

UNA NUEVA  
MANERA DE HACER

# COMPUTADORAS CUÁNTICAS

GERARDO HERRERA CORRAL

Lo que tenemos ahora por computadoras cuánticas son artefactos primitivos de arquitectura inestable, incapaces de evitar las fluctuaciones que resultan letales y que funcionan con procesos plagados de ruido y errores. Es cierto, se construyen dispositivos cada vez más grandes, pero nadie garantiza su futuro. A pesar de los muchos años de investigación y desarrollo es difícil decir que, en un futuro, tendremos computadoras cuánticas.

Grandes consorcios como IBM y Google han marcado el ritmo del desarrollo con procesadores que multiplican el número de Qubits con cada nueva versión. En diciembre pasado IBM presentó el circuito integrado, Condor, que contiene 1121 Qubits. Este es el sistema más grande hasta ahora.

Los Qubits son la unidad básica de cómputo en las computadoras cuánticas y son el parangón de los bits clásicos. La palabra es compuesta y resultado de la contracción de dos vocablos: Quantum y bit; se refiere a un sistema cuántico con dos estados que puedan ser manipulados. Para describir el comportamiento de esos estados es necesario calcular con mecánica cuántica formal.

El Qubit es, pues, la unidad mínima para contener información de la misma manera como en la computación tradicional el bit puede guardar un 0 o un 1 como información.

Los Qubits son la unidad básica de cómputo en las computadoras cuánticas y son el parangón de los bits clásicos. La palabra es compuesta y resultado de la contracción de dos vocablos: Quantum y bit; se refiere a un sistema cuántico con dos estados que puedan ser manipulados. Para describir el comportamiento de esos estados es necesario calcular con mecánica cuántica formal.



Sin embargo, y a diferencia de las computadoras de hoy, en las que los bits toman solo dos valores (0 o 1), los bits cuánticos pueden tomar dos estados:

$0) \text{ o } 1)$ ,

además de las múltiples combinaciones de esos estados. Por el "principio de superposición cuántica" el sistema se puede encontrar en un estado que mezcla ambas posibilidades:

$a 0) + b 1)$

y en ese sentido las opciones son muchas porque  $a$  y  $b$  pueden adoptar diferentes valores. Es como si tuviéramos un gato vivo o quizá un gato muerto, tal vez un gato medio vivo y medio muerto, o podría ser que el gato este medio muerto o medio vivo en todas las combinaciones posibles de estados viables.

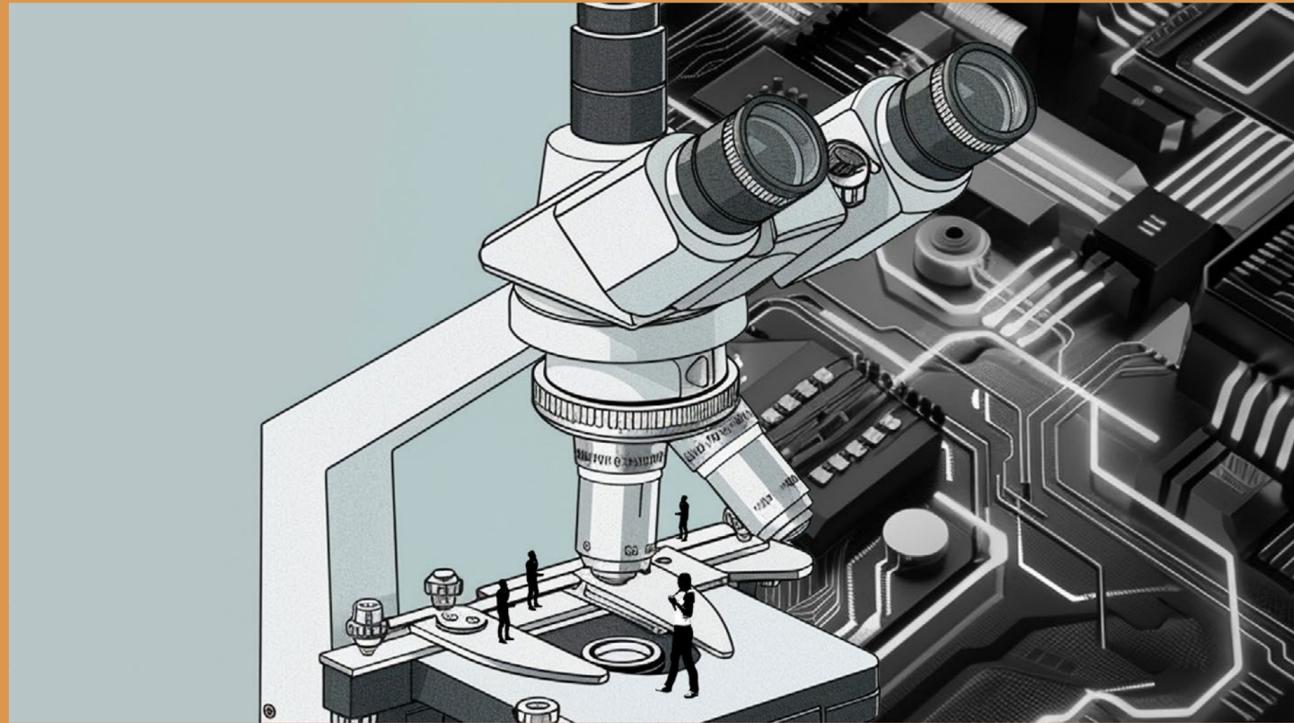
Al momento de poner en práctica las ideas de Qubits como estados cuánticos, existen muchas maneras de construir sistemas. Los sistemas pueden estar hechos de materiales superconductores en un circuito donde la corriente viaja sin resistencia en trayectorias cerradas que describen una dirección o la opuesta; pueden ser iones aislados en una celda enfriada a muy baja temperatura; pueden ser átomos manipulables, o cualquier cosa que tenga un comportamiento cuántico y estados definidos por las ecuaciones del mundo microscópico.

Por ahora, y mientras los grandes consorcios se ocupan de construir sofisticados dispositivos enfriados a pocos grados por encima del cero absoluto para evitar las constantes variaciones y el vaivén de los sistemas, una nueva manera de hacerlo aparece en el horizonte.

Mientras las grandes compañías intentan controlar los estados cuánticos con tecnologías complicadas que no pueden moderar la sensibilidad extrema de los Qubits a la influencia exterior, nuevos grupos de investigadores proponen operar estados cuánticos a temperatura ambiente.

Mientras las grandes compañías intentan controlar los estados cuánticos con tecnologías complicadas que no pueden moderar la sensibilidad extrema de los Qubits a la influencia exterior, nuevos grupos de investigadores proponen operar estados cuánticos a temperatura ambiente.





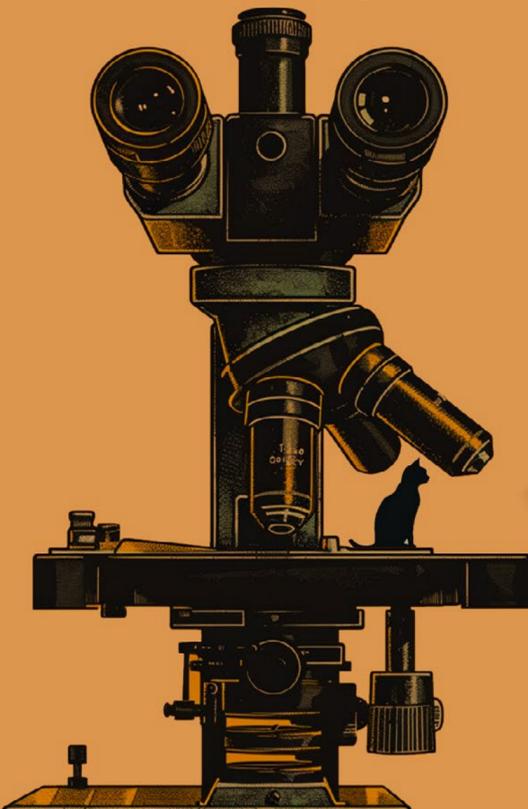
Átomos de rubidio, cuyos electrones más externos puede ser manipulados con luz láser para que ocupen estados de energía muy altos conocidos como estados de Rydberg, podrían ser el camino.

Los electrones más externos del átomo que se encuentran muy alejados del núcleo, pero no lo abandonan, pueden ser manejados a voluntad. Los átomos de rubidio son atrapados con pinzas de luz lo que permite su empleo y programación. Para esto no es necesario enfriar los Qubits con helio a temperaturas de mili kelvin. Una computadora construida con átomos de rubidio puede trabajar a temperatura ambiente, de manera que no presenta los problemas de gran inestabilidad que tienen ahora las computadoras criogénicas.

Esta podría ser la nueva arquitectura para computadoras cuánticas estables.

Ya aparecen reportes de computadoras con átomos de Rubidio en estados de Rydberg, pero estos no son los únicos átomos que tienen un solo electrón muy alejado del núcleo. También se empiezan a considerar otros átomos, como el Cesio, al que también se puede apuntar con un láser del color que excita el electrón más externo, colocándolo en un estado de energía más alto que su estado base. Los dos estados, el base y el excitado, son cuánticos y sirven para construir Qubits.

*Ya aparecen reportes de computadoras con átomos de Rubidio en estados de Rydberg, pero estos no son los únicos átomos que tienen un solo electrón muy alejado del núcleo. También se empiezan a considerar otros átomos, como el Cesio, al que también se puede apuntar con un láser del color que excita el electrón más externo, colocándolo en un estado de energía más alto que su estado base. Los dos estados, el base y el excitado, son cuánticos y sirven para construir Qubits.*



La gente está construyendo arreglos de átomos, en forma matrices o mosaicos, donde dichos átomos se intercalan; tras uno de Rubidio aparece uno de Cesio para formar una alfombra atómica híbrida.

Semejante geometría suprime el ruido y evita resonancias e interferencias entre átomos vecinos. El hecho de tener diferentes energías de excitación para los electrones externos de átomos distintos en el arreglo hace que el sistema sea más preciso y selectivo. Un láser destinado a excitar a un átomo de Cesio dejará los átomos de Rubidio sin perturbar. Ya se han formado arreglos con más de 500 láseres y la mitad está cargado con átomos de Cesio, la otra mitad son átomos de Rubidio.

Esta ingeniosa manera de manipular átomos bien puede ser el camino a las computadoras cuánticas del futuro.

Los grandes retos de la computación cuántica son muchos, uno de ellos está representado en el llamado "teorema de no clonación". Nos dice que la información cuántica no puede ser copiada. Las computadoras de Qubits no permiten la lectura del estado de cada uno de ellos sin que estos sean destruidos en el proceso.

Existe, sin embargo, la posibilidad de transferir el estado de un Qubit a varios otros; se les denomina Qubits lógicos. Aquí el problema está en que se requiere de muchos Qubits adicionales para realizar funciones de este tipo y en las que algoritmos correctores deben entrar en funcionamiento. Los especialistas consideran que una máquina funcional requerirá de millones de Qubits lógicos, pero en ese sentido también se están dando grandes avances y los arreglos híbridos de átomos son prometedores.

La esperanza en el campo de las computadoras cuánticas es que un día éstas podrán realizar operaciones que las computadoras clásicas no pueden ejecutar, y aunque hoy existe mucho escepticismo sobre la posibilidad real de contar un día con un dispositivo útil, bien podría ser que los nuevos métodos allanen el camino.



*Los grandes retos de la computación cuántica son muchos, uno de ellos está representado en el llamado "teorema de no clonación". Nos dice que la información cuántica no puede ser copiada. Las computadoras de Qubits no permiten la lectura del estado de cada uno de ellos sin que estos sean destruidos en el proceso.*

\*GERARDO HERRERA CORRAL Físico de la Universidad de Dortmund y del Cinvestav, es líder de los latinoamericanos en el CERN. Ha escrito diversos libros, entre ellos Dimensión desconocida. El hiperespacio y la física moderna (Taurus, 2023) y Antimateria. Los misterios que encierra y la promesa de sus aplicaciones (Sexto piso, 2024).