



Introducción a la computación cuántica

Andrés Bravo Montes
HPC & Quantum Bull Iberia

05/03/2026



Contenido

01
Introducción

02
Estrategia Cuántica
Qaptiva

03
myQLM

04
Tecnologías Cuánticas



01 Introducción

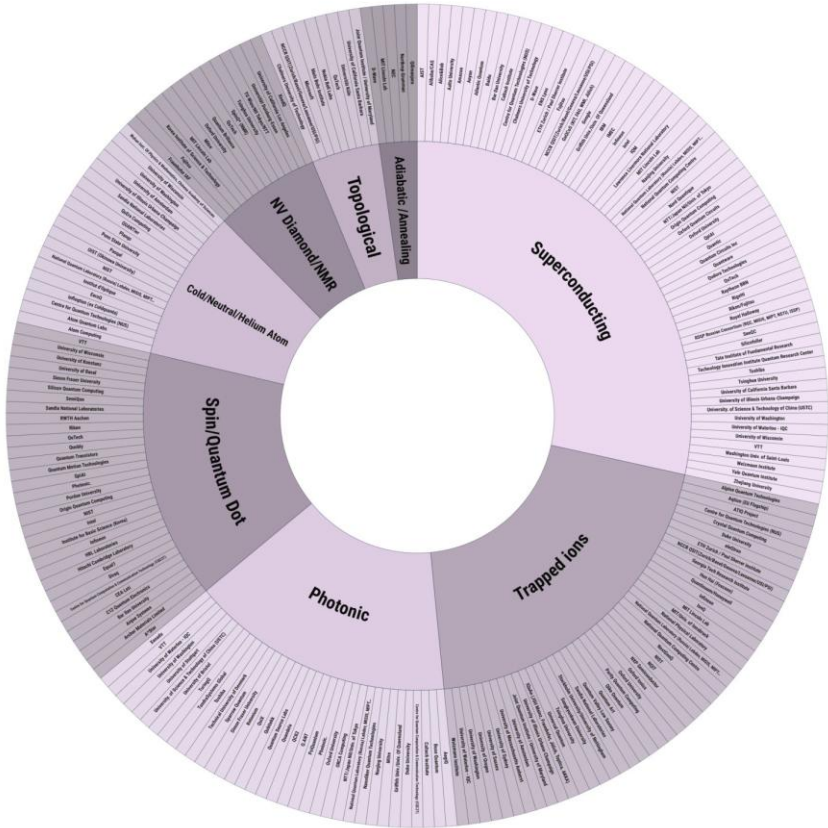










Quantum is not just an iterative technology that enables marginal improvements. It has the potential to be both transformative and disruptive.

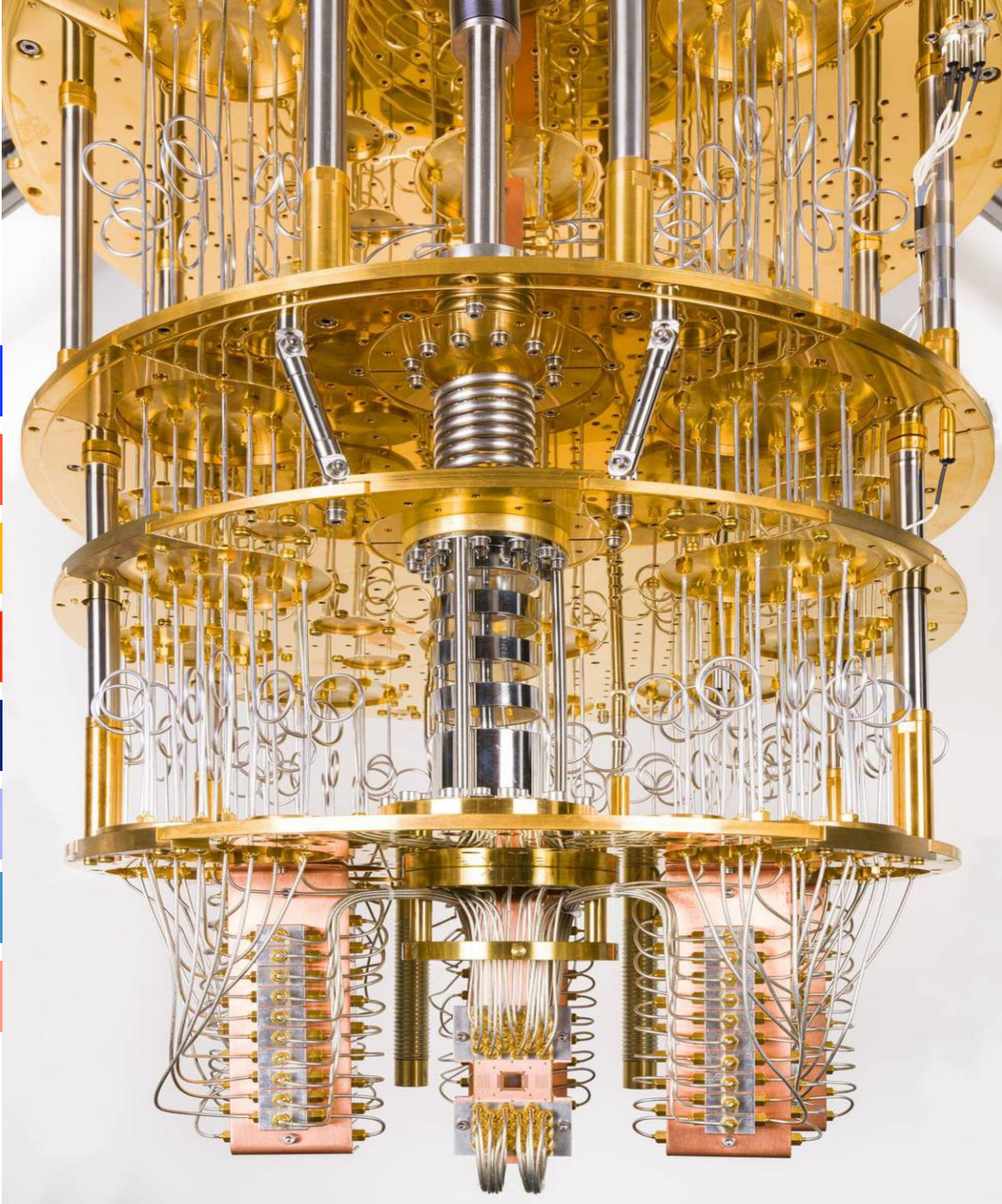
Ecosistema Cuántico

Ecosistema: Múltiples tecnologías y actores

QUBIT MODALITIES / ORGANISATIONS (All types)
by Michel Kurek - 2024



-  Superconducting
-  Trapped Ions
-  Quantum Dots
-  Silicon Spin
-  Photonics
-  NV Diamond
-  Topological
-  Neutral Atom



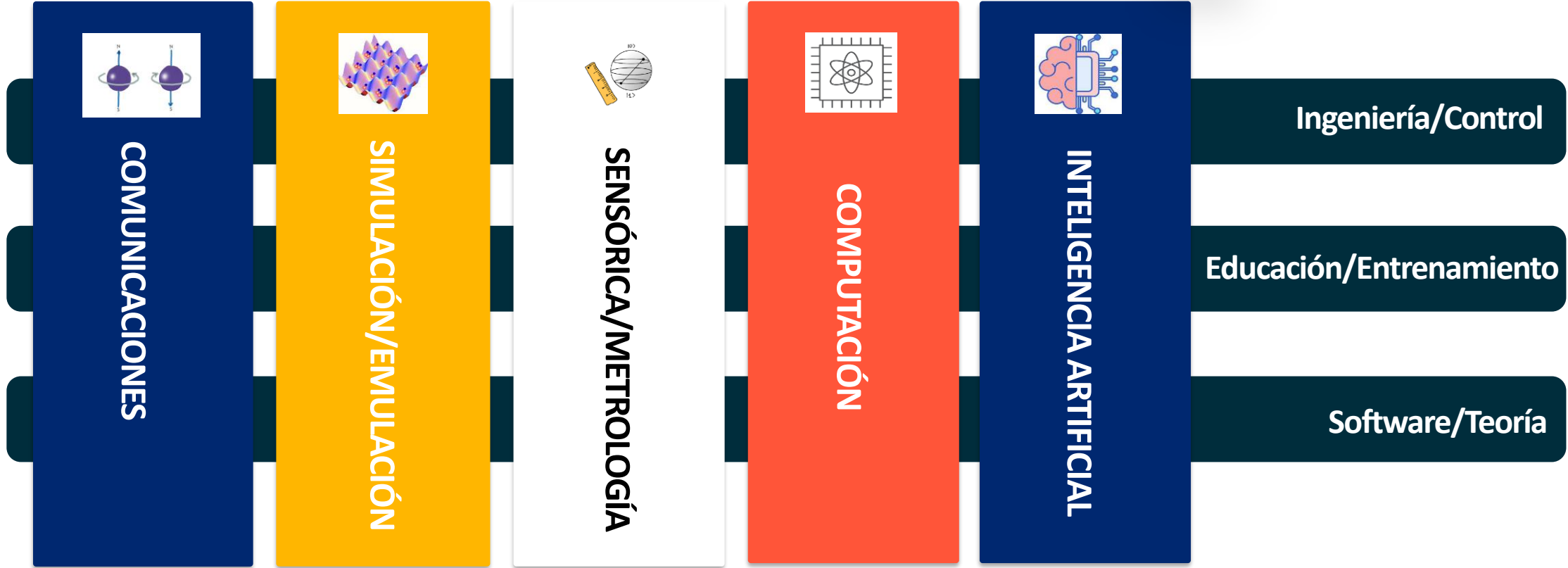
Ecosistema Cuántico

Ecosistemas Verticales

CIENCIA BÁSICA 

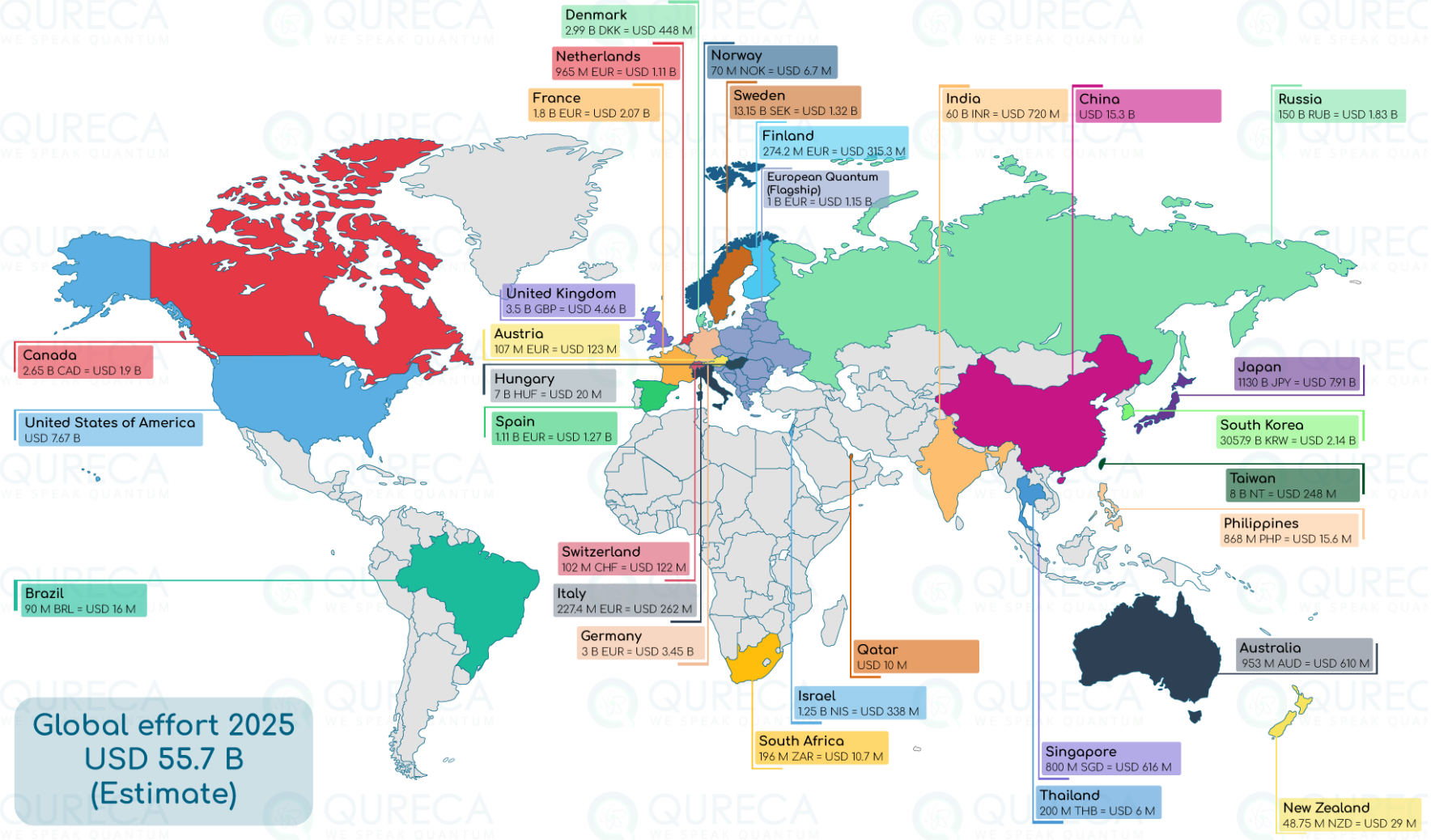


PILARES TÉCNICOS

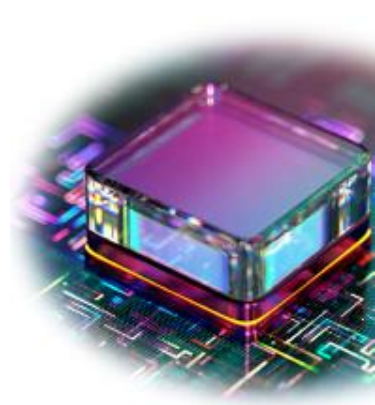


Ecosistema Cuántico

Una realidad



Estrategia Europea de Tecnologías Cuánticas 2025-2030



11 billones €
invertidos



R&I

1. RESEARCH AND INNOVATION



Discover
Support foundational research and technology.



From lab to fab
Invest in infrastructure, technologies, and workforce.



Apply and use
Develop applications for key public and industrial sectors.



Dual-use

2. QUANTUM INFRASTRUCTURE

Europe will expand public investments in:



Quantum computing and simulation – for problem-solving

- Invest in quantum simulators;
- Expand EuroHPC quantum computing capacity.



Quantum communications – for secure data transfers

- Deploy EU's first experimental terrestrial-space secure network;
- Launch a pilot facility for the European Quantum Internet.



Quantum sensing – for ultra-precise measurements

- Deploy a distributed system of gravimeters across Europe;
- Create a pilot infrastructure for quantum MRI to improve health checks across Europe.



Quantum ecosystem

3. QUANTUM ECOSYSTEM



Move to industrialisation



Scale up the European quantum ecosystem



Strengthen the supply chain security



Quantum infrastructure

4. SPACE AND DUAL USE



Invest in quantum clocks, sensors and secure links for Galileo and IRIS²



Launch initiatives for defence applications



Develop Quantum Sensing Space and Defence Technology Roadmap



Skills

5. QUANTUM SKILLS

Address skills shortage, attract and retain talent.



European Quantum Skills Academy

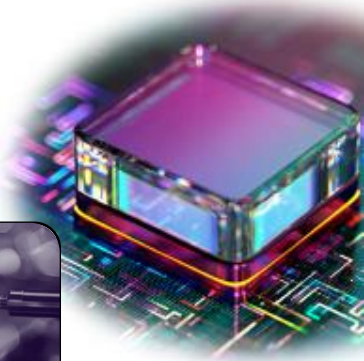


European Advanced Digital Skills Competitions in quantum



European Quantum Talent Mobility Programme

Estrategia Española de Tecnologías Cuánticas 2025-2030



Potenciar las empresas españolas en tecnologías cuánticas.



Algoritmia y convergencia tecnológica entre IA y Cuántica.



Hacer de España un referente en comunicaciones cuánticas.



Demostrar el impacto de la sensórica y metrología cuántica.



Presupuesto 808 M€



La privacidad y confidencialidad de la información en el mundo post-cuántico.



Reforzar las capacidades: infraestructura, investigación y talento.



Promover un ecosistema español cuántico sólido, coordinado y líder en la UE.

Ecosistema Cuántico

Retos y realidades

- 1**
 - Múltiples actores tecnológicos
 - Incompatibilidad tecnológica.
 - Poco nivel de TRL.
 - Alto coste de entrada.
- 2**
 - Falta de estándares y regulaciones.
 - Benchmarking.
 - CEN-CENELEC/ IEEE/IEC.
 - BAQC 
- 3**
 - Falta de expertos y talento.
 - STEAM.
 - The European Competence Framework for Quantum Technologies.



- 4**
 - Post Quantum vs. Quantum Ciberseg.
 - Criptografía PQC / QKD.
 - NIST estándares.
- 5**
 - Role of “Classical” computing - Hybrid Comp.
 - “Quantum Supremacy”.
- 6**
 - Correcto enfoque de casos de uso.
 - “Popularización” del uso.



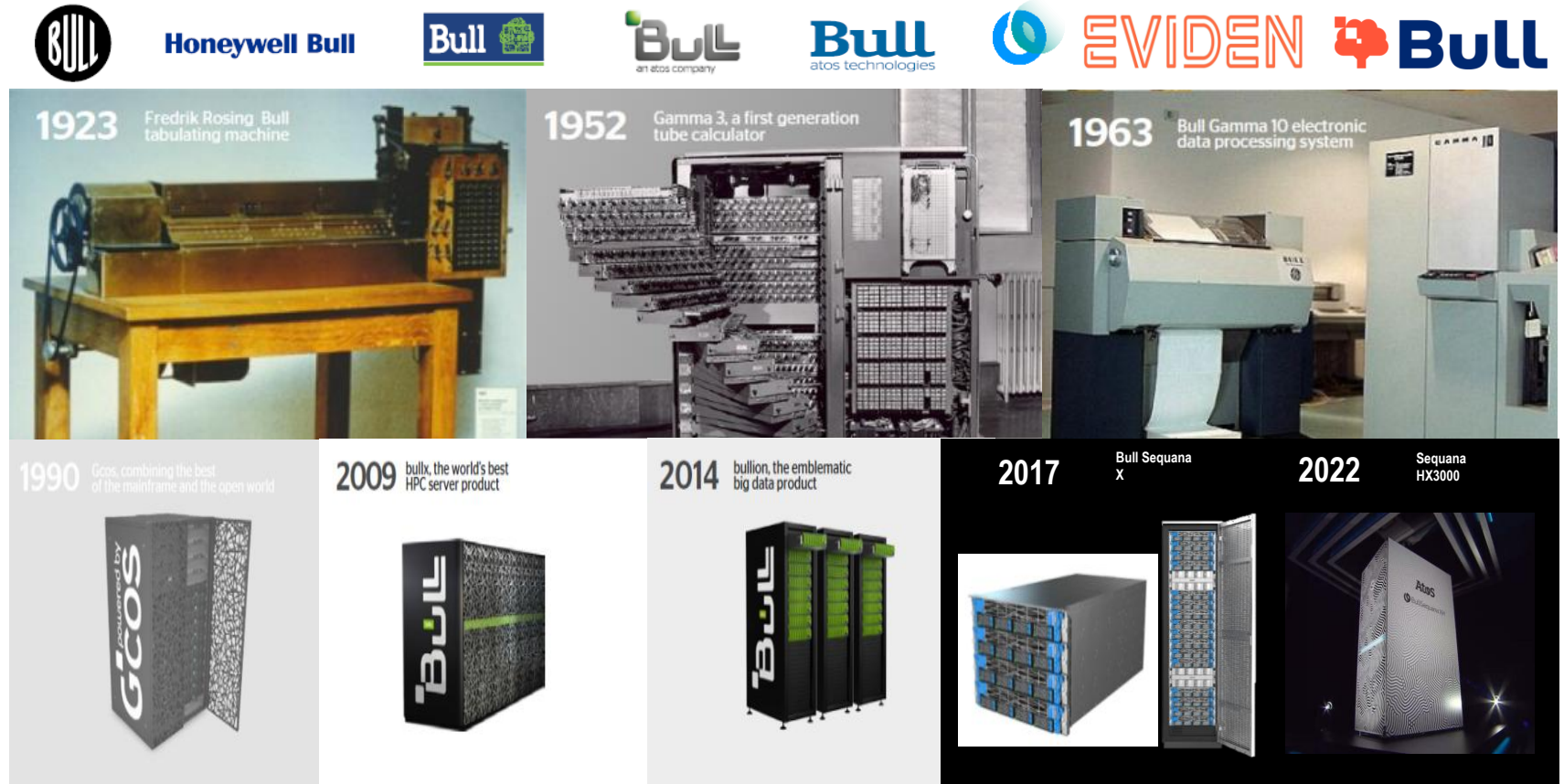


02 Estrategia Cuántica Qaptiva

Bull

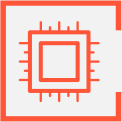





Empresa tecnológica líder a nivel mundial con sólidas capacidades soberanas europeas.

- 100+ años de innovación y fiabilidad
- Desde el comienzo hemos estado al frente de la innovación
- Fiabilidad y pericia en soluciones de computación y tecnológicas, diseñadas con nuestros clientes es nuestra herencia
- Estamos orgullosos de nuestro pasado y emocionados por nuestro futuro



Bull at a glance

Empresa tecnológica líder a nivel mundial con sólidas capacidades soberanas europeas.

	High-performance Computing, AI & Quantum		Enterprise AI		Enterprise computing and network
	End to end product-related services		R&D (EU, India, South America)		Factory of the future (France)

Empowered by the French State to shape Europe's tech sovereignty, following the Share Purchase Agreement for Atos' Advanced Computing activities in 2026.



2,500 engineers and experts	27 countries	14% of revenue invested in R&D	1,500+ patents	€800M est. FY25 revenue	#1 HPC player in Europe, India and South America (2023)	#1, #2 & #3 super-computers in the Green500 (2025)	#2 in Europe with 96+ quantum patents, pioneering since 2016	300+ Enterprise AI projects and 250+ certified Enterprise AI experts
-----------------------------	--------------	--------------------------------	----------------	-------------------------	---	--	--	--



Qaptiva

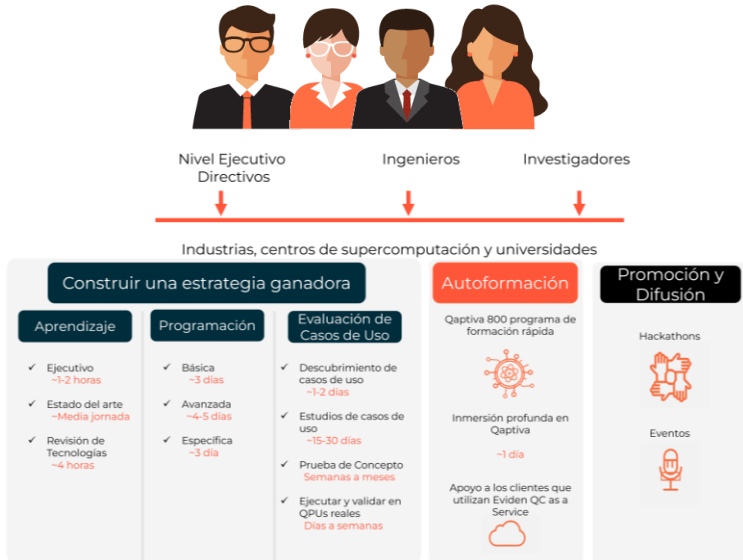
*From latin "Captivare"
"An irresistible attraction because of
their extraordinary qualities"*

Qaptiva Quantum Computing

Adopte la computación cuántica ahora con soluciones escalables para programación, emulación, simulación e hibridación en la **era NISQ**.

Consultoría & Formación

Eviden proporciona: formación, consultoría y herramientas que facilita el uso de la computación cuántica para la resolución de problemas.



Un conjunto completo de módulos distintos diseñados para satisfacer todas las necesidades de los clientes

Appliances, servidores y QPUs

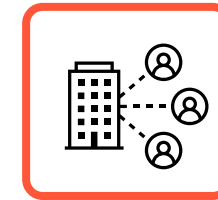
Emulaciones in situ o en la nube para optimizar el rendimiento, con capacidad de emulación **entre 40 y 100 qubits***.



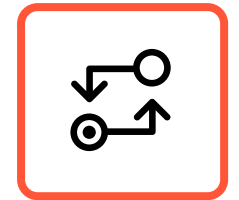
Appliances Qaptiva 800



Qaptiva Access server



Qaptiva Remote



myQLM Python Package

Ejecuciones en QPUs locales o en la nube.



Eviden AaaS, Fábrica de Angers



Acuerdos con fabricantes de QPUs

Hybrid HPC



Qaptiva HPC



Acuerdos con proveedores de Software

Mejora las emulaciones a gran escala integrando la emulación QC en su clúster HPC

* Según el algoritmo y el emulador utilizados.

Oferta Cuántica de Eviden

Estrategia: Consejo asesor

Eviden tiene sus actividades cuánticas vigiladas por los científicos más renombrados en este campo.

- ❖ Artur Ekert (Hughes Medal)
- ❖ Alain Aspect (Nobel Price)
- ❖ Serge Haroche (Nobel Prize)
- ❖ Daniel Esteve
- ❖ David Di Vincenzo





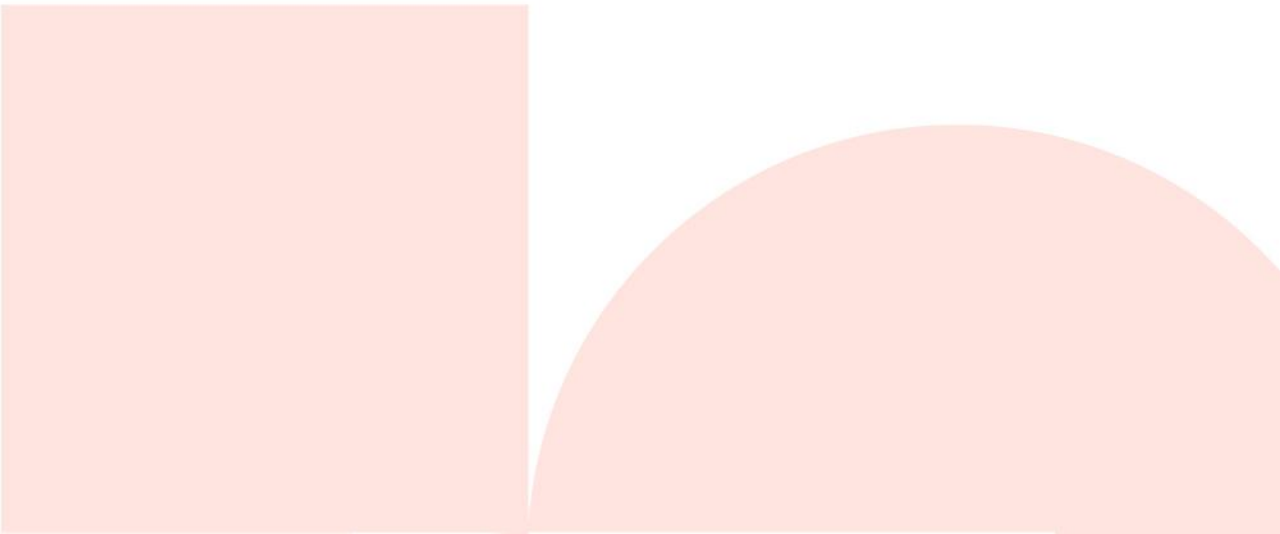
2025



 Referencias en España

+40 

Cientes del Appliance





03 myQLM



Disponible
@ <https://myqlm.github.io/>




Open Source

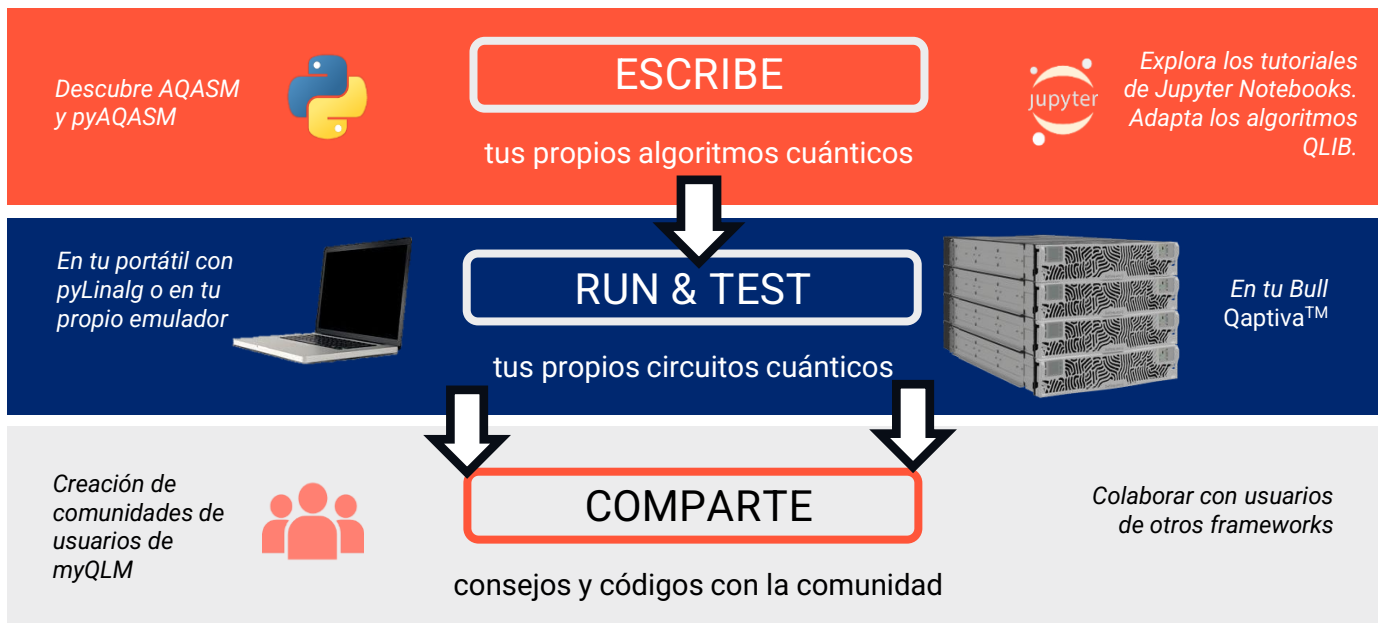
Última release noviembre 2025

Disponible en tu ordenador:

Repositorios:

Interoperabilidad:

-  Investigadores: Preparación del código y ejecución en un portátil.
-  Estudiantes: Programación de algoritmos cuánticos utilizando el mismo marco que los instructores.
-  Entusiastas tecnológicos: Exploración de la programación cuántica utilizando un entorno accesible y fácil de usar.



Open Source

PROGRAMACIÓN

AQASM

Lenguaje ensamblador para construir circuitos cuánticos

pyAQASM

Extensión de Python y C++ para AQASM

CIRC

Formato binario de circuitos cuánticos.

QLIB

Bibliotecas AQASM y PyAQASM

Interoperability



OpenQASM



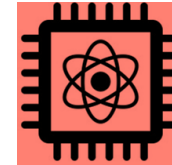
ProjectQ



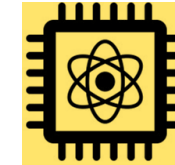
Open Source

EMULACIÓN

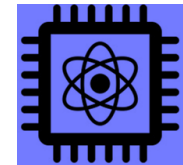
Sin Ruido



Digital



Analog



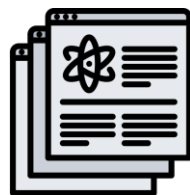
Annealing

- Lanzado en 2019 inicialmente reservado a los usuarios de **Atos Quantum Learning Machine** (Atos QLM).
- En septiembre de 2020, se dio **acceso gratuito y universal a myQLM** a investigadores, estudiantes y desarrolladores de todo el mundo.
- Actualmente cuenta con **21 releases** siendo la última **myQLM 1.12.4** de noviembre del 2025.
- Desde Eviden Iberia, **myQLM** se ha utilizado con gran éxito en **múltiples iniciativas**:

Proyectos



Artículos científicos



Workshops



Acuerdos universitarios



TFGs



TFMs



Proyectos

Acuerdos universitarios

Workshops

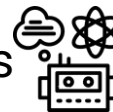


Artículos científicos



- ✓ A methodology to select and adjust quantum noise models through emulators: benchmarking against real backends
- ✓ Comparative Analysis of Quantum Emulation for High-Performance Computing Centers
- ✓ Design of a Hybrid Quantum Machine Learning Architecture and Analysis of Quantum Noise Effects

TFGs



- ✓ Plataforma de benchmarking para quantum machine learning
- ✓ Problema de las N reinas utilizando diferentes algoritmos de Optimización Combinatoria
- ✓ ...

TFMs



- ✓ Experimentación para extraer los "calibration data" de IBM
- ✓ Interoperabilidad de distintos frameworks
- ✓ Estudio comparativo de varios algoritmos variacionales
- ✓ ...



04 Tecnologías Cuánticas

¿Qué es un ordenador cuántico?



Ordenador Clásico



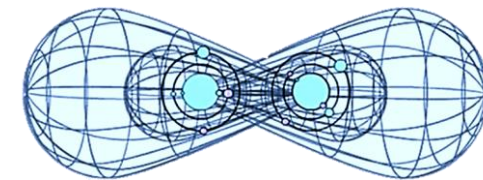
Física clásica

Sistema binario \rightarrow 0 y 1

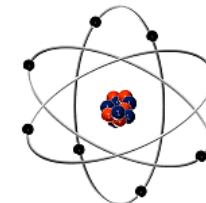
Ordenador Cuántico



Física cuántica



Átomos



Partículas

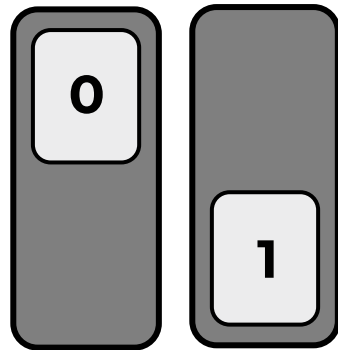


¿Qué es un ordenador cuántico?



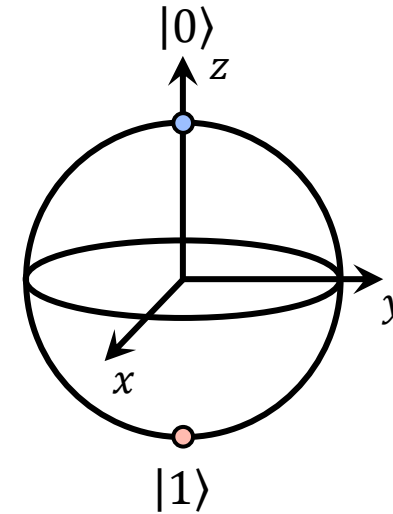
Ordenador Clásico

Bits



Un único estado

Ordenador Cuántico



Qubits

- ✓ Superposición
- ✓ Entrelazamiento
- ✓ Interferencia

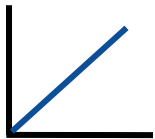
Muchos estados a la vez



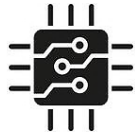
Características de la Computación Cuántica



Ordenador Clásico



Potencia incrementa linealmente



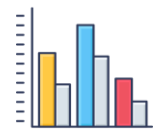
Algoritmos deterministas



Tasa de error muy baja $\sim 10^{-15}$

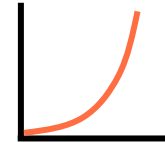


Temperatura ambiente

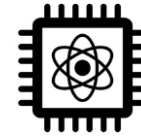


Resultados deterministas

Ordenador Cuántico



Potencia incrementa exponencialmente



Algoritmos cuánticos



Tasa de error alta $10^{-3} - 10^{-4}$



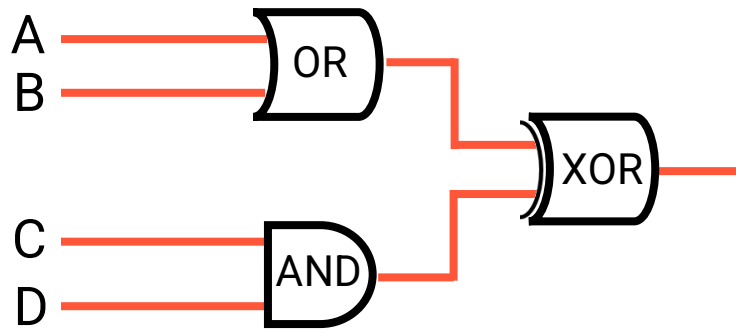
Temperatura criogénica ~ 0 K



Resultados probabilísticos

Características de la Computación Cuántica

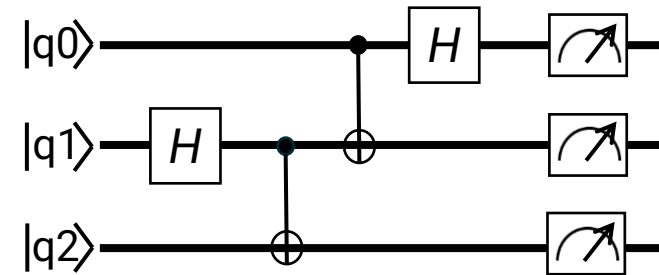
Circuito Clásico



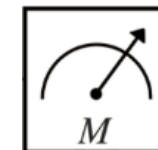
Salida

		AB			
		00	01	10	11
CD	00	0	1	1	1
	01	0	1	1	1
	10	0	1	1	1
	11	1	0	0	0

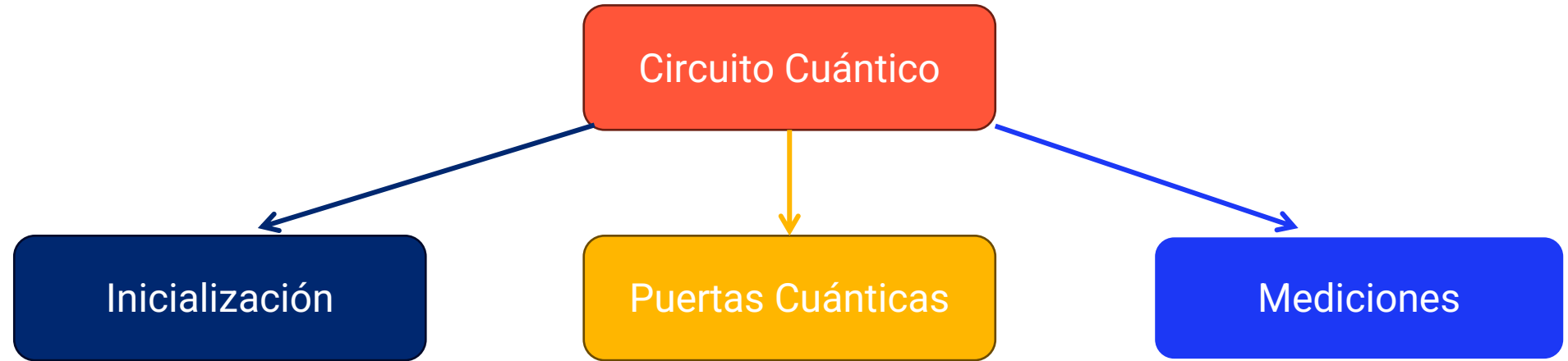
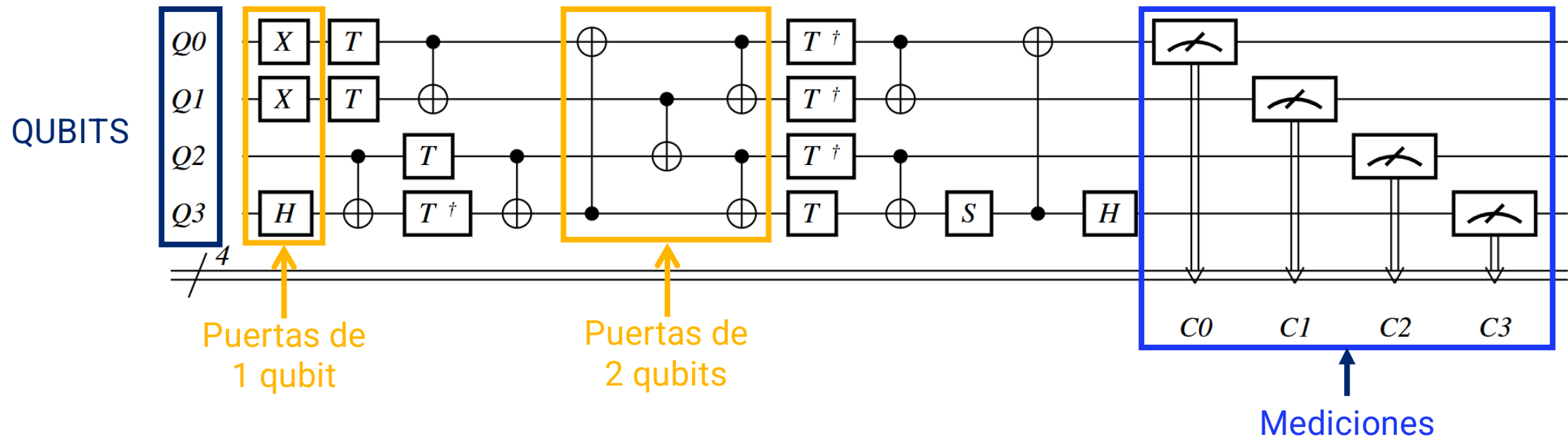
Circuito Cuántico



Salida

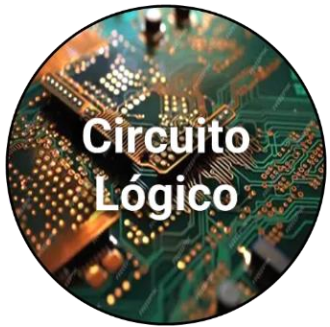
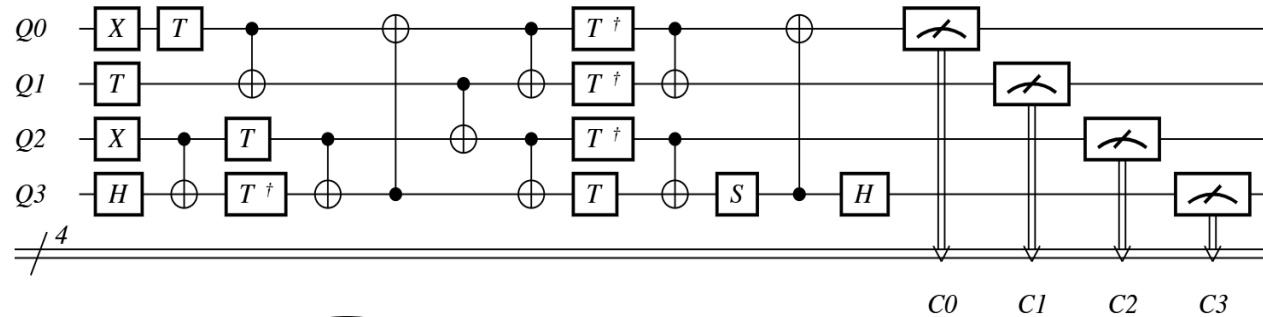


Descripción de un circuito cuántico



Transpilación

De circuito lógico al hardware cuántico



- Puertas cuánticas ideales
- Independiente del hardware objetivo
- Sin restricciones

- Descomposición en un conjunto de puertas nativas
- Simplificación y reducción de puertas redundantes
- Puertas físicamente realizables

- Asignación de qubits físicos a lógicos
- Adaptación a la conectividad del hardware
- Inserción de puertas SWAP

- Circuito compatible con hardware
- Más puertas y mayor profundidad respecto al original
- Más errores y mayor decoherencia

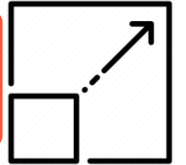


Disponibilidad

Los emuladores cuánticos están completamente disponibles y se ejecutan localmente.

Los emuladores cuánticos pueden emular sistemas grandes y complejos e entornos ideales (sin ruido). Por el contrario, los ordenadores cuánticos presentan mayores limitaciones en cuanto al número de qubits.

Escalabilidad



Coste

Los emuladores cuánticos, a diferencia de los ordenadores cuánticos, permiten la reproducibilidad de resultados utilizando una misma semilla.

Los emuladores cuánticos son más baratos que los ordenadores cuánticos y hay versiones gratuitas disponibles.

Reproducibilidad



Visualización de Resultados

En entornos de emulación es posible realizar medidas intermedias y finales.



iMuchas gracias!

Andrés Bravo Montes
HPC & Quantum Bull Iberia

05/03/2026