

Juliol de 2026. Píndola tecnològica

Les tecnologies quàntiques a Catalunya

ACCIÓ
Generalitat de Catalunya



Els continguts d'aquest document estan subjectes a una llicència Creative Commons. Si no s'indica el contrari, se'n permet la reproducció, distribució i comunicació pública sempre que se'n citi l'autor, no se'n faci un ús comercial i no se'n distribueixin obres derivades. Podeu consultar un resum dels termes de la llicència a:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

L'ús de marques i logotips en el present informe és merament informatiu. Les marques i logotips esmentats pertanyen als seus respectius titulars i en cap cas són titularitat d'ACCIÓ. Aquesta és una representació il·lustrativa parcial de les empreses, organitzacions i entitats que formen part de l'ecosistema de les tecnologies quàntiques. Poden haver-hi empreses, organitzacions i entitats que no han estat incloses en l'estudi.

Realització

Unitat d'Estratègia i Intel·ligència Competitiva d'ACCIÓ

Col·laboració

Àrea de Promoció del Sector Digital. Secretaria de Polítiques Digitals

Barcelona, juliol del 2026

Resum executiu

1. Definició de quàntica
2. Mercat mundial de la quàntica
3. Propietat intel·lectual i producció científica
4. Iniciatives al món, a Europa i a Espanya en TQ
5. Oportunitats, reptes i tendències de la quàntica
6. Àmbits d'aplicació i ODS
7. La quàntica a Catalunya
8. Casos d'èxit a Catalunya

Agraïments

Resum executiu: les tecnologies quàntiques al món

4

Les **tecnologies quàntiques** són un conjunt de tecnologies emergents que aprofiten els principis de la mecànica quàntica, una branca de la física que descriu el comportament de la matèria a nivell atòmic i subatòmic



Disciplines de les TQ



Computació quàntica i simulació



Comunicacions quàntiques



Sensors quàntics



Principals aplicacions



Finances i assegurances



Enginyeria civil i aeroespacial



Recursos i infraestructures crítiques



Telecomunicacions i ciberseguretat



Serveis



Indústria 4.0



Mobilitat i logística



Farma i salut



Importància de les TQ

- Resolució de problemes complexos
- Càlculs potents, avançats i molt més ràpids
- Comunicacions i encriptacions més segures
- Metrologia i sensors més potents i precisos
- Simulació de processos i models



Boom de la computació quàntica: s'espera que en la propera dècada aquesta disciplina tingui un creixement exponencial d'entre el 12 i 16% interanual, amb inversions milionàries i estratègies nacionals pel seu desenvolupament a tot el món.



Mercat mundial

- El mercat global de les TQ podria assolir un valor de mercat estimat de **215.000 M\$ al 2040**.
- Els principals països i regions mundials en TQ són la **Xina**, els **Estats Units**, la **UE**, **Canadà**, el **Regne Unit**, **Corea del Sud** i el **Japó**.



Oportunitats de les TQ

- Solució i simulació de problemes complexos
- Criptografia i major seguretat
- Sensors i metrologia
- Plans públics d'inversió i desenvolupament de les TQ
- Aprenentatge automàtic quàntic
- Desenvolupament de la cadena de valor i indústria auxiliar



Reptes de les TQ

- Regulació i seguretat
- Desenvolupament de la tecnologia
- Correcció d'errors
- Talent
- Inversions i costos elevats
- Equilibri d'expectatives

Resum executiu: les tecnologies quàntiques a Catalunya

5

52 empreses al llarg de la cadena de valor



30 empreses més respecte el 2019.

Facturació de **91,4 M€ de facturació**.

470 llocs de treball generats.

El **17,3%** de les empreses són **startups**.

Destaquen:

Per àmbit tecnològic:

-  Comunicació i encriptació (**51,9%**)
-  Computació quàntica (**44,2%**)
-  Aplicacions i tecnologies facilitadores (**42,3%**)

Per sector d'aplicació:

-  Indústria 4.0 (**80,8%**)
-  Enginyeria civil i aeroespacial (**61,5%**)

Startups punteres en TQ



Catalunya compta amb startups punteres a nivell europeu i mundial que desenvolupen les TQ, principalment en els camps de **la computació quàntica**, la **comunicació** i l'**encriptació quàntiques**, i els **algoritmes quàntics**.

Atractiva per a la recerca i projectes de desenvolupament de les TQ



Catalunya va captar el **44,4%** del finançament per a **projectes amb algun component quàntic a l'Horizon Europe** a l'Estat espanyol entre 2022 i 1r. Trim. 2026. i un **2,7% del total de finançament captat a la UE**

El **3,5%** dels 203 *hubs* tecnològics d'empreses estrangeres establerts a Catalunya treballen amb les TQ.

Primer **ordinador quàntic** d'Espanya a Catalunya al BSC, construït amb tecnologia 100% europea



Iniciatives de referència



Excel·lència en R+D

Centres tecnològics, de recerca i infraestructura punteres



Les tecnologies quàntiques a Catalunya

1. Definició de quàntica

Les **tecnologies quàntiques** són un conjunt de tecnologies emergents que aprofiten els principis de la mecànica quàntica, una branca de la física que descriu el comportament de la matèria a nivell atòmic i subatòmic.

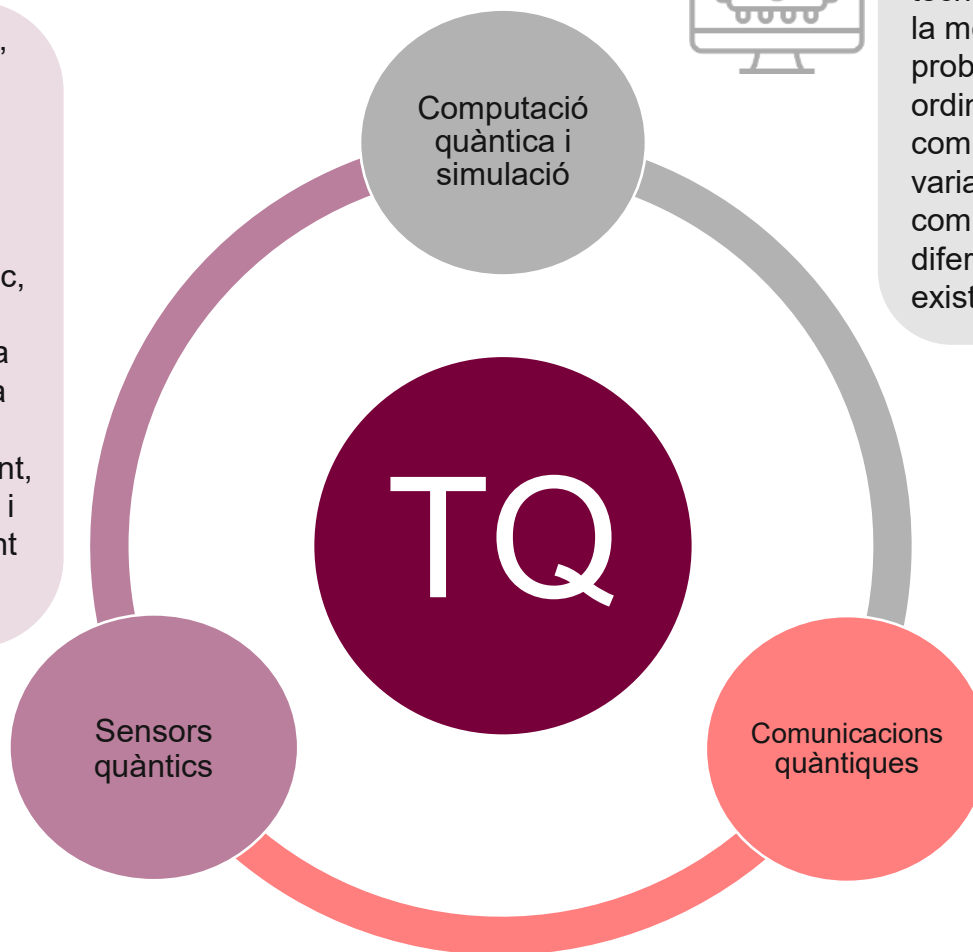
- A diferència de les tecnologies clàssiques, que es basen en propietats macroscòpiques, les tecnologies quàntiques treballen amb sistemes quàntics individuals que poden presentar propietats i comportament contra intuïtius.
- El nucli de les tecnologies quàntiques rau en la seva capacitat per aprofitar efectes quàntics únics:
 - **Superposició:** els sistemes quàntics poden existir en diversos estats alhora. Això pot permetre realitzar càlculs i operacions de forma paral·lela.
 - **Entrellaçament:** les partícules quàntiques es poden correlacionar de maneres que no tenen un anàleg clàssic. Dos partícules quàntiques poden estar entrellaçades, de manera que l'estat d'una es lliga de manera instantània en l'estat de l'altre sense tenir en compte la distància que les separa. Aquesta propietat té aplicacions en la comunicació quàntica.
 - **Efecte túnel:** Les partícules poden travessar barreres d'energia que serien infranquejables en la física clàssica.

Font: elaboració pròpia a partir de Quside, Oxford Insights, Australian Research Centre Quantica-Vall Mediterrània de la Ciència i les Tecnologies Quàntiques; PwC: Quantum Technology Monitor

Tecnologies quàntiques (TQ)

8

Dins de la tecnologia quàntica, un **sensor quàntic** utilitza propietats de la mecànica quàntica, com ara l'entrellaçament quàntic, la interferència quàntica i l'estrenyiment de l'estat quàntic, que han optimitzat la precisió i superen els límits actuals de la tecnologia del sensor. Aquesta tecnologia detecta amb molta precisió els canvis de moviment, així com els camps magnètics i elèctrics, millorant enormement la capacitat de mesurar i de comprendre l'entorn.



La **computació quàntica** és una tecnologia emergent que aprofita les lleis de la mecànica quàntica per resoldre problemes massa complexos per als ordinadors clàssics. Els problemes complexos són problemes amb moltes variables que interactuen de maneres complicades. Aquestes màquines són molt diferents dels ordinadors clàssics que existeixen des de fa més de mig segle.

La **comunicació quàntica** és un camp de la física quàntica aplicada estretament relacionada amb el processament de la informació quàntica. Es tracta de codificar la informació en estats quàntics de la llum per a la transmissió d'informació i per a habilitar aplicacions disruptives en criptografia.

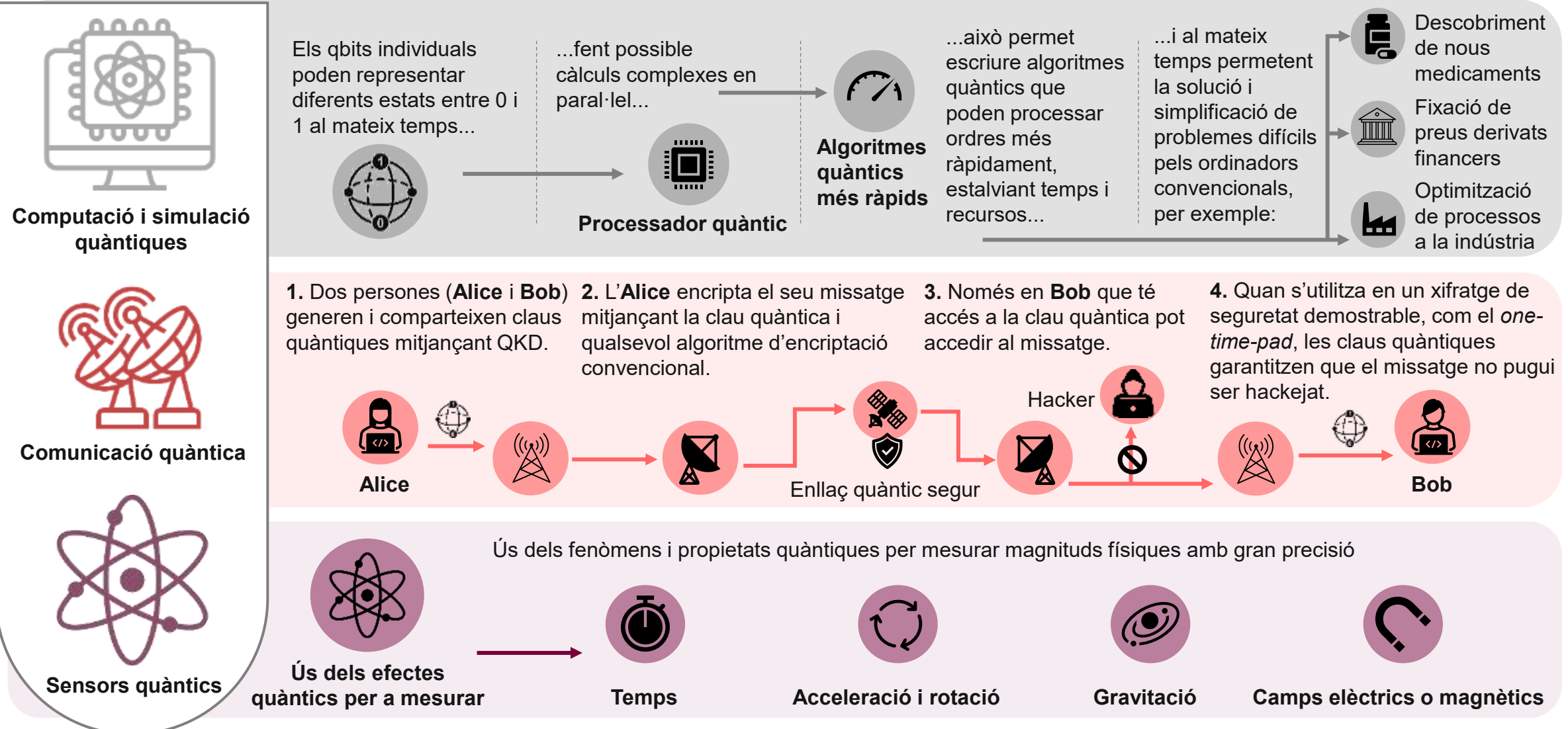


La comunicació quàntica abasta una àmplia gamma de tecnologies i aplicacions que van des d'experiments de laboratori d'última generació fins a la realitat comercial. Té algunes de les tecnologies quàntiques més madures en distribució de claus quàntiques (QKD) i generadors de nombres aleatoris quàntics (QRNG).

Font: elaboració pròpia a partir de IBM. MIT Technology review; Qside,; PwC: Quantum Technology Monitor

Funcionament de cada tecnologia quàntica

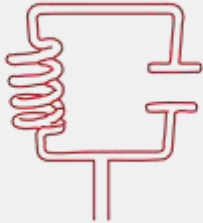
9



Tipus de qbits

10

**Qbits
superconductors**



**Qbits
topològics**



**Qbits d'spin
nuclear**



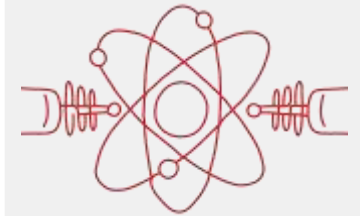
**Qbits d'ions
atrapats**



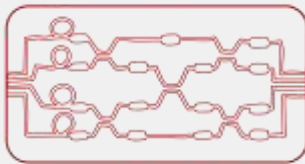
**Qbits de punts
quàntics
(quantum dots)**



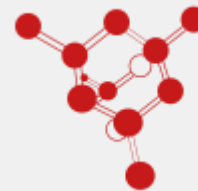
**Qbits d'àtoms
neutres**



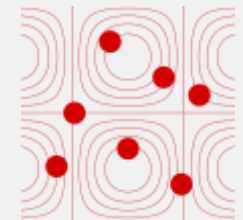
Qbits de fotons



**Qbits de diamant
(defectes NV en
diamant)**



**Qbits d'àtoms
superfreds**



Els materials quàntics presenten propietats úniques derivades de fenòmens quàntics que tenen un impacte significatiu en les propietats macroscòpiques. Aquestes propietats especials fan que siguin molt interessants per a noves tecnologies, especialment en computació quàntica, electrònica avançada, emmagatzematge d'energia i sensors d'alta precisió.

Superconductors	Permeten el flux de corrent elèctric sense cap resistència quan es refreda per sota d'una certa temperatura crítica.	Són la base dels qbits superconductors, i també s'utilitzen en màquines d'RMN i en acceleradors de partícules.
Materials Topològics	Materials que són aïllants al seu interior però condueixen electricitat a la superfície.	Aquests materials són prometedors per a qbits topològics, electrònica de baixa potència i sensors magnètics ultra-sensibles.
Aïllants de Mott	Els electrons no es mouen lliurement per la interacció electró-electró, creant un comportament correlacionat que permet manipular les propietats elèctriques i magnètiques.	Són útils en electrònica avançada i per a emmagatzematge d'energia.
Materials de Baixa Dimensionalitat	Materials com el grafè mostren conductivitat elèctrica excepcional i resistència mecànica. Aquests materials tenen propietats òptiques i electròniques úniques.	El grafè s'utilitza en dispositius electrònics, sensors, bateries. També s'investiguen per a circuits quàntics i aplicacions de fotònica.
Cristalls de Temps	Els cristalls de temps són materials que mostren patrons repetitius en el temps, a diferència dels cristalls convencionals, que tenen patrons repetitius en l'espai.	Encara en fase de recerca, els cristalls de temps podrien tenir aplicacions en memòries quàntiques i computació quàntica.
Materials Magnètics Quàntics	Materials que generen camps magnètics degut a l'alineament dels espins dels seus electrons.	Poden ser usats per crear memòries quàntiques, sensors magnètics de precisió o en spintrònica.

Font: elaboració pròpia a partir de "The physics of quantum materials", Nature; Institut de ciència de Materials, CSIC; Institut Català de nanociència i nanotecnologia (ICN2); Chemical Reviews. "Quantum Materials"

Algorismes quàntics

Un algorisme quàntic és una seqüència d'instruccions que s'executa en un ordinador quàntic i que explota les propietats de la mecànica quàntica (com la superposició, l'entrellaçament i la interferència) per realitzar càlculs.

Algorismes de cerca i optimització

L'algorisme de Grover.
S'utilitza per a cercar a bases de dades no ordenades

Algorismes variacionals quàntics (VQA):
Combinen circuits quàntics i optimitzadors clàssics.
Algorismes adiabàtics quàntics: per trobar l'estat de mínima energia, la solució òptima.

Algorismes d'optimització

Algorismes de factorització

Algorisme de Shor.
Es fa servir per a factoritzar nombres enters.
Té aplicació en criptografia

Els algorismes d'aprenentatge automàtic quàntic aprofiten la capacitat de processament quàntic per millorar tasques d'aprenentatge com la classificació, la regressió i la reducció de dimensionalitat

Aprenentatge automàtic quàntic

Algorismes basats en simulació quàntica

Aquests algorismes estan dissenyats per simular sistemes quàntics complexos.
Tenen aplicacions potencials en química, ciència de materials i fàrmacs.

El quantum annealing és una tècnica de càlcul quàntic específica per a problemes d'optimització combinatòria

Algorismes basats en el Quantum Annealing

Algorismes de Monte Carlo quàntics

Els mètodes de Monte Carlo són tècniques d'estimació probabilística utilitzades en finances i estadística. Els ordinadors quàntics poden millorar-los reduint l'error amb menys simulacions, augmentant així l'eficiència.

Alguns algorismes utilitzen estats quàntics entrellaçats i no locals per crear xarxes de respostes ràpides mitjançant patrons d'interferència.

Algorismes Topològics

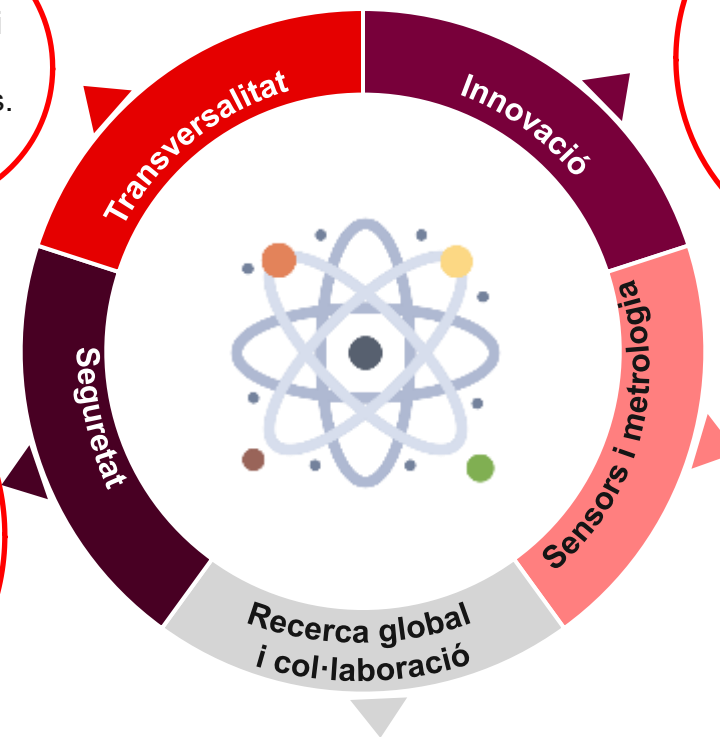
S'espera que les tecnologies quàntiques revolucioni indústries com les finances, la sanitat i la fabricació resolent problemes complexos, optimitzant processos i habilitant noves capacitats.

Les aplicacions de seguretat de la computació quàntica poden tenir la capacitat de "trencar" el xifratge segur, realitzar simulacions complexes i analitzar conjunts de dades massius per millorar la detecció d'amenaçes i la presa de decisions. A més, les tecnologies quàntiques permeten una criptografia resistent, que és vital per millorar la seguretat de les dades i les comunicacions en diverses indústries.

La investigació quàntica és un esforç global, amb països i organitzacions que inverteixen significativament en el seu desenvolupament. La col·laboració i la cooperació en aquest camp són crucials per impulsar la innovació i abordar les possibles implicacions de seguretat.

Les tecnologies quàntiques, poden simular i optimitzar les propietats de nous materials a una velocitat i un nivell de complexitat que superen amb escreix els ordinadors clàssics. Això té implicacions per a indústries com el desenvolupament de materials, productes químics, el disseny de medicaments, l'exploració de recursos naturals i la producció d'energia.

Els sensors quàntics proporcionen mesures extremadament precises que milloren el rendiment de dispositius en sectors tals com el diagnòstic mèdic, la navegació d'alta precisió o l'enginyeria civil.



Les tecnologies quàntiques a Catalunya

2. Mercat mundial de la Quàntica

Mercat de les tecnologies quàntiques (TQ)

15

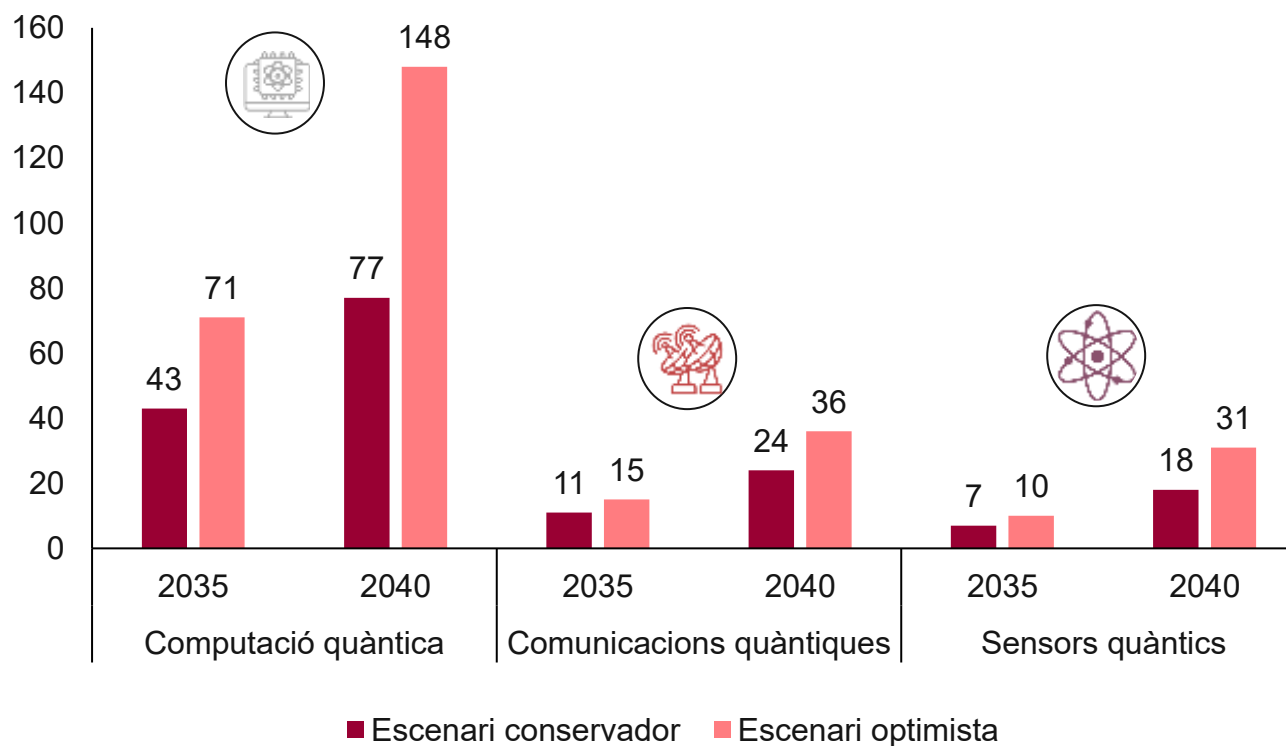
El **mercant global de les TQ podria assolir un valor de mercat estimat de 215.000 milions de dòlars al 2040**. La computació quàntica podria assolir un valor de mercat de 148.000 milions de dòlars, les comunicacions quàntiques 36.000 milions de dòlars i els sensors quàntics 31.000 milions de dòlars, totes elles en un escenari optimista.

- Les TQ tindran un creixement progressiu en els propers anys atesa a la cada vegada major demanda de computació d'altres prestacions, el risc dels ciberatacs i les possibilitats d'aplicacions en una gran varietat d'indústries, com salut, les comunicacions, química i farmacèutica, banca, serveis financers, i defensa, per optimitzar processos, processar grans volums de dades i donar resposta a problemes complexos irresolubles pels computadors convencionals.



Valor del mercat de les tecnologies quàntiques al 2035 i al 2040

(escenaris conservador i optimista, en milers de milions de dòlars)



Font: *Quantum Technology Monitor* (april 2026), McKinsey

Fem avui l'**empresa** del demà

Mercat de la computació quàntica

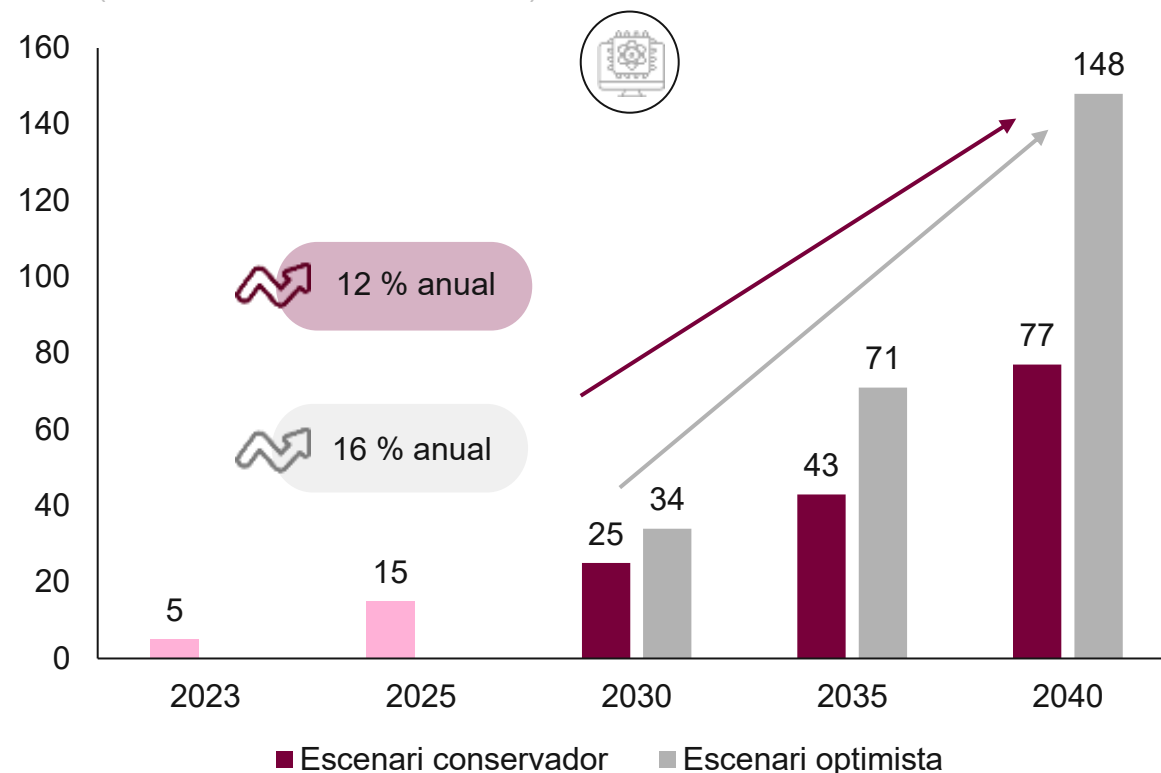
16

La **computació quàntica** és el segment de les TQ que s'espera que creixi més. Es preveu que assolixi un valor de mercat de **148.000 M\$ al 2040**, en un escenari optimista. Es tracta de la TQ que està rebent més inversió de capital, degut a les grans expectatives d'aplicabilitat en múltiples sectors que se n'espera obtenir.

- La correcció d'errors quàntics, les propostes i les demostracions de les grans empreses en TQ estan accelerant l'adopció d'una computació quàntica a gran escala tolerant a errors (*fault-tolerant*).
- Es preveu que en els propers 5 anys la computació quàntica pugui superar a la computació clàssica per a la realització d'algunes tasques. La majoria d'experts del sector creu que la tecnologia està evolucionant més ràpid del que es pensava i que ja es podria tenir al 2028 el primer ordinador amb avantatge quàntic.
- Experts del sector alerten que pugui ocórrer un "coll d'ampolla" similar amb el que ha succeït amb la IA i és que a causa del ràpid creixement de la tecnologia no hi hagi temps a adaptar-s'hi, i la demanda disparada comporti una competència desfermada a nivell mundial en producció i recursos. Tant és així, que la qüestió d'on es desenvolupen i fabriquen els ordinadors quàntics s'ha tornat cada cop més important, ja que recentment els Estats han començat a promulgar controls per limitar les capacitats dels ordinadors quàntics que exporten.
- La computació quàntica en el núvol té una gran potencialitat, donada la bona acceptació per part de les empreses. Els serveis QaaS (*Quantum-as-a-Service*) tenen una gran potencialitat de creixement.

Valor del mercat de la computació quàntica 2023-2040

(en milers de milions de dòlars)



Font: *Quantum Technology Monitor* (April 2026), McKinsey

Fem avui l'**empresa** del demà

Principals regions de rellevància al món

17

A nivell global s'espera que el lideratge entorn al desenvolupament de les tecnologies quàntiques (TQ) continuï estant encapçalat per Amèrica, Àsia i Europa, destacant països com la Xina, els Estats Units, Corea del Sud i el Canadà.



Àsia

S'ha consolidat com a regió líder en patents i està esdevenint un hub capdavanter entorn les TQ

La Xina destaca en les inversions públiques pel desenvolupament de les TQ; molts investigadors mundials són d'aquest país, i compta amb un ecosistema d'startups innovador. El Japó destaca en el desenvolupament computació i sensors, Corea del Sud en comunicacions quàntiques i Taiwan i Xina en desenvolupament de semiconductors. Singapur compta amb un hub quàntic emergent universitari. L'Índia està apostant fortament en desenvolupar talent nacional en computació quàntica.



Nota: l'ordre de presentació no és indicatiu de cap rànquing



Amèrica

Capdavantera en comercialització de computadors quàntics i inversions en startups

Amèrica del Nord es mantindrà com una de les principals regions en desenvolupament de les TQ, destacant els Estats Units i el Canadà com a principals desenvolupadors d'ordinadors quàntics comercialitzats, i captació de rondes d'inversió en startups quàntiques.



Europa

Inversió pública i ràpida adopció de les TQ per part de les empreses

Europa es consolida com una regió potent en recerca, inversió pública i projectes publico-privats de desenvolupament de les TQ. Destaquen països com França, el Regne Unit, Alemanya o els Països Baixos en programes d'inversió pública i la ràpida adopció de les TQ per part d'startups. Suïssa compta també amb empreses destacades en comunicació i computació.

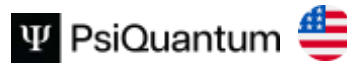


Fonts: McKinsey i the Quantum Insider

Fem avui l'**empresa** del demà

Empreses líders mundials en Tecnologies Quàntiques

18

 Amb presència a Catalunya

Nota: imatge il·lustrativa parcial

Fonts: McKinsey, Statista i Forbes

Fem avui l'**empresa** del demà

Casos mundials d'èxit en TQ

19

IBM



IBM va presentar al 2024 l'"Heron", un nou processador quàntic (399 qbits) que es pot interconnectar en diferents sistemes de manera modular segons les necessitats del client; l'Heron ha permès reduir errors, incrementar el número de portes i incrementar el número de qbits per a cada ordinador quàntic gràcies al sistema d'acoblament per mòduls. IBM va trencar la barrera dels 1.000 qbits amb el seu processador "Condor". El 2025 va començar a desenvolupar la gama "Flamingo" que superarà els 1.000 qbits per mòdul.

Google impulsa la computació quàntica a través de la seva unitat Google Quantum AI. Google ha desenvolupat el xip quàntic innovador de 105 qbits "Willow", que ha permès la reducció exponencial d'errors, té una potència de càlcul superior i fa que els computadors quàntics puguin ser més fiables; Google desenvolupa també algorismes quàntics innovadors per a resoldre problemes pràctics. L'empresa invertirà milers de milions de dòlars per a llançar un ordinador quàntic en els propers anys que pugui realitzar càlculs sense errors.



FUJITSU



Fujitsu compta amb International Quantum Center, un centre de referència en computació quàntica enfocat a impulsar l'adopció de les TQ en tots els àmbits. Fujitsu desenvolupa maquinari quàntic, amb un prototip de 64 qbits per a la recerca. Col·labora amb Rikken en tecnologia de superconductors i amb TU Delft en un ordinador quàntic d'espín de diamant. Ha creat mpiQulacs, un programari d'emulació quàntica i participa en el projecte Tenet de matrius de densitat. Ha llançat Digital Annealer, tecnologia aplicada a l'optimització combinatòria.

Microsoft avança en computació quàntica amb l'Azure Quantum mitjançant la integració de maquinari, IA, supercomputació i sistemes híbrids que coordinen CPUs i QPUs. Amb fites com el xip topològic Majorana 1 i el rècord de 24 qbits lògics entrellaçats amb Atom Computing, la plataforma redueix els errors de processament per facilitar l'experimentació científica a través d'un model de programari com a servei (SaaS). Col·labora amb Quantinuum per a realitzar aquesta transició, integrant eines híbrides al núvol.



Les tecnologies quàntiques a Catalunya

3. Propietat intel·lectual i producció científica

Quota de patents mundials per tecnologia quàntica i país o regió (2000-2022)

21

- Computació quàntica
- Comunicacions quàntiques
- Sensors quàntics

Nota: el sumatori total dels percentatges de cada tecnologia pot ser que no sigui 100, ja que s'han exclòs països amb quota més baixa, com Suïssa, Rússia, Canadà o Índia, però que també patenten en TQ.

Per codificació IPC de la WIPO, en TQ destaquen les patents en **semiconductors**, els **components** i les **solucions informàtiques**.

Principals empreses mundials que patenten:

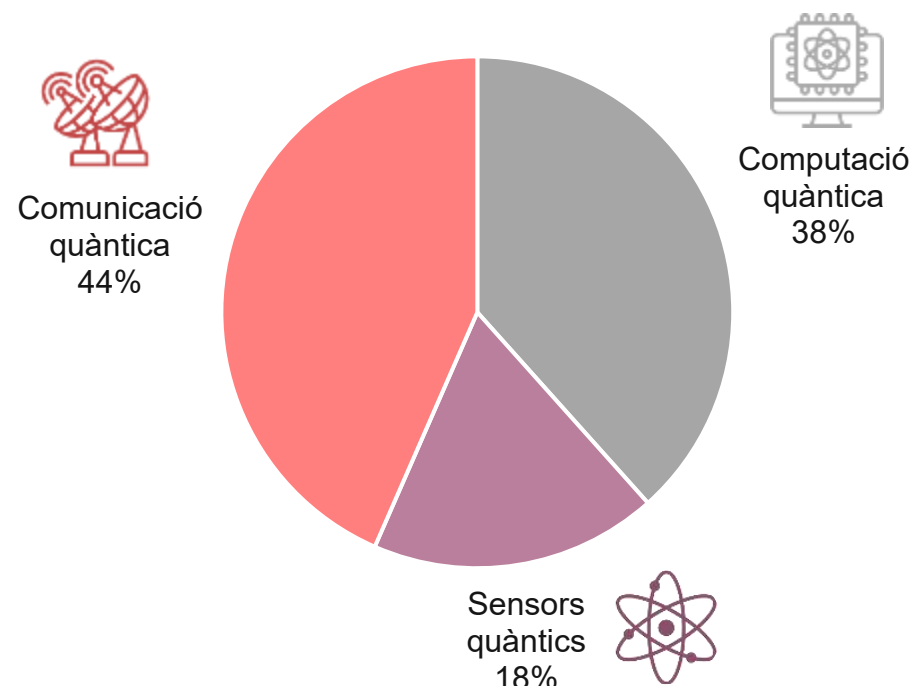


Patents

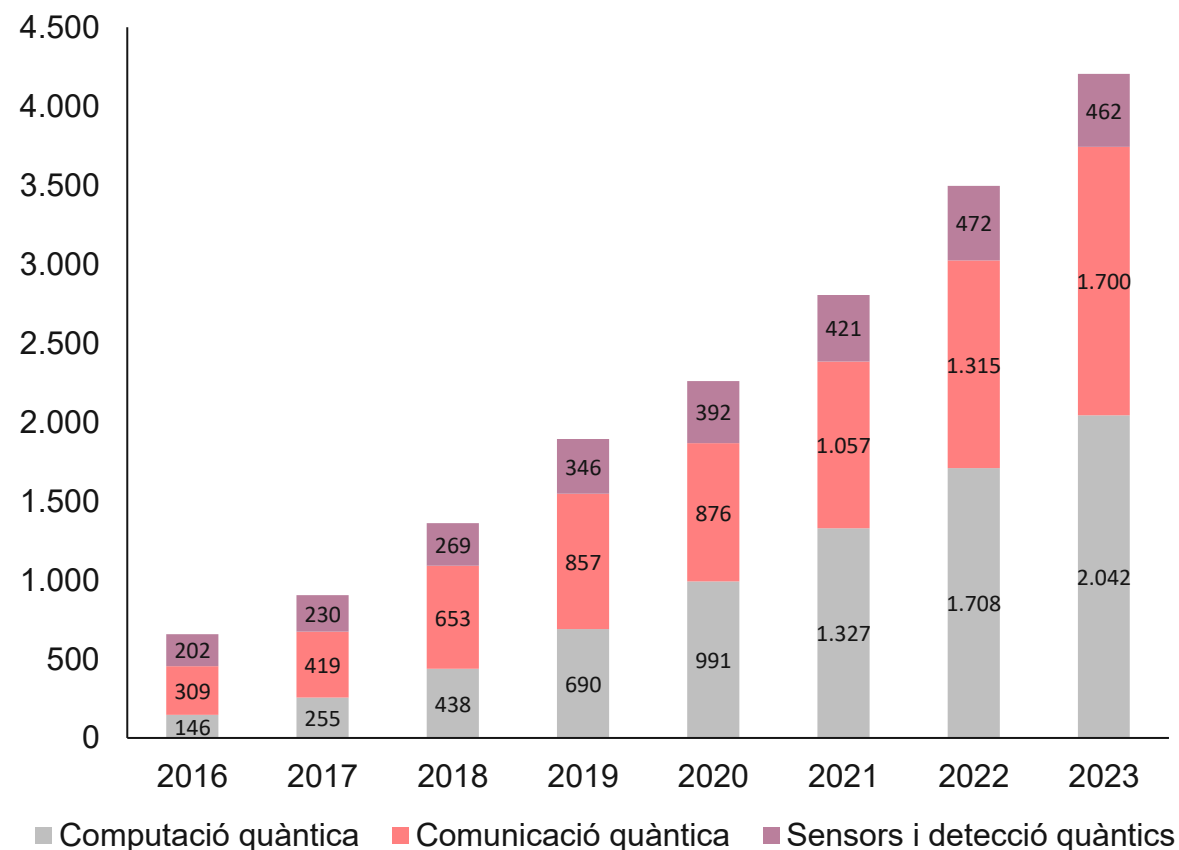
22

- La computació quàntica i la comunicació quàntica generen més interès que els sensors

Patents per segments (total 2016-2023)



Evolució el nombre de patents per segments



Les tecnologies quàntiques a Catalunya

4. Iniciatives al món, a Europa i a Espanya en TQ

Iniciatives internacionals i europees (I)

 Computació i simulació quàntiques

 Comunicació i encriptació quàntiques

 Sensors quàntics

24

Quantum Economy Network

WORLD
ECONOMIC
FORUM

Xarxa global del World Economic Forum per impulsar tecnologies quàntiques, fomentar la governança responsable i integrar-les a l'economia. Es prioritza la sostenibilitat i la seguretat.



Quantum Europe Strategy



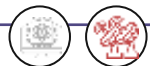
Estratègia de la UE per a posicionar Europa en referent mundial en les tecnologies quàntiques. Pretén desenvolupar infraestructures quàntiques, impulsar la recerca i establir un ecosistema resilient en TQ.



CERN Quantum Technology Initiative



Iniciativa per avançar en computació, detecció i comunicacions quàntiques aplicades a la física d'altres energies. Col·labora amb IBM Q-Network i altres iniciatives internacionals.



European Chips Act



La Llei Europea de Xips vol establir un ecosistema europeu d'indústria i recerca en semiconductors. Amb una dotació prevista de 15.800 M€, també preveu el desenvolupament de xips quàntics.



European Declaration on Quantum Technologies



Acord entre els Estats membres de la UE per a impulsar les tecnologies quàntiques conjuntament, amb l'objectiu de convertir Europa en una "vall quàntica" d'àmbit global.



Quantum Internet Alliance



Projecte europeu per construir una Internet quàntica global. Desenvolupa tecnologia full-stack amb nodes avançats i repetidors. El seu objectiu és fer realitat l'Internet quàntic per al 2030.



Iniciatives internacionals i europees (II)



Computació i simulació
 quàntiques



Comunicació i
 encriptació quàntiques



Sensors
 quàntics

25

EuroQCI, European Quantum Communications Infrastructures



Xarxa europea de comunicacions quàntiques segures. Busca reforçar la ciberseguretat, protegint dades sensibles i infraestructures crítiques. Aquest projecte compta amb la col·laboració de dos partners catalans.



Quantum Secure Networks Partnership (QSNP)



El Quantum Secure Networks Partnership (QSNP), té per objectiu crear un ecosistema europeu sostenible en criptografia i comunicació quàntiques, per contribuir en la sobirania europea en ciberseguretat.



European Quantum Industry Consortium (QuIC)



Associació industrial per coordinar el desenvolupament de tecnologies quàntiques a Europa. Es centra en fomentar la competitivitat industrial, la normalització i la col·laboració amb institucions europees.



QuantERA



Xarxa europea de finançament per recerca en tecnologies quàntiques. Promou convocatòries transnacionals per desenvolupar sistemes avançats de computació, detecció i comunicacions quàntiques.



Quantum Flagship



Projecte europeu dotat amb 1.000 M€ per liderar en computació, comunicacions i detecció quàntiques. Busca reduir la dependència externa i potenciar l'ecosistema tecnològic europeu.



European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU)



L'EuroHPC JU té per objectiu el desenvolupament duna xarxa europea de supercomputadors i ordinadors quàntics al servei de les empreses i la recerca científica.





Projecte CUCO



Projecte d'àmbit nacional espanyol finançat amb fons Next Generation EU i fons del Ministeri de Ciència i Innovació, amb participació públic-privada. Està centrat principalment en el desenvolupament de la computació quàntica a l'Estat espanyol.



Quantum Spain



Iniciativa impulsada pel Ministeri d'Economia i Transformació Digital i coordinada pel Barcelona Supercomputing Center. Compta amb una dotació inicial de 22 M€ per a l'establiment del primer ecosistema de computació quàntica a l'Estat i al sud d'Europa interconnectant diverses infraestructures de supercomputació per posar-les al servei de la ciència i la intel·ligència artificial (IA).



Estratègia espanyola en tecnologies quàntiques



L'Estratègia espanyola de tecnologies quàntiques pretén enfortir l'ecosistema quàntic espanyol d'investigació i recerca i potenciar el mercat de les TQ a Espanya. Es preveu una inversió pública de 808 M€ i una mobilització total de fons publico-privats de 1.500 M€. Es fomentarà el finançament d'infraestructura i l'ús de les TQ en aplicacions industrials.





PERTE Aeroespacial



Projecte Estratègic per a la Recuperació Transformació Econòmica amb una dotació prevista de 4.533 M€ fins al 2025 i que està enfocat al creixement del sector aeroespacial.
Compta amb 125 M€ pel desenvolupament d'infraestructura, programari, i maquinari quàntics principalment les comunicacions amb QKDs.



PERTE Chip



Projecte Estratègic per a la Recuperació Transformació Econòmica amb una dotació prevista de més de 12.000 M€ pel desenvolupament de la indústria dels semiconductors i la microelectrònica. Es preveu la mobilització de 40 M€ pel desenvolupament de xips quàntics.



Hubs quàntics a Espanya

28



Fonts: BasQ, Galicia Quantum Technologies Hub i Generalitat de Catalunya

Fem avui l'**empresa** del demà

5. Oportunitats, reptes i tendències de la Quàntica

Oportunitats



Solució i simulació de problemes complexos



Sensors i metrologia



Desenvolupament de cadena de valor i indústria auxiliar



Criptografia i major seguretat



Plans públics d'inversió i desenvolupament de les TQ



Aprenentatge automàtic quàntic

Reptes



Desenvolupament de la tecnologia



Regulació i seguretat



Inversions i costos elevats



Equilibri d'expectatives



Correcció d'errors

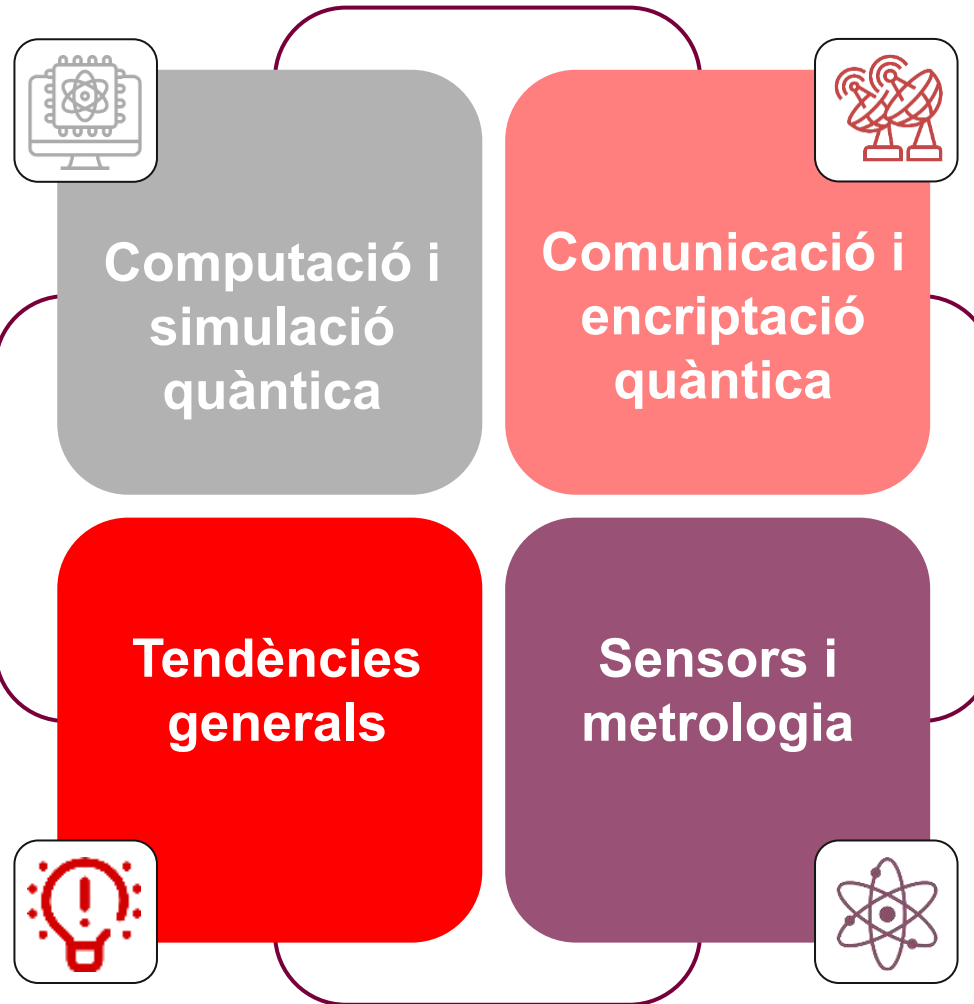


Talent

Tendències en el camp de les TQ

- Escalabilitat
- Algorismes quàntics més eficients
- Nous qbits
- Correcció d'errors quàntics
- Integració amb la computació clàssica
- Quantum as a Service (QaaS)

- Estàndards, protocols i certificació
- Inversió pública i privada
- Impacte econòmic, ètic i social
- Sistemes de control i gestió
- Materials quàntics
- Simbiosi IA+TQ



- Desplegament QKD
- Xarxes quàntiques
- Repetidors quàntics
- Comunicació quàntica espacial
- Generació de nombres aleatoris quàntics (QRNG)
- Integració amb les infraestructures de comunicació clàssiques

- Més gran sensibilitat
- Miniaturització
- Noves àrees d'aplicació
- Integració amb altres tecnologies
- Noves plataformes quàntiques
- Soroll i estabilitat

Font: elaboració pròpia a partir de Quantum flagship, IonQ, MIT, ICFO, Boston consulting group, CENELEC, entrevistes amb experts

Les tecnologies quàntiques a Catalunya

6. Àmbits d'aplicació i ODS



Computació quàntica i simulació



Comunicacions quàntiques



Sensors quàntics

Farma i Salut

- Desenvolupament de nous fàrmacs i vacunes
- Tractaments genètics
- Medicina personalitzada i diagnòstic accelerat (Detecció primerenca de malalties)
- Recerca
- Securitització dades pacients
- Digital health
- Biomarcadors
- Proves millorades (p.ex., ressonàncies magnètiques)
- Simulació de fàrmacs
- Termòmetres i baròmetres



Indústria 4.0

- Optimització cadenes de valor
- Disseny de materials
- Manufactura i disseny de xips
- Bessons digitals pel processament de gran volum de dades
- Securitització de secrets i dades industrials
- Securitització de la producció en front a ciberatacs
- Sensors per a dissenyar i testear nous materials i molècules
- Sensors per a mesurar i mitigar les emissions en els processos productius



Mobilitat i logística

- Optimització de rutes
- Optimització de trànsit
- Conducció autònoma
- Reducció de latència i temps de resposta gràcies a la computació quàntica
- Cadenes de subministrament i logística de retorn més eficients
- Securitització de xarxes urbanes de gestió del trànsit i el transport públic
- Sensors per testear el rendiment d'automòbils
- Sensors per monitoritzar i preveure el manteniment de vehicles



Finances i assegurances

- Anàlisi de risc
- Detecció de frau
- Optimització de cartera d'inversions
- Modelització financera
- Securitització transaccions bancàries i financeres
- Encriptació de missatges i dades bancàries
- Sensors per a l'anàlisi del terreny després de catàstrofes, i per a la quantificació de danys i riscos per a les asseguradores



Àmbits d'aplicació de les TQ (II)

34

Telecomunicacions i ciberseguretat

Enginyeria civil i aeroespacial

Serveis

Recursos i infraestructures crítiques



Computació quàntica i simulació



Comunicacions quàntiques



Sensors quàntics

- Processadors quàntics en Data Centers
- Processament de dades en temps real gràcies als algoritmes quàntics

- Sistemes encriptats de comunicació QKD
- Generadors quàntics de codis encriptats
- Optimització de temps i latència gràcies la convergència de les TQ i la 5G i la 6G (llarg termini)

- Rellotges atòmics per a GPS
- LiDAR quàntics
- Radars quàntics



- Càlculs complexos en àrees de dinàmica de fluids, simulacions per elements finits, aerodinàmica, mecànica de vol

- Sistemes d'encriptació i comunicacions segures per a les plataformes de vol i aerolínies

- Sensors per a enginyeria aeroespacial i naval

- Metrologia pel disseny i testatge de models d'aeronaus

- Millora dels sistemes de navegació i posicionament

- Sensors per a detecció submarina



- Experiència client millorada gràcies al processament avançat de dades

- Predicció de "trànsit" en botigues i prevenció de robatoris gràcies al processament de les dades de moviment dels clients
- Optimització de la logística final i entregues

- Serveis de missatgeria i encriptació quàntica

- Sensors quàntics integrats en dispositius comercials



- Predicció meteorològica
- Optimització de xarxes i detecció de fuites
- Desenvolupament millorat de nous combustibles i sistemes d'emmagatzematge d'energia més eficients
- Optimització del rendiment de panells solars

- Securitització de les xarxes d'energia en front a ciberatacs

- Sensors pel disseny de nous circuits electrònics
- Simuladors quàntics pel disseny avançat de bateries



Les **TQ** poden ajudar en la **consecució** dels **Objectius de Desenvolupament Sostenible**, per la seva **transversalitat** en diversos sectors. Es preveu que l'impacte de la quàntica sigui substancial i transformador, i els casos d'ús abunden en moltes indústries, que van des de l'optimització a l'aprenentatge automàtic, simulació, detecció de precisió i seguretat.

Els **Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS)** són el pla mestre de **Nacions Unides** per a aconseguir un futur **sostenible per a tothom en vistes al 2030**. Les tecnologies quàntiques poden contribuir en la consecució de la majoria dels àmbits primordials per a l'assoliment que persegueixen els objectius de desenvolupament sostenible. La contribució en els ODS es pot donar en els següents camps:



Les tecnologies quàntiques a Catalunya

7. La Quàntica a Catalunya

Mapatge de l'ecosistema de les Tecnologies quàntiques a Catalunya

37



52 empreses

+30
empreses*



91,4 milions
d'euros



470 llocs
de treball



El 53,8% són pimes.



El 32,7% tenen menys de
10 anys.

El 17,3% són startups.



El 13,5% facturen més d'1 M
d'€ i el 2% més de 10 M d'€.

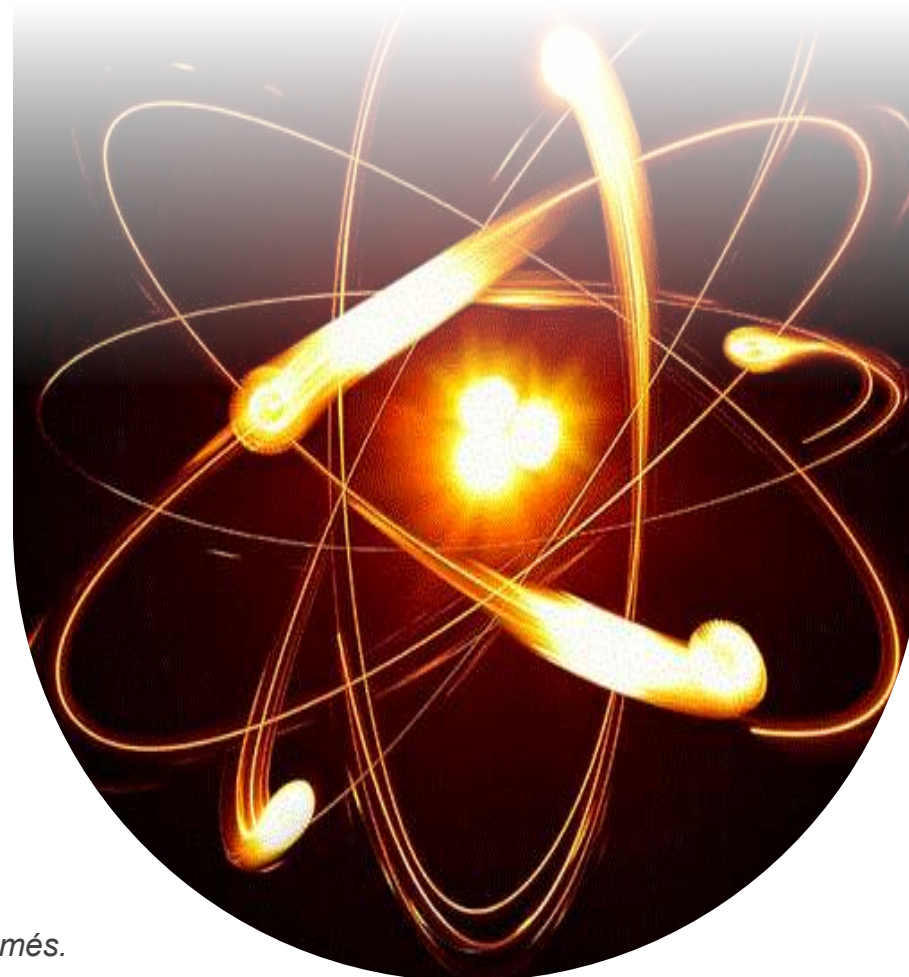


El 21,2% són exportadores.

Per tecnologia desenvolupada, destaquen les empreses que es dediquen a **comunicació/encriptació (51,9%)**, **computació quàntica (44,2%)** i **aplicacions i tecnologies facilitadores (42,3%)**, i per sector d'aplicació, destaca la **indústria 4.0 (80,8%)** i les aplicacions en **enginyeria civil i aeroespacial (61,5%)****.

* Respecte les dades del mapatge realitzat el 2019, el total d'empreses creix en 30 empreses més.

**Les empreses poden estar classificades en més d'una tecnologia i sector d'aplicació.



Font: ACCIÓ (dades d'empreses, facturació i nombre de treballadors de 2024-2025)

Empreses destacades de les TQ a Catalunya (I)

38

Segons àmbit d'especialització tecnològica



Computació



Simulació



Comunicació/Encriptació



Aplicacions i tecnologies facilitadores



Sensors /Metrologia



Algoritmes /IAQ



Fem avui l'empresa del demà

Empreses destacades de les TQ a Catalunya (II)

39

Segons el sector d'aplicació

Nota: sectors d'aplicació segons els que apareixen a les pàgines web de les empreses.



Salut i farma



Indústria 4.0



Mobilitat i logística



Finances i assegurances



Telecomunicacions i ciberseguretat



Recursos i infraestructures



Serveis



Enginyeria civil i aeroespacial



Consultoria



Agents de l'ecosistema de les TQ a Catalunya

40



Centres
tecnològics
i instituts de
recerca



Universitats
i centres
formatius



Xarxes i
equipaments



Associacions,
clústers i
ventures



Fires i
congressos



Institucions i
administració
pública



Localització de les empreses desenvolupadores de TQ a Catalunya

41

- La major part de les empreses de tecnologies quàntiques a Catalunya es concentren a l'**àrea del Barcelonès**. Per comarques es distribueixen entre el **Barcelonès**, el **Baix Llobregat**, el **Vallès Occidental** i el **Vallès Oriental**.
- Per municipis el repartiment seria el següent: **Barcelona** (amb **34** empreses sobre el total), Castelldefels (**6**), l'Hospitalet de Llobregat (**2**), Badalona (**1**), Sant Adrià del Besòs (**1**), Terrassa (**1**), Cornellà de Llobregat (**1**), Cerdanyola del Vallès (**1**) i Parets del Vallès (**1**).

Comarca	Núm. d'empreses	% sobre el total
Barcelonès	38	73%
Baix Llobregat	8	15%
Vallès Occidental	4	8%
Vallès Oriental	2	4%
Total	52	100%



Talent quàntic a Catalunya

Accés al web de la institució

42

Catalunya disposa d'una oferta formativa especialitzada que respon als reptes de les tecnologies quàntiques i prepara professionals altament qualificats en aquest camp emergent. Algunes de les empreses punteres del país son fruit de la recerca en els centres d'excel·lència que ofereixen talent al país.

Graus

Catalunya compta amb una oferta de graus en àrees de coneixement STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), orientats a les tecnologies quàntiques i impartits per les següents universitats:



Màsters i postgraus

- Màster en **Ciència i Tecnologia Quàntiques** / Master in Quantum Science and Technology



- esforç coordinat de:



- Postgrau en **Enginyeria Quàntica**



Cursos i formacions

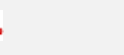
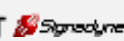
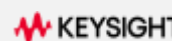
- Curs bàsic de computació quàntica



- Plataforma de formació en **Ciència i Tecnologia Quàntiques**



Spin-offs catalanes en tecnologies quàntiques i centre del qual provenen



Font: Generalitat de Catalunya

Fem avui l'**empresa** del demà

Catalunya, capdavantera en projectes de recerca en Quàntica de l'Horizon Europe a l'Estat espanyol

43

Projectes en Quàntica a Catalunya (2022-1r. Trim. 2026)

53 projectes

40,9 milions d'euros

2,7% del total de la UE
44,6% del total a l'Estat espanyol

Catalunya va captar el **44,6%** de **finançament** Horizon Europe per projectes amb algun **component quàntic a l'Estat espanyol** pel període 2022-1r. Trim. 2026 i el **2,7% del total a la UE**.

Startups i empreses catalanes receptores:

 ILIMANJARO
QUANTUM-TECH

 Quside

 luxquanta

 SATELIOT
Space - Connecting - Data

 QURECA
QUANTUM RESOURCES & CONCEPTS

 qurv

Horizon Europe



11 institucions

 ICFO

 UPC

 UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

 IFAE
Institut de Física d'Altes Energies

 Universitat de Girona

 CRG
Centre for Genomic Regulation

 BSC

 i2cat

 ICIQ
Institut Català d'Investigació Química

 UNIVERSITAT DE BARCELONA

 ICN2
Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia

Oxford Quantum Circuits aterra a Barcelona

44

L'empresa britànica **Oxford Quantum Circuits (OQC)** ha escollit **Barcelona per instal·lar-hi el seu nou centre de computació quàntica**, que es convertirà en la instal·lació d'aquest tipus més gran del sud d'Europa i preveu crear més de 200 llocs de treball altament qualificats.

- Aquest centre de recerca, desenvolupament i fabricació de tecnologies quàntiques de pròxima generació s'integrarà en l'ecosistema de la ciutat, col·laborant amb universitats i centres de recerca locals. La decisió d'OQC consolida la capital catalana com un pol europeu de referència en deep tech i computació d'alt rendiment, sumant-se a infraestructures de capital públic existents com el Barcelona Supercomputing Center (BSC-CNS).
- La nova planta estarà dedicada a l'R+D i la fabricació d'ordinadors quàntics per donar resposta a la creixent demanda d'aquesta tecnologia en sectors com la IA, les finances, la salut i l'energia.
- La companyia, sorgida com a spin-off de la Universitat d'Oxford, invertirà 92 milions d'euros en aquest projecte, reforçant el posicionament de Barcelona i Catalunya com a actors estratègics dins de l'ecosistema quàntic i d'innovació europeu



Fonts: Generalitat de Catalunya i Ajuntament de Barcelona

Nou ordinador quàntic de Qilimanjaro al BSC

El BSC inaugura el seu tercer ordinador quàntic, l'**EuroQCS-Spain**, a la renovada capella de Torre Girona.

- El nou ordinador, cofinançat per la Comissió Europea i el Govern d'Espanya amb una inversió de 9,8 milions d'euros, afegeix noves capacitats a la supercomputació i la computació quàntica europea en presentar una tecnologia de codificació analògica, complementària al sistema quàntic instal·lat prèviament al BSC.
- Amb el desenvolupament del xip i del programari fet íntegrament a Espanya per Qilimanjaro Quantum Tech, aquest tercer ordinador quàntic manté l'aposta del BSC, el Govern d'Espanya i EuroHPC per assolir la sobirania tecnològica amb la instal·lació de tecnologia 100% europea.
- Amb aquesta incorporació, **MareNostrum 5 es converteix en un dels primers superordinadors de tot el món a combinar computació clàssica** (amb les particions de propòsit general i l'accelerada) **i computació quàntica digital i analògica (amb 3 ordinadors quàntics:** els dos ordinadors quàntics instal·lats pel projecte Quantum Spain i la Secretaria d'Estat de Digitalització i Intel·ligència Artificial (SEDIA) i aquest últim, respectivament).



Font: BSC

Quantica – Vall Mediterrània de la Ciència i les Tecnologies Quàntiques

46

El Govern de la Generalitat de Catalunya ha impulsat "**Quantica – Vall Mediterrània de la Ciència i les Tecnologies Quàntiques**", una iniciativa que proposa la creació d'un ecosistema de recerca, desenvolupament i innovació (R+D+I), de formació, d'atracció i retenció de talent, d'aprofitament industrial i de creació de noves empreses en aquest àmbit del coneixement, amb l'objectiu de convertir Catalunya en un pol tecnològic mundial en tecnologies quàntiques.

Coordinació: **ICFO**

Línies d'actuació

- Infraestructures
- Talent
- Recerca
- Indústria
- Divulgació
- Aliances



Consell de les Tecnologies Quàntiques de Catalunya, integrat per personalitats del món acadèmic, empresarial i institucional, amb les funcions d'assessorar el Govern sobre polítiques orientades a impulsar les tecnologies quàntiques, proposar actuacions i mesures de coordinació i crear els espais de debat necessaris amb el sector d'aquestes tecnologies a Catalunya i amb la societat civil.



Font: Generalitat de Catalunya

Quantumcat, el Hub de tecnologies quàntiques de Catalunya

El Hub té com a objectiu impulsar i transferir els descobriments realitzats a nivell de laboratori cap al mercat, mitjançant implementacions i aplicacions industrialment viables. Aquesta iniciativa aborda tres problemes principals:

- Promoure tecnologies d'alt potencial: incentiva el desplegament industrial de tecnologies amb gran potencial mitjançant col·laboracions de recerca específiques.
- Facilitar la difusió a nivell comunitari: comparteix estratègies d'èxit per al desplegament i la innovació.
- Dur a terme accions de divulgació: organitza esdeveniments i tallers de networking per a audiències acadèmiques i industrials, fomentant la discussió d'experiències i col·laboracions, així com el compartiment de coneixements sobre casos d'èxit i ús.



Projectes



Computació
quàntica



Comunicació
quàntica



Detecció
quàntica

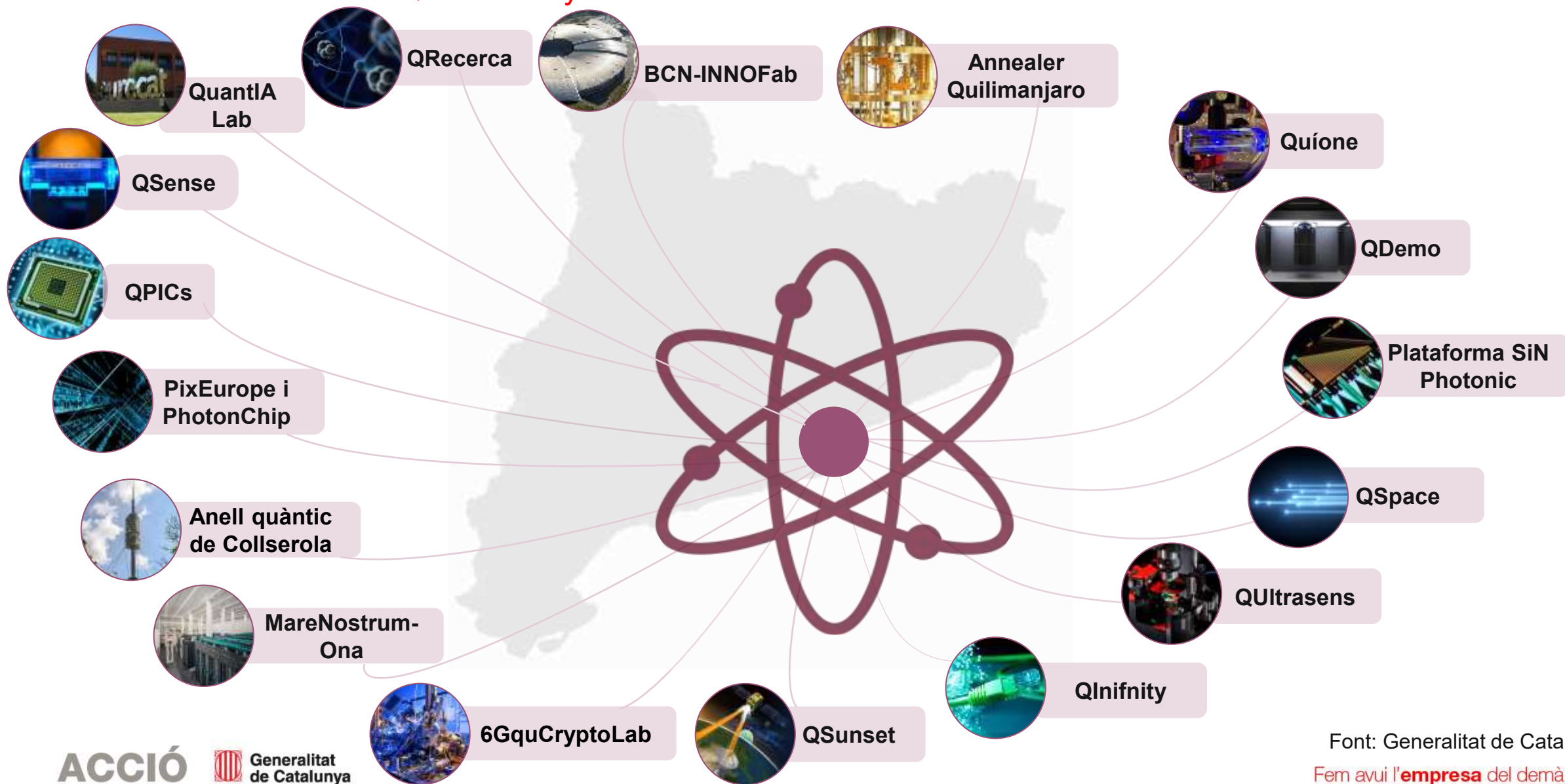


Simulació
quàntica

QUANTUMCAT inclou institucions líders en recerca a Catalunya i actors industrials rellevants en aquest àmbit. Catalunya ja és la llar de diversos grups d'investigació i empreses (startups) pioneres en tecnologies quàntiques. Un dels reptes més grans és traslladar els descobriments del laboratori de recerca al món industrial

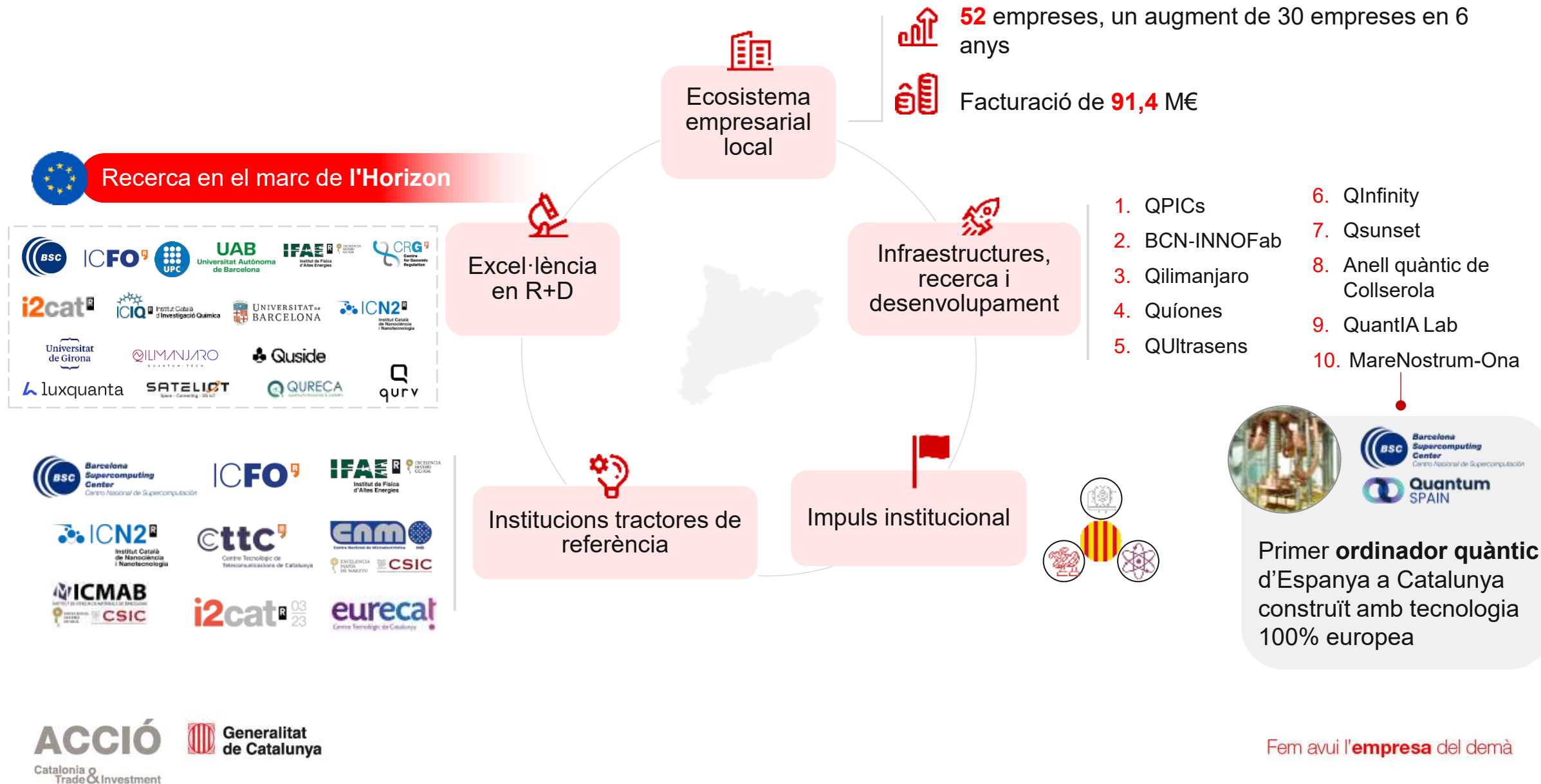
Infraestructures de les TQ a Catalunya

48



Catalunya, un ecosistema en efervescència quàntica

49



Fortaleses



Ecosistema emprenedor i empresarial potent



Sector de ciència bàsica universitari i de recerca en TQ capdavanter



Aposta de govern i de la societat per les TQ



Infraestructures facilitadores i crítiques al territori, com el BSC i ICFO

Oportunitats



Expansió global, mercat potencial



Especialització en àmbits concrets de la cadena de valor de les TQ



Recerca, innovació i lideratge en projectes i iniciatives



Creació i desenvolupament de solucions per a diferents sectors econòmics

Debilitats



Manca de talent, formació i especialització en aquesta àrea de coneixement



Alts costos de desenvolupament i falta de finançament públic en TQ



Encara lluny la viabilitat comercial d'algunes aplicacions



Falta d'indústria que aposti pel desenvolupament de les TQ

Amenaces



Tecnologia emergent. Incertesa en les aplicacions



Competència internacional. Molts països estan desenvolupant estratègies de TQ



Incertesa reglamentària



Risc de seguretat

Les tecnologies quàntiques a Catalunya

8. Casos d'èxit a Catalunya

Casos d'èxit a Catalunya

52



El **BARCELONA SUPERCOMPUTING CENTRE (BSC)** allotja un dels 6 supercomputadors quàntics europeus i el primer ordinador quàntic del projecte Quantum Spain.



L'**INSTITUT DE CIÈNCIES FOTÒNIQUES (ICFO)** està a l'avantguarda de la innovació i recerca en TQ a Catalunya.



QILIMANJARO spin-off del BSC, IFAE i la UB referent de la computació quàntica a Catalunya.



QUSIDE spin-off de l'ICFO a l'avantguarda de l'encriptació i aplicacions quàntiques per a ciberseguretat.



LUXQUANTA spin-off de l'ICFO que ofereix Solucions de ciberseguretat basades en criptografia quàntica.



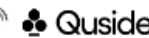
SENER desenvolupa comunicacions per satèl·lit quàntiques amb fons del PERTE Aeroespacial.



L'**IMB-CNM** participa en projectes de desenvolupament de xips quàntics i per fomentar la comercialització de les TQ



El **PROJECTE QUDICE** desenvolupa distribució de claus quàntica (QKD) en xarxa de satèl·lits.



ANELL QUÀNTIC DE COLLSEROLA serà el desplegament de la xarxa de ciberseguretat quàntica a Barcelona i la seva àrea metropolitana.



PHOTONCHIP desenvolupament i escalabilitat de xips fotònics a la indústria



QUÍONE màquina quàntica capaç de detectar àtoms individuals en un gas d'estrónci.



6GQUCRYPTOLAB escenari de proves de distribució de claus quàntiques (QKD)

Les tecnologies quàntiques a Catalunya

Agraïments

Entrevistes a empreses i institucions

54

Volem agrair sincerament a totes les empreses i institucions participants la seva generositat, tant pel temps dedicat com per compartir els seus valuosos coneixements



Fem avui l'**empresa** del demà

Gràcies

Passeig de Gràcia, 129
08008 Barcelona

accio.gencat.cat
catalonia.com



@accio_cat
@Catalonia_TI



linkedin.com/company/acciocat/
linkedin.com/company/invest-in-catalonia/

Més informació sobre el sector, notícies i oportunitats:

<https://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/banc-coneixement/cercador/BancConeixement/eic-les-tecnologies-quantiques-a-catalunya>

