica

Ámbito 1: Iniciativa de Investigación e Innovación Cuántica
<ul style="list-style-type: none">• Modificar el Reglamento por el que se crea la Empresa Común de Informática de Alto Rendimiento Europea para ampliar su ámbito de competencias a todas las tecnologías cuánticas y, como primer paso, transferir a la Empresa Común las actividades cuánticas de I+i de Horizonte Europa [tercer trimestre de 2025]• Presentar la propuesta de la Ley Cuántica [2026]• Poner a prueba dos Grandes Retos cuánticos (sistemas de computación cuántica y PNT cuánticos tolerantes a fallos) [2025-2027]
Ámbito 2: Infraestructuras para una Europa cuántica
<ul style="list-style-type: none">• Publicar la hoja de ruta de computación y simulación cuánticas de la UE [2026]• Ampliar el número y la capacidad de los sistemas de computación cuántica basados en EuroHPC [2026 en adelante]• Establecer un marco de seguimiento para la computación cuántica [2026]• Implantar la primera red experimental de comunicación cuántica terrestre y espacial interconectada a nivel de la UE [de aquí a 2030]• Publicar una hoja de ruta para la comunicación cuántica [2026]• Puesta en marcha de una instalación piloto para el internet cuántico europeo [2026]• Implantar un sistema distribuido de gravímetros en toda Europa [2026 en adelante]• Publicar una hoja de ruta para la detección cuántica [2026]• Establecer una infraestructura piloto europea de Q-MRI y ampliarla a toda Europa [2025 en adelante]
Ámbito 3: El ecosistema para una Europa Cuántica
<ul style="list-style-type: none">• Establecer seis nuevas líneas de producción piloto cuánticas en el marco de la Empresa Común para los Chips [2025]• Poner en marcha una instalación de diseño cuántico [2026]• Publicar una hoja de ruta para la industrialización de los chips cuánticos [2026]• Publicar una hoja de ruta sobre normas cuánticas europeas [2026]• Ampliar la red de agrupaciones de competencias cuánticas [2026]• Llevar a cabo y finalizar evaluaciones a escala de la UE de las vulnerabilidades de la cadena de suministro [2025–2026]
Ámbito 4: Tecnologías cuánticas con potencial espacial y de doble uso (seguridad y defensa)
<ul style="list-style-type: none">• Firmar un acuerdo de cooperación con la ESA para el desarrollo de una hoja de ruta de la tecnología cuántica en el espacio [segundo trimestre de 2025]• Desarrollar una hoja de ruta para la tecnología de detección cuántica espacial y de defensa [2026]• Contribuir a la hoja de ruta tecnológica para el armamento europeo [cuarto trimestre de 2025]• Poner en marcha iniciativas de asimilación para atraer a las empresas civiles y al mundo académico a las aplicaciones de defensa [a partir de 2026]
Ámbito 5: Competencias cuánticas
<ul style="list-style-type: none">• Crear la Academia Europea de Competencias Cuánticas [2026]• Poner en marcha concursos europeos en materia de capacidades y competencias digitales avanzadas en cuántica [a partir de 2026]• Poner en marcha un programa piloto para investigadores residentes en empresas emergentes de tecnología cuántica [2025]• Poner en marcha el Programa Europeo de Movilidad Cuántica [2026 en adelante]

Cooperación internacional

- Poner en marcha iniciativas de cooperación bilateral y multilateral [2025 en adelante]
- Trabajar con los Estados miembros para establecer un Marco Europeo de Cooperación Internacional Cuántica [2025 en adelante]