COMPUTACIÓN CUANTICA: un claroscuro tecnológico.

Por: Ing. María G. Hernández Múzquiz.

Se me debe exigir que busque la verdad,
pero no que la encuentre.
Denis Diderot: Pensées Philosophiques

El asombroso mundo de la computación cuántica apenas está siendo explorado, y todo sugiere que será el próximo horizonte a alcanzar en nuestra era tecnológica; al llegar a esa meta, no es necesario que Usted sea físico o ingeniero para entender un poco las nociones básicas que involucra, sólo tenga la mente abierta a imaginar los conceptos que le presento.

La primera pregunta que podemos hacer es **¿por qué cuántico?, ¿qué significa?** Ésta es una palabra empleada en la física y sirve para describir a los "saltos" de energía de la materia, cuando absorbe o emite radiación. El concepto surgió no hace mucho tiempo; el físico alemán Max Planck, en 1900 expuso que la materia sólo puede emitir o absorber energía en pequeñas unidades discretas llamadas cuantos. Posteriormente a través de muchos años de investigación sobre éste tema nacieron diversos conceptos que utiliza la computación cuántica.

Sabemos desde 1900, que los sistemas cuánticos tienen otras propiedades que les son especiales y esto lo sabemos por personas muy curiosas como Planck, Heisenberg, Einstein, Gamaw, Gerlach, Stern por mencionar las más sobresalientes.

La primera curiosidad es que los electrones pueden atravesar "paredes" (efecto túnel). Si Usted ahora mismo quisiera atravesar la pared que separa su habitación del resto del edificio, sin usar la puerta, se daría quizás un golpe en la cabeza sin lograr su objetivo. Ahora imagine que tiene el tamaño de un electrón, lo que normalmente entiende por 'pared' no tendría significado, porque en su lugar, vería una barrera que le sería más transparente mientras más rápido se moviera. Dependiendo de su rapidez, algunas veces pasaría la barrera sin apenas enterarse de su existencia mientras que en otras

saldría ‘rebotado’ en la dirección opuesta, como si se hubiese estrellado con una enorme membrana elástica.

Segunda curiosidad, los átomos de plata se comportan como pequeños imanes ante la presencia de campos magnéticos, los físicos Walther Gerlach y Otto Stern hicieron pasar un haz de átomos de plata a través de un campo magnético y detectaron que el haz se dividía en dos; uno de estos nuevos haces se deflactaba en la dirección del campo mientras que el otro lo hacía en sentido opuesto, entonces descubrieron un nuevo concepto que no había antes: **el espín.** Que literalmente quiere decir “girar” y es una propiedad física de las partículas subatómicas, por la cual toda partícula elemental tiene un momento angular específico de valor fijo.

Tercera curiosidad, los sistemas cuánticos cumplen el principio de incertidumbre. Para aclarar este punto, notemos que el lector puede medir, si así lo desea con precisión arbitraria la posición y la rapidez de todos y cada uno de los vehículos que circulan por Avenida Insurgentes, su frustración, por el contrario, se hará patente al intentar medir simultáneamente la posición y la rapidez de tan sólo uno de los átomos del aire que respira. Al medir la posición del átomo se sabrá poco acerca de su rapidez y viceversa, no importando el equipo de medición que se use. Los electrones, fotones, protones y demás entes cuánticos son eternamente adolescentes, tan rebeldes que difícilmente se les puede “obligar” a definirse por un comportamiento específico.

La pregunta natural es **¿para qué queremos atrapar cuantos?** Además, **¿cómo lo haríamos?**

En la época que vivimos, podemos frenar partículas hasta velocidades muy por debajo de las velocidades térmicas (las moléculas y los átomos se mueven, a temperatura ambiente, con una rapidez cercana a la del sonido: trescientos metros por segundo). Este escenario permite enfriar gases a temperaturas cercanas al cero absoluto, diseñar relojes atómicos y manipular moléculas de ADN. Aún más, al moverse tan lentamente, las partículas pueden ser atrapadas en un recipiente láser o en una botella electromagnética, según sean éstas cargadas o eléctricamente neutras. Incluso la luz puede frenarse y atraparse, pero el problema sigue siendo el tiempo que podemos

mantenerlas atrapadas. A pesar de esto, la importancia de atrapar moléculas, átomos, electrones, fotones y demás entes subatómicos radica en que ellos serán los **'focos cuánticos'** con los que construiremos nuestro dispositivo de cálculo. Así que uno de los problemas a resolver es cómo mantenerlos apresados por el mayor tiempo posible.

Notamos entonces, que la serie de problemas que se deben resolver antes de construir una computadora cuántica se presenta interminable. Meditemos un poco para continuar: las computadoras tradicionales necesitan un "arranque", es decir, se requiere poner a cero toda la información que se va a manejar antes de empezar cualquier cálculo, esto significa, por ejemplo, poner a la red de ***espines*** en una determinada alineación, lo cual representa una combinación de los tres problemas anteriores, además surge una dificultad más y radica en el manejo de errores. Si no se tiene cuidado, los algoritmos pueden incluir errores recursivos, lo que provocaría un resultado erróneo después de algún tiempo de cálculo. Todos estos inconvenientes parecen cosa de niños, si imaginamos que para elaborar algoritmos complejos necesitamos más y más "focos cuánticos". Sabemos que un ratón, por ejemplo, está compuesto de piel, carne y huesos, entre otras cosas. Cada uno de estos tejidos a su vez, está compuesto por células y éstas por moléculas y éstas por átomos y éstos por otras partículas más fundamentales. Es claro que los últimos elementos de esta lista son unidades cuánticas, pero si contamos la historia al revés notaremos que el ratón, a pesar de estar integrado por cuantos, no puede atravesar las paredes. Con esto hay resaltar el hecho de que, al agrupar una enorme cantidad de focos cuánticos, eventualmente tendremos un ente que deja de obedecer las leyes del mundo cuántico y empieza a obedecer las del mundo macroscópico, al que estamos habituados. Esta situación, al parecer, impone una limitante a la clase de computadoras cuánticas que podríamos construir... y lo que éstas podrían hacer.

Queda entonces la pregunta abierta: ¿computación cuántica?

Por muchas razones hay cientos, sino es que miles, de investigadores alrededor del mundo trabajando en el proyecto. En general, **cualquier computadora cuántica comercial podría efectuar miles de millones de cálculos en un par de horas.** Una tarea que a la mejor de las computadoras convencionales le costaría años e incluso

siglos de tiempo-máquina, sin mencionar la cantidad de energía necesaria para alimentarla. Por otro lado, el potencial de una computadora cuántica sería la alegría de los ladrones cibernéticos ya que nuestros códigos de seguridad electrónicos podrían comprometerse fácilmente. Los bancos más importantes del mundo están invirtiendo mucho en las investigaciones de esta índole por que el cifrado (criptografía) de las cuentas que manejan, quedaría expuesto una vez que se cuente con una de estas computadoras. Así, los banqueros intentan ser de los primeros en obtener un dispositivo cuántico de cálculo para inventar nuevas claves y, de esta forma, asegurar las cuentas de sus clientes (y su propio negocio). Sin embargo, como sabemos, los hackers están siempre a la vanguardia y están actualizados antes que las instituciones. ¿Quién ganará en esta carrera?

En otro punto, los míticos viajes a las estrellas y la teleportación de ciencia-ficción, que hasta el momento solo vemos en las salas de cine, se antojan cada vez más posibles, si la construcción de las computadoras cuánticas se hace una realidad. Recientes investigaciones, por ejemplo, han hecho posible teleportar fotones por distancias de hasta un kilómetro, pero eso es otra historia.

Problema común del proyecto computacional cuántico.

El magnetismo y la superconductividad son dos propiedades muy complejas de los materiales que se utilizan en diversas aplicaciones tecnológicas en campos tan diferentes como la computación y almacenamiento de información, la medicina, el transporte, etc. El magnetismo, la propiedad que hace que los imanes se peguen al hierro, por ejemplo, está determinado por una propiedad de los átomos denominada ‘espín’. Dicho espín hace que cada átomo se comporte como un pequeño imán.

El espín de los átomos suele estar apuntando hacia una dirección específica, que depende de cómo el átomo interactúa con su entorno. El reto de la computación con espines consiste en controlar dicha orientación utilizando los impulsos eléctricos como método de codificar un dato.

“Uno de los problemas que encontramos es que el espín permanece muy poco tiempo en esa nueva posición. La interacción con su entorno acaba dominándolo y muy

rápidamente vuelve a su posición original. Si queremos almacenar información con él, necesitamos poder garantizar que mantenga la posición que le damos durante más tiempo", explica el investigador José Ignacio Pascual de nanoGUNE y sus colaboradores de la Universidad Libre de Berlín *"Es como si levantamos la mano para pedir la palabra. Nuestro estado natural es tener las manos bajadas así que tenemos que ser capaces de mantenerla levantada el tiempo suficiente para que nuestro mensaje pase", ejemplifica el investigador.*

El espín bajo control

Los investigadores han demostrado que la superconductividad puede ayudar a que un espín permanezca más tiempo en una posición concreta. El principal desafío ha sido el de hacer coexistir magnetismo y superconductividad, porque el magnetismo interactúa con los electrones del superconductor y destruye dicha propiedad. Para evitar que esto ocurra, los investigadores han protegido los átomos con una envolvente orgánica. *"Si ponemos los mismos átomos sin ningún tipo de protección, la superconductividad desaparece alrededor del átomo"*, señala Pascual. *"Es como mantener la mano levantada durante un tiempo"*, ejemplifica el investigador. Una vez lograda la coexistencia de las dos propiedades, los experimentos han demostrado que en un superconductor es mucho más fácil leer el estado del espín modificado, porque este nuevo estado dura mucho más tiempo. *"En un superconductor los electrones están apareados, una propiedad que resulta ser crucial para mantener el espín en la orientación que inducimos por más tiempo y lo podamos leer con corrientes eléctricas"*, apunta el científico. El superconductor utilizado ha sido el plomo y para escribir y leer el estado del espín utilizaron un microscopio de efecto túnel ultra frío, a –272ºC. *"Hemos medido que el espín del átomo magnético colocado en un superconductor dura 10.000 veces más tiempo que en un conductor normal"*, subraya el científico. Estos resultados avanzan en la exploración de nuevos métodos de almacenamiento y computación de información a escala atómica, la llamada computación cuántica.

¿Cuántica impráctica?

No obstante, el desarrollo no es tan rápido como se podría desear: al parecer, la transformación de bits a bits cuánticos, o **"qubits"**, es algo que pocos bits soportan, según Marthaler: *"Por el momento, lo máximo a lo que hemos llegado es a los 14 bits cuánticos, y aún en este caso esos bits no funcionaban a pleno rendimiento. Para un ordenador cuántico universal que pudiéramos usar para la decodificación de criptografías necesitaríamos diez millones de bits".*

En realidad, no se conoce hasta dónde ha avanzado realmente la tecnología de los ordenadores cuánticos. El diario "Washington Post" citó recientemente al estadounidense Edward Snowden afirmando que la NSA se encuentra actualmente en pleno desarrollo de un superordenador cuántico que podría usarse para decodificar códigos creados para proteger documentos globales médicos, financieros y gubernamentales. Marthaler, no obstante, no confía en que ni siquiera la NSA sea capaz de lograr algo así a corto plazo*: "Está claro que los científicos de todo el mundo trabajan en el desarrollo de la computación cuántica, pero se trata de investigaciones duraderas, diseñadas para durar otros 20 o 30 años. Creo que es muy improbable que se pueda construir un ordenador cuántico en poco tiempo capaz de usarse para descodificar códigos criptográficos"*, según la opinión de éste científico.

¿Entonces no existe una computadora cuántica en el mundo, actualmente?

Google posee una gran cantidad de computadoras quizás un millón de servidores unidos como el más poderoso ente de inteligencia artificial en el planeta. Pero en agosto de 2014, Google se asoció con la NASA para adquirir lo que puede ser la más poderosa pieza del gigante de las búsquedas en Internet. Situado en la NASA Ames Research Center en Mountain View, California, a un par de millas de la Googleplex, la máquina es, literalmente, un cuadro negro, de 10 metros de altura. Es sobre todo un congelador, y contiene un único chip de equipo basado, no en el silicio habitual, sino en pequeños bucles de alambre de niobio, se enfría a una temperatura de 150 veces más helada que el espacio profundo. El nombre de la caja y también la empresa que lo

construyó, está escrito en grandes letras: D-WAVE. Los ejecutivos de la empresa que la construyeron, dicen que el cuadro negro es el primer ordenador cuántico práctico del mundo, un dispositivo que utiliza la nueva física radical para cómputo más rápida que cualquier máquina comparable en la tierra. Si tienen razón, es una profunda brecha generacional, pero ¿será cierto?

Las tripas de un **D-Wave** no se parecen a ningún otro equipo. En lugar de los metales grabados en silicio, el procesador central está hecho de bucles de niobio metálico, envuelto de componentes diseñados para proteger del calor, vibración y ruido electromagnético. Aislaron los bucles de niobio lo suficientemente bien del mundo exterior y obtuvieron un ordenador cuántico, miles de veces más rápido que la máquina en su escritorio, o eso afirma la empresa. Los elementos generales con que cuenta ésta **"computadora cuántica"** son:

A. Refrigerador: un sistema de refrigeración masiva utiliza helio líquido para enfriar el chip de D-Wave a 20 millikelvin-o 150 veces más frío que el espacio interestelar.

B. El calor de escape: discos de cobre enchapados en oro atraen el calor y mantienen lejos del chip la vibración y otras energías que puedan alterar el estado cuántico del procesador.

C. Bucles de niobio: una red de cientos de diminutos bucles de niobio sirven como los bits cuánticos, o qubits, el corazón del procesador. Cuando se enfría, exhiben comportamiento de la mecánica cuántica.

D. Escudos anti-ruido: los cables 190-plus que conectan los componentes del chip se envuelven en metal para proteger contra los campos magnéticos. Sólo un canal transmite información al mundo en un cable de fibra óptica exterior.

Hartmut Neven, un científico de computación en Google, convenció a sus jefes para ir con la NASA en el D-Wave. Su laboratorio está dedicado en parte a "atormentar" a la máquina, ingresando problemas para ver lo que puede hacer. H. Neven trabaja en una categoría de problemas de cálculo que se llama "optimización de búsqueda de la solución a enigmas matemáticos" con un montón de limitantes para encontrar el mejor

camino entre muchas posibles rutas a un destino, la optimización es una parte clave que Google conoce muy bien y Neven dice que las técnicas de los usos de la empresa *"Están a punto lo más rápido que pueden llegar a ser".*

Eso deja a Google con sólo dos opciones: construir, más ordenadores basados en silicio hambrientos de poder cada vez más grandes. O encontrar un nuevo camino, un nuevo enfoque radical a la computación para que pueda hacer en un instante lo que todos los otros millones de máquinas tradicionales, trabajando juntos, nunca podrían lograr, incluso si trabajaban durante años.

Una computadora portátil típica y los hangares llenos de servidores que tiene el gigante de Google, los científicos cuánticos encantadoramente llaman "máquinas clásicas" de matemáticas con "bits" que varían entre 1 y 0, que representan un solo número en un cálculo. Pero los ordenadores cuánticos usan bits cuánticos, los qubits, que pueden existir como 1 y 0 al mismo tiempo. Pueden operar tantos números simultáneamente. La computación cuántica es tan nueva y tan rara que nadie está del todo seguro de si el **D-Wave** es un ordenador cuántico o simplemente una máquina clásica muy peculiar. Ni siquiera las personas que la construyen saben exactamente cómo funciona y lo que puede hacer. Eso es lo que Neven está tratando de averiguar, sentado en su laboratorio, semana tras semana, con paciencia para aprender a hablar con el **D-Wave**. Si es capaz de resolver el rompecabezas, hacer lo que ni millones de computadoras trabajando unidas pueden, a eso "lo que llamearemos la supremacía cuántica", dice. *"En esencia, algo que no puede ser igualado por las máquinas más clásicas." Sería, en definitiva, una nueva era de la informática.*

Conclusiones

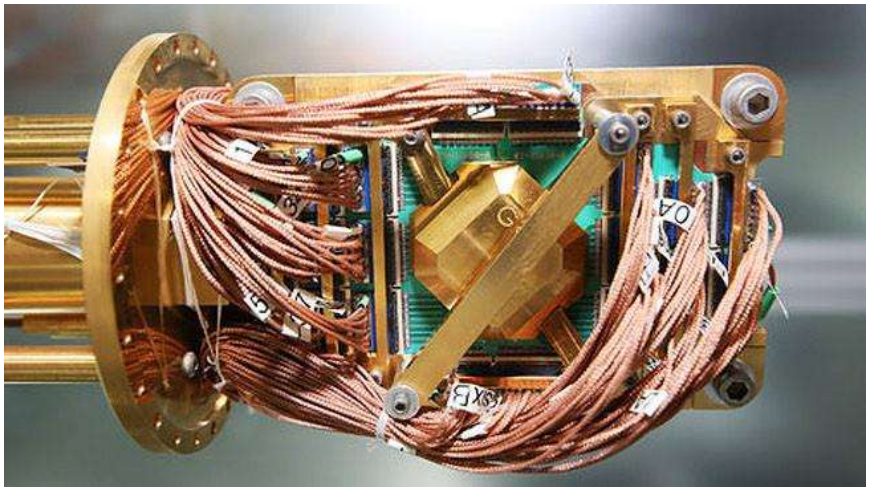
El sueño de la computación cuántica siempre ha estado envuelto en la esperanza de la ciencia ficción y alimentado con predicciones apresuradas de cálculos multiversos y todo el mundo de la computación al revés. Pero puede ser que la computación cuántica llega a un ritmo más lento: como un conjunto de dispositivos, donde los problemas que tenemos se hablan en su propia lengua. La computación cuántica no se ejecutará en su teléfono, pero tal vez algún proceso cuántico de Google será clave en la formación del

teléfono para reconocer sus características vocales y realizar un mejor reconocimiento de voz. Tal vez va a enseñar a las computadoras para finalmente reconocer rostros o equipaje. O tal vez, al igual que el circuito integrado que conoce, nadie va a entender mejor los casos de uso hasta que tengan hardware que funciona de forma fiable. Es una manera más modesta ver esta chispa anunciada a lo largo de una era tecnológica. Pero esto puede ser como inicia la era cuántica: no con una explosión, sino una luz tenue.

Anexo



Vista interior de la caja de la D-Wave



Vista exterior y aumentada del “chip cuántico”

Bibliografía:

[1]“Quantum Computing With Trapped Ions, Atoms and Light”, A. M. Steane and D. M. Lucas, October 30, 2001.

[2]“Quantum Computation”, Samuel L. Braunstein

[3]“Quantum Computing”, Andrew Steane, Department of Atomic and Laser Physics, University of Oxford, July 1997

[4] http://oxfordquantum.org/

[5] http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/67/computacion-cuantica

[6] http://www.fayerwayer.com/2014/06/la-computacion-cuantica-recibe-su-primer-golpe/

[7] http://www-users.cs.york.ac.uk/~schmuel/comp/comp.html

[8] http://www.dwavesys.com/