



Compendio OCTI - Enero de 2023

Tecnologías digitales emergentes. Parte II.

Compendio OCTI - Enero de 2023

Tecnologías digitales emergentes. Parte II.

Observatorio Científico, Tecnológico y de Innovación - OCTI

Disponible en: <http://www.octi.cu>

REDACCIÓN

Yinet Castellanos Orta *

REVISIÓN TÉCNICA

Mercedes Sánchez Sánchez *

* Consultoría Biomundi/IDICT.

REVISIÓN

M. Sc. Roelvis Ortiz Núñez

Lic. Stephany Novo Castro

Dra. C. Yudayly Stable Rodríguez

DISEÑO EDITORIAL

D.I. Patricia Larrea Ortiz

ISBN:

Está permitida la reproducción total o parcial de esta obra, y su difusión telemática, siempre y cuando sea para uso personal de los lectores y no con fines comerciales.

© Instituto de Información Científica y Tecnológica - IDICT

Calle 18A entre 41 y 47. Reparto Miramar, Municipio Playa.

La Habana, Cuba.

Teléfono: 7203 1851

La Habana, Enero de 2023

Imágenes de portada tomadas de Blog PeopleNext y BBVA.

CONTENIDO

Introducción	4
1. Tecnologías digitales emergentes	5
2. Computación en la nube y en red	6
2.1. Aplicaciones	9
3. Cadenas de bloques	11
3.1. Aplicaciones	12
4. Cómputo cuántico	16
4.1. Futuro de la computación cuántica	19
5. Fotónica	20
5.1. Aplicaciones	23
6. Modelo de simulación y juegos	28
6.1. Aplicaciones	30
7. Principales desafíos de las tecnologías emergentes digitales	34
Conclusiones	35
Recomendaciones	35
Referencias	36

Introducción

Las tecnologías digitales han crecido exponencialmente y su uso se ha globalizado. La aceleración del progreso técnico en el universo digital, ha vuelto cotidiano el empleo de dispositivos y aplicaciones que usan la computación en la nube, la analítica de grandes datos, las cadenas de bloques o la inteligencia artificial. La revolución tecnológica, aunada al cambio en las estrategias de las empresas líderes -relacionado con el uso de las tecnologías digitales- ha llevado al auge de las plataformas globales, dando lugar a una excesiva concentración de poder económico y político en no más de una veintena de corporaciones de dos o tres potencias mundiales, un conjunto demasiado pequeño de empresas cuyo valor de mercado supera o se acerca a un billón de dólares (CEPAL, 2021).

El presente trabajo, aborda –brevemente– el fundamento y las principales aplicaciones de algunas de las tecnologías digitales emergentes, como son: la computación en la nube y en red, la cadena de bloques, la fotónica, la computación cuántica; así como, los modelos de simulación y juegos. También, se describen los principales desafíos de algunas de estas tecnologías.

Las fuentes de información principales que se emplearon en la elaboración de este informe, fueron: los informes de mercado de diferentes casas consultoras; así como, sitios web de organismos gubernamentales, de asociaciones internacionales, de revistas y *blogs* especializados y de empresas líderes en las diversas tecnologías. La principal limitación, fue la inaccesibilidad a los sitios web de algunas empresas líderes que desarrollan estas tecnologías.



Figura 1. IA, blockchain, y otras tecnologías emergentes toman parte en el mundo bancario. / Tomado de Expansión.

Tecnologías digitales emergentes .1

La cadena de bloques y la IA han sido dos de los campos tecnológicos más relevantes de los últimos años y aunque presentan marcadas diferencias tecnológicas, ha surgido un interés creciente en las posibles aplicaciones que podrían derivarse de su convergencia. *Blockchain* permite almacenar los datos de una manera totalmente segura, al tiempo que, posibilita auditar los pasos intermedios de la IA, ofreciendo una trazabilidad total sobre dichos procesos. Al mismo tiempo, la IA puede incrementar la eficiencia de los procesos de *blockchain* mucho más allá de lo que cualquier persona u ordenador convencional sería capaz, aumentando su capacidad de procesamiento. Prueba de ello, es el número de equipos que se necesita actualmente para ejecutar las tareas más básicas relacionadas con esta tecnología (Banafa, 2019).

Por su parte, las soluciones fotónicas se utilizan para permitir que los sistemas robóticos autónomos e inteligentes perciban –mediante algún tipo de detección óptica o sensores– la información crítica, como: la distancia y la orientación relacionadas con objetos, que les permite ajustar el rumbo para navegar alrededor de ellos (Celera Motion, 2021). También, gracias a la fotónica integrada, se han obtenido *chips* fotónicos de gran importancia para el desarrollo de la computación cuántica, la cual, a su vez, ha facilitado el procesamiento de la gran cantidad de datos generados por la IA, empleando en algunos casos, la flexibilidad que ofrecen los servicios en la nube (EUROPA PRESS, 2021).



Figura 2. Computación en la nube. / Tomado de Algotive.

2. Computación en la nube y en red

Según un reporte realizado por la consultora norteamericana *Markets and Markets*, el mercado global de la computación en la nube alcanzó ventas por un valor de 371.4 mil millones USD, en 2020. Se espera que mantenga un crecimiento de 17.5 % hasta 2025, con ventas que alcanzarán los 832.1 mil millones USD. De acuerdo con esta fuente, el segmento de la nube híbrida contribuirá en mayor medida a este crecimiento. El mercado estuvo dominado por compañías, como: *Microsoft* (UU.EE.), *AWS* (UU.EE.), *Salesforce* (UU.EE.), *Oracle* (UU.EE.), *SAP* (Alemania), *Google* (UU.EE.), *Workday* (UU.EE.), *Adobe* (UU.EE.), *IBM* (UU.EE); entre otros (Markets and Markets, 2020).

Se han desarrollado diferentes modelos, tipos y servicios de computación en la nube para satisfacer las necesidades tecnológicas de las organizaciones. Hay tres formas diferentes de implementar los servicios en la nube, estas son: nube pública, nube privada y nube híbrida. El método de implementación depende de las necesidades de cada empresa. Las nubes públicas constituyen la forma más común, siendo los servidores y la capacidad

de almacenamiento propiedad del proveedor de estos servicios, el cual los administra y los ofrece a través de Internet. Por su parte, la nube privada está compuesta por recursos informáticos utilizados, exclusivamente, por una empresa u organización. La nube privada puede ubicarse físicamente en el centro de datos de una organización o estar hospedarla en un proveedor de servicios externos. Sin embargo, los servicios y la infraestructura siempre se mantienen en una red privada, donde el *hardware* y el *software* son, únicamente, de la organización. La nube híbrida combina la infraestructura del contexto local o nube privada, con una nube pública, permitiendo que los datos y las aplicaciones se muevan entre los dos entornos (Azure, 2021).

La plataforma de nube híbrida ofrece varias ventajas a las organizaciones. Cuando se producen fluctuaciones en la demanda de recursos informáticos y de procesamiento en una empresa, la informática en la nube híbrida le permite ampliar la infraestructura del entorno local en la nube pública para poder administrar cualquier flujo de trabajo,

sin necesidad de permitir que centros de datos de terceros accedan a su información. También, las organizaciones disfrutan de la flexibilidad y la innovación que proporciona la nube pública, que les permite ejecutar determinadas cargas de trabajo, al tiempo que mantienen los datos confidenciales en su propio centro de datos, para satisfacer las necesidades de los clientes o los requisitos normativos (Azure, 2021).

Los servicios de computación en la nube se dividen en tres categorías fundamentales, que son: infraestructura como servicio (*IaaS*, por sus siglas en inglés), plataforma como servicio (*PaaS*, por sus siglas en inglés) y *software* como servicio (*SaaS*, por sus siglas en inglés). La *IaaS* permite el alquiler—a un proveedor de nube— de la infraestructura de tecnología de la información (TI), como son: servidores y máquinas virtuales, almacenamiento, redes y sistemas operativos, mediante un sistema de pago por uso. Por su parte, la *PaaS* se refiere a los servicios que proporcionan un entorno para desarrollar, probar, entregar y administrar aplicaciones de *software*. Está diseñado para facilitar a los desarrolladores, la creación rápida de aplicaciones web o móviles, sin preocuparse por configurar o

administrar la infraestructura subyacente, como son: los servidores, el almacenamiento, la red y las bases de datos necesarias para el desarrollo. El *SaaS*, es un método para entregar aplicaciones de *software* a través de Internet, y, por lo general, mediante suscripción. Con el *SaaS*, los proveedores de la nube alojan y administran la aplicación de *software* y la infraestructura subyacente, y se encargan de cualquier mantenimiento, como son, las actualizaciones de *software* y los parches de seguridad (Azure, 2021).

Aunque la computación en la nube presenta múltiples ventajas y se destaca por el procesamiento de *Big Data* con numerosos recursos como la IA, en ocasiones genera problemas relacionados con la latencia, debido a que los datos deben recorrer todo el camino hacia el centro de datos y regresar. Para solucionar este problema, las empresas han acudido a la computación en la nube perimetral o en el borde, para lograr servicios de inteligencia en tiempo real. La nube perimetral, ofrece la comodidad y la accesibilidad de la nube más cerca de donde se crean los datos y de donde se implementa la acción. Al recopilar, almacenar y procesar la información en el perímetro, las entidades



Figura 3. Servicios de almacenamiento en la nube. / Tomado de IONOS.

obtienen información valiosa con mayor rapidez y pueden actuar de inmediato. Las nubes perimetrales se alojan en microcentros de datos, que almacenan, analizan y procesan los datos con mayor velocidad, comparado a lo que sería posible con una conexión a un centro de datos (Pastor, 2018).

La cantidad de dispositivos conectados a Internet, mediante tecnologías de *IoT*, también está influyendo en una mayor adopción de la computación perimetral, tecnología que se está acelerando a medida que los proveedores de la nube -a gran escala- desarrollan soluciones para distribuir sus capacidades en la nube, más cerca del borde. Se estima que para 2029, más de 15 000 millones de estos dispositivos se conecten a la infraestructura empresarial. Las plataformas de computación de borde son *software* y *hardware* que permiten una arquitectura de computación distribuida y segura para aplicaciones y el procesamiento de datos en el perímetro o cerca de él (Costello, 2021).

Recientemente, la computación en cuadrícula o en red (*Grid Computing*, por sus siglas en inglés) también ha encontrado su

espacio en la nube, debido al uso -cada vez mayor- de esta tecnología. La computación en red basada en la nube, implica el uso de computadoras en un servicio de nube pública, o un híbrido de nube pública y computadoras propias, para realizar grandes tareas de forma colectiva, como son: el análisis de riesgos, detección de fármacos y simulaciones complejas (GARTNER, 2021).

La computación en red o en cuadrícula (*Grid Computing* por sus siglas en inglés) es un modelo que surge a manera de compartir recursos entre un grupo de personas o empresas que comparten un fin común, análisis, experimentación y distribución de datos; entre otros. Es un modelo distribuido, que está compuesto por servidores de almacenamiento, memoria, velocidad de procesamiento y que opera a través de una red que está conformada por los equipos de los propios usuarios. La esencia del *Grid Computing* es administrar recursos heterogéneos y poco acoplados de una manera eficiente en este sistema distribuido; además de coordinar estos recursos por medio de un programador de tareas, para que los

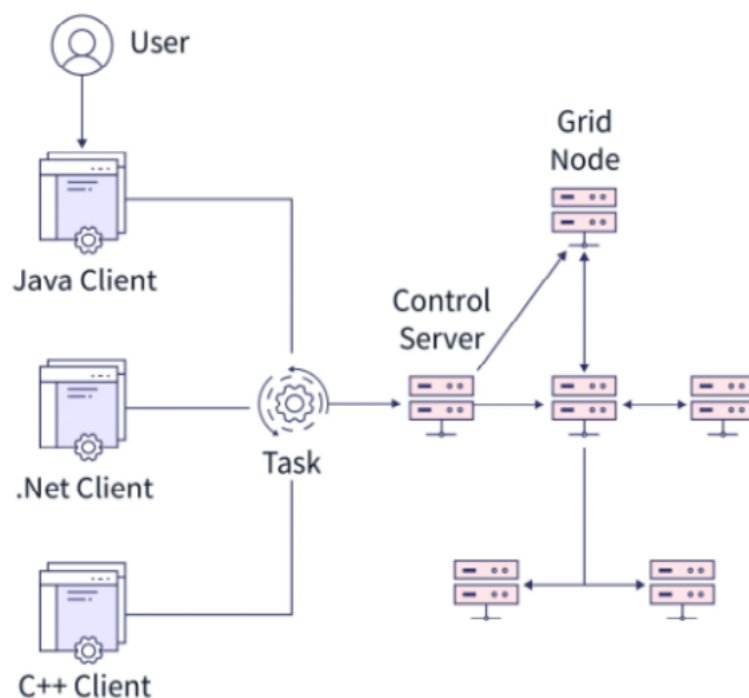


Figura 4. Cómo funciona la computación en red. / Tomado de Scaler Topics.

usuarios puedan realizar tareas informáticas de manera cooperativa. La computación en cuadrícula -en general- implica el uso de estas piezas distribuidas de *hardware*, para perseguir objetivos comunes que requieren un alto grado de procesamiento y computación; estos pudieran ser, grandes proyectos de investigación estadística o la recopilación en tiempo real de datos complejos (Marin, 2020).

A partir de un consenso de varios analistas, se ha concluido que la computación en red puede ofrecer un rendimiento elevado, pero que la computación en la nube pública u otros

sistemas de computación en la nube, pueden ofrecer más escalabilidad, con una capacidad mayor de anticipar cambios en la demanda. Otros expertos en TIC han comentado que la nube ha eclipsado a la computación en red, debido a que, en lugar de construir sistemas de *hardware*, los clientes pueden simplemente solicitar sistemas -bajo demanda- a los proveedores de la nube. Técnicamente, la computación en cuadrícula basada en la nube contempla una serie de elementos de *hardware* que trabajan juntos en grandes proyectos en una plataforma de nube pública (Techopedia, 2021).

2.1. Aplicaciones

Los primeros servicios de computación en la nube tienen apenas una década, pero en la actualidad, numerosas organizaciones, desde pequeñas empresas emergentes hasta corporaciones globales; agencias gubernamentales y organizaciones sin fines de lucro, están adoptando la tecnología debido a los servicios que ofrece. Los servicios de computación en la nube, permiten crear, implementar y escalar aplicaciones rápidamente, aprovechando tecnologías, tales como: los contenedores, los *Kubernetes*¹, la arquitectura de microservicios, la comunicación impulsada por interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) y *DevOps*². También, reducen el costo y posibilitan el almacenamiento de gran cantidad de datos, a los que se puede acceder desde cualquier ubicación y dispositivo. Así mismo, permiten el acceso a servicios de aprendizaje automático y de IA, para el análisis de los datos. Por otra parte, hacen posible la comunicación desde cualquier lugar, en cualquier momento

y dispositivo con video y audio de alta definición (Azure, 2021).

Durante la pandemia de la COVID-19, se ha evidenciado un aumento de la demanda de soluciones de colaboración basadas en *SaaS*. Muchas de las empresas adoptaron el modelo de trabajo desde casa, para salvaguardar la seguridad de los empleados y mantener la eficiencia operativa. Por ejemplo, los usuarios de la plataforma *Microsoft Team* aumentaron a 44 millones en todo el mundo, debido a la gran demanda de soluciones de colaboración. Otras herramientas de colaboración populares basadas en *SaaS* que están ganando terreno, han sido: *Google Hangouts*, *Cisco Webex*, *Slack*, *Zoom*, *Ding Talk*, *WeChat Work* y *Tencent Meeting*, entre otras (Markets and Markets, 2020).

En mayo de 2020, *Microsoft* anunció el servicio *Microsoft Cloud for Healthcare*, para abordar los desafíos de la COVID-19. La empresa introdujo ofertas de nube para organizaciones de atención médica,

¹ *Kubernetes*: plataforma de código abierto para automatizar la implementación, el escalado y la administración de aplicaciones en contenedores. Pertenece a la *Cloud Native Computing Foundation*.

² *DevOps*, acrónimo inglés de *development* y *operations*: es un conjunto de prácticas que agrupan el desarrollo de software y las operaciones de TI. Su objetivo es hacer más rápido el ciclo de vida del desarrollo de software y proporcionar una entrega continua de calidad elevada.

optimizando las interacciones y mejorando la eficiencia en el flujo de trabajo. *Microsoft Cloud for Healthcare*, incluye análisis para datos estructurados y no estructurados (Markets and Markets, 2020).

Por otra parte, y conscientes de la importancia de estar más cerca del borde, proveedores de nube pública como *Microsoft* (EE.UU.) y *Amazon* (EE.UU.) están proporcionando servicios de nube perimetral. Un ejemplo es la red *AWS Cloud Front* de *Amazon* de entrega de contenido (CDN, por sus siglas en inglés), que transmite información a una red mundial de ubicaciones en el borde. La *CDN* distribuye el servicio en el lugar donde se encuentran los usuarios y proporciona la información mucho más rápido. Muchas de las nuevas aplicaciones y servicios de la era digital se apoyan en la computación al borde. Entre los servicios en los que se ha aplicado la nube perimetral, se encuentran: las telecomunicaciones móviles, la industria 4.0, los vehículos conectados; así como, las nuevas tecnologías de *IoT* enfocadas en la logística, el transporte, la sanidad y otros sectores (AWS, 2021).

En tanto, la computación en cuadrícula se ha utilizado, principalmente, en servicios de educación remota, almacenamiento de datos bioinformáticos y procesamiento de cálculos químicos (Kogoya, 2020). Se estima que en un futuro, esta tecnología tenga una gran demanda por parte de las grandes empresas, ya que proporciona un manejo fácil de grandes investigaciones estadísticas y de proyectos; así como, la recopilación en tiempo real de datos complejos y la detección de fármacos candidatos; entre otros. Entre los sectores que se benefician con esta modalidad, están: el cuidado de la salud, la educación; así como, la banca, los servicios financieros y de seguros (*BFSI*, por sus siglas en inglés), entre otros (Industryarc, 2020).

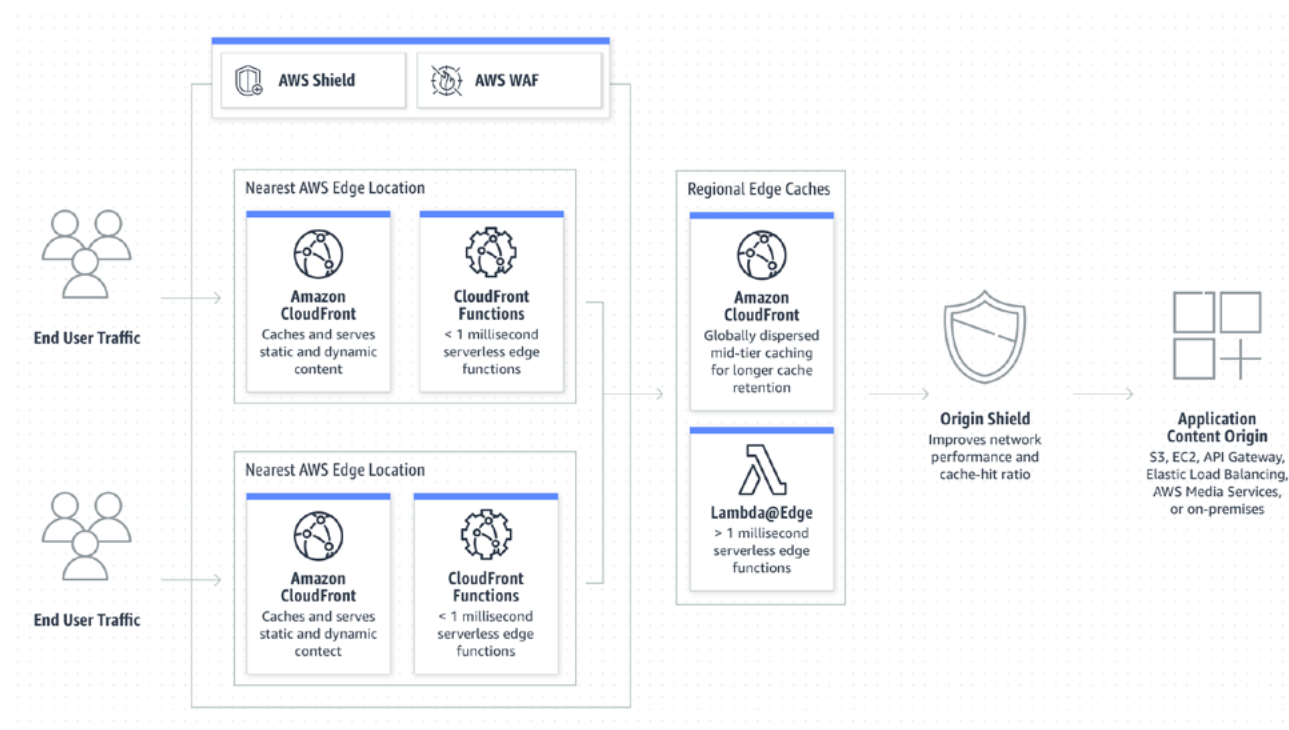


Figura 5. Servicio de entrega de contenidos y transferencia de datos. / Tomado de Amazon AWS.

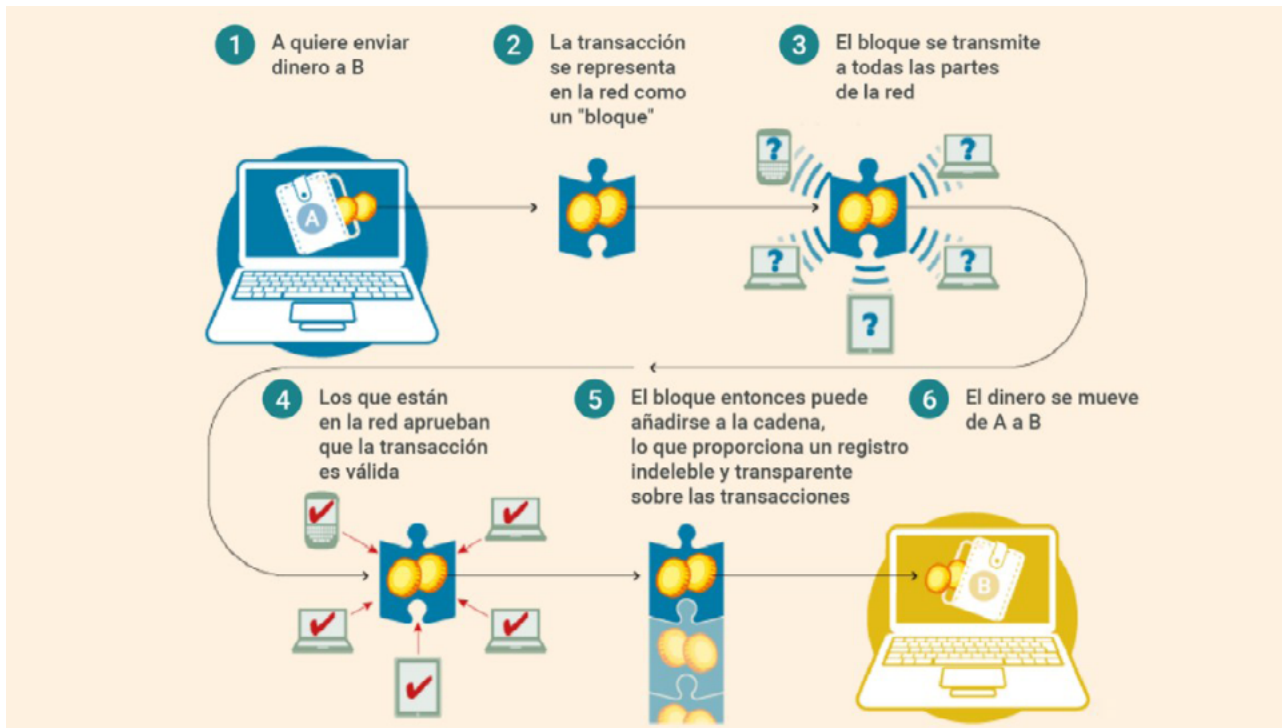


Figura 6. Cómo funciona blockchain. / Tomado de Rankia.

Cadenas de bloques .3

El mercado de las cadenas de bloques (*blockchain* en inglés) es relativamente pequeño en comparación con otras tecnologías de vanguardia, pero se espera que crezca rápidamente en los próximos años. El crecimiento en relación con la demanda está impulsado, principalmente, por: las transacciones en línea, la digitalización de las monedas, las pasarelas de pago en línea; así como, por el interés creciente del sector bancario, de los servicios financieros y de seguros y el número de comerciantes que utilizan las criptomonedas. Los campos de aplicación de esta tecnología se han expandido y han incluido: transacciones financieras, el *IoT*, la salud y las cadenas de suministro (UNCTAD, 2021).

La cadena de bloques, es una de las tendencias tecnológicas más comentadas de los últimos años. Se refiere a como una serie inmutable de registros de datos con marca de tiempo, que son supervisados por un grupo de computadoras que no son propiedad de una sola entidad. La tecnología constituye

la base de las criptomonedas, permitiendo transacciones abiertas, seguras y rápidas entre entidades (UNCTAD, 2021).

También, se ha descrito como una infraestructura de almacenamiento de datos que está protegida tanto, por el cifrado mediante la criptografía, como por la descentralización. Con muchas copias repartidas en varias ubicaciones, los cambios solo se pueden realizar cuando hay consenso de que es correcto hacerlo. Se compara con el libro de asientos de contabilidad de una empresa, en donde se registran todas las entradas y las salidas del dinero; solo que, en este caso, se asientan acontecimientos digitales (Forbes, 2021).

La cadena contiene un registro continuo y completo de todas las transacciones realizadas agrupadas en bloques. Un bloque sólo se añade a la cadena, si los nodos-que son miembros de la red de la cadena de bloques, con niveles elevados de potencia de cálculo- llegan a un consenso sobre la validez del mismo. Por tanto, una transacción

sólo puede verificarse y formar parte de un bloque candidato, si todos los nodos de la red confirman que la transacción es válida. Para determinar la validez de un bloque candidato, los nodos mineros compiten por resolver un algoritmo muy complejo (en la *blockchain* de *Bitcoin* esto se conoce como: la prueba de trabajo o *the proof of work*, por sus siglas en inglés). El primer nodo que resuelva el algoritmo y valide el bloque debe ser recompensado (Blockchain es, 2020).

Una red de bloques puede ser pública y abierta como Internet o estructurada dentro de un grupo privado como una intranet. Muchas instituciones financieras han empleado las cadenas de bloques privadas o autorizadas, donde sólo ciertos participantes aprobados con anterioridad, pueden unirse a ellas. Las entidades que crean estas cadenas, acuerdan las reglas que rigen, cómo se registran las entradas y en qué circunstancias pueden modificarse (Blockchain es, 2020).



Figura 7. Análisis de blockchain aplicado al sector de la salud en Madrid. / Tomado de BelnCrypto.

3.1. Aplicaciones

Las cadenas de bloques son muy valiosas para cualquier tipo de transacción donde los valores y las marcas de tiempo deben registrarse de forma segura, por lo que es de particular interés para las empresas de servicios financieros (Forbes, 2021). Sin embargo, desde que en 2008 saliera a la luz esta tecnología, su uso se ha expandido a numerosos campos, desde los contratos inteligentes y la trazabilidad de energías renovables, hasta la compra de arte (Cruz, 2021). A continuación, se describen algunas de las aplicaciones.

- **Criptomonedas**

El 2009, dio inicio a una carrera cuyo punto de partida se denominó *Bitcoin*. A partir de esa fecha y hasta la actualidad, se han

sumado otras monedas digitales, las llamadas criptomonedas. Se estima que existen unas 3 000 en el mercado, entre las más populares se encuentran: *Bitcoin*, *Ethereum*, *Dogecoin*, *Cardano*, *Litecoin*; y otras (Ramírez, 2021).

Si tomamos en cuenta los múltiples beneficios de invertir en *Bitcoin*, se puede decir que es una inversión segura, ya que es una criptomoneda muy interesante para hacer diferentes transacciones de manera discreta, generando mucha confianza entre sus usuarios. Es considerada por los expertos, la más importante entre los diferentes tipos de criptomonedas (Ramírez, 2021). (xx) La cadena de bloques del *Bitcoin* se actualizó por primera vez en los últimos 4 años, con un montón de cambios en donde destaca una mayor

privacidad y eficiencia de las transacciones. La actualización que lleva por nombre *Taproot*, entrará en vigor en noviembre de 2021. El cambio más importante tiene que ver con las firmas digitales. Actualmente, la criptomoneda utiliza un algoritmo de firma digital de curva elíptica, que garantiza que solo el propietario legítimo pueda usar los *bitcoins*. En cambio, *Taproot* utilizará firmas *Schnorr*, que consiguen hacer ilegibles las transacciones debido al uso de múltiples firmas. En la práctica, esto se traduce en una mayor privacidad ya que las claves no tendrán una exposición en la cadena (Cruz, 2021).

La criptomoneda *Ethereum* es la moneda digital con mayor capitalización del mercado, después del *Bitcoin*. Su cadena le permite crear aplicaciones basadas en la tecnología *blockchain*; así como, establecer sus propios activos individuales. La criptomoneda se encarga de proporcionar el combustible necesario para procesar las aplicaciones descentralizadas de la red. Las emisiones de *Ethereum* están limitadas a 18 millones por año. Los costos de transacción son calculados, en base de: la complejidad, el ancho de banda y el almacenamiento (Ramírez, 2021).

• Contratos inteligentes

Los contratos inteligentes son programas almacenados en una cadena de bloques que se ejecutan cuando se cumplen las condiciones predeterminadas. Por lo general, se utilizan para automatizar la ejecución de un acuerdo, con el objetivo de que todos los participantes puedan –de manera inmediata– estar seguros del resultado, sin la participación de ningún intermediario o pérdida de tiempo. También pueden automatizar un flujo de trabajo, activando la siguiente acción cuando se cumplen las condiciones (IBM, 2021).

Una red de computadoras ejecuta las acciones cuando se cumplen y verifican condiciones predeterminadas. Estas acciones podrían incluir: liberar fondos a las partes apropiadas, registrar un vehículo, enviar notificaciones o emitir un boleto y muchas más. Luego, la cadena de bloques se actualiza cuando se completa la transacción. Eso significa que la transacción no se puede cambiar y solo las partes a las que se les ha otorgado el permiso, pueden ver los resultados. Para simplificar la estructuración de contratos inteligentes, se han empleado: plantillas, interfaces y otras herramientas en línea (IBM, 2021).



Figura 8. Cómo funcionan los contratos inteligentes. / Tomado de ihodl.com.



Figura 9. Aplicaciones del blockchain transforman el sector sanitario. / Tomado de Economía 3.

- **El auge de los activos no fungibles**

Además de las numerosas aplicaciones ya mencionadas en terrenos como la criptografía o los contratos inteligentes, en los últimos tiempos la tecnología *blockchain* ha copado los titulares por su nueva aplicación. Se trata de los activos no fungibles (*NFT*, por sus siglas en inglés) que, fundamentalmente, permiten generar certificados de propiedad sobre bienes digitales. Aunque los *NFT* existen desde 2014, ahora están ganando gran popularidad, debido a la compra y venta de obras de arte digitales. Uno de los ejemplos más mediáticos ha sido, la venta -por cerca de 70 millones USD- de “*Everydays – The First 5000 Days*”, una obra de arte del artista digital *Beeple*. Otro ejemplo lo constituye la subasta realizada por *Jack Dorsey* -fundador de *Twitter*- de su primer *twit*, por un monto de 2.5 millones USD (Forbes, 2021).

La mayor parte de los *NFT* están basados en la tecnología *blockchain* de la criptomoneda *Ethereum*. A diferencia de la criptomoneda, el *NFT* también incluye los datos de propiedad del comprador, lo cual es un bien indivisible y único. Otra de las ventajas de los *NFT* es que permitirán a los artistas cobrar derechos en cada transacción (Forbes, 2021).

Los artistas ya no tienen que depender de galerías o casas de subastas para vender su arte, sino que pueden venderlo directamente al consumidor como un *NFT*, lo que también les permite quedarse con una mayor parte de las ganancias. Además, los artistas pueden programar regalías para recibir un porcentaje de las ventas cada vez que su arte se venda a un nuevo propietario (Forbes, 2021).

- **Sector de la salud**

La red *blockchain* en el sector salud tiene múltiples aplicaciones y su uso ya está generando un gran impacto, incrementado el nivel de confiabilidad y seguridad de la información que se comparte, por ejemplo, los datos sobre los medicamentos y de los pacientes (Ambit, 2021).

Con la red *blockchain*, los datos clínicos de pacientes y su historial se podrán compartir de forma segura, facilitando su acceso desde cualquier dispositivo, en cualquier lugar y a cualquier hora sin que su integridad o privacidad sea comprometida. Esta tecnología ofrece el marco ideal para garantizar una transferencia segura de la información entre aplicaciones móviles y dispositivos médicos conectados, a través de *IoT* (Ambit, 2021).

Por otra parte, las *Blockchain* pueden proporcionar visibilidad en tiempo real sobre la fabricación, la distribución y la administración de las vacunas. Para esto, la tecnología se combina con dispositivos dotados con *IoT* y etiquetas de seguridad. La detección preventiva y la notificación proactiva de: interrupciones en la cadena de suministro, reacciones adversas, fraudes, mercancías dañadas y otros sucesos inesperados, resulta importante para la entrega eficiente de vacunas seguras (IBM, 2021).

Dos hospitales de Reino Unido utilizan la tecnología *blockchain* para el suministro de vacunas contra la Covid-19 de las compañías farmacéuticas *Pfizer* (EE.UU.) y *BioNtech* (Alemania). Hasta ahora, la herramienta digital ha mostrado buenos resultados para el control de la cadena de frío de las vacunas. Los datos recabados por medio de las herramientas *blockchain*, han permitido verificar la seguridad de los cargamentos de vacunas hasta su lugar de destino (Juárez, 2021).

Esta tecnología, también se ha empleado en la trazabilidad de los medicamentos, permitiendo que los laboratorios, farmacias, médicos y autoridades sanitarias, puedan tener acceso a la distribución del medicamento de forma precisa y fiable (Ambit, 2021). En 2019, la *FDA* puso en marcha un programa piloto de *blockchain* para rastrear los medicamentos en tiempo real, con el objetivo de apoyar la Ley de Seguridad de la Cadena de Suministro de Medicamentos de los EE.UU. (*DSCSA*, por sus siglas en inglés). En el programa participaron las compañías estadounidenses: *IBM* (EE.UU.), *KPMG* (EE.UU.), la farmacéutica *Merck* (EE.UU.) y la cadena de supermercados *Walmart* (EE.UU.) (*FDA*, 2019).

- **Industria alimentaria**

Las cadenas de bloques se están convirtiendo en un gran aliado de la industria alimentaria, cada vez son más las empresas que utilizan esta tecnología para asegurar el origen y el estado de sus productos. En este contexto, la visibilidad o trazabilidad de la cadena de suministro ha sido la principal preocupación.

Un ejemplo de ello es la empresa *IBM* (EE.UU.), que fundó *IBM Food Trust* en alianza con *Walmart*, para aplicar esta tecnología en la mejora de la trazabilidad de sus productos frescos. Otro ejemplo, lo constituye *PepsiCo* (EE.UU.) que utiliza esta tecnología para el seguimiento de su plan de requerimientos de materiales relacionado con la reducción de riesgos en su red de distribución (Three Points, 2021).

- **Creación de mercados**

Mediante la adopción de tecnologías *blockchain*, se favorece la creación de mercados digitales que permiten la conexión directa entre los vendedores y compradores, aumentando los beneficios para ambas partes. Estos mercados digitales reciben el nombre de *marketplaces*. Un ejemplo de ello lo constituye el *marketplaceEc21.com*, fundado en Corea de Sur, que se destaca por conectar a compradores y proveedores de todo el mundo. Hoy en día, el mercado en línea se está convirtiendo en una herramienta comercial cada vez más importante para las transacciones y el *marketing* de empresa a empresa, ya que acelera el proceso de marketing y ahorra el costo total de la transacción (Three Points, 2021).



Figura 10. Centro de computación cuántica de IBM en Nueva York. / Tomado de ComputerWorld.

4. Cómputo cuántico

El cómputo cuántico se ha descrito, como la utilización de las cualidades de los sistemas subatómicos, como: la superposición y el entrelazamiento, para abordar la solución de problemas que el cómputo tradicional no puede resolver (Riquelme, 2018).

En el modelo de cómputo tradicional, la unidad mínima de información es el *bit*, que puede tomar sólo dos valores: 0 y 1, constituyendo un sistema binario. Estos *bits* son combinados para construir representaciones de información, desde un documento en *Word*, hasta una película grabada en formato digital. En el caso de un sistema cuántico, la unidad mínima de información es el *Qbit* (*bit* cuántico), el cual cuenta con una mayor capacidad de representación que un *bit*, ya que puede tomar diversos valores a la vez, puede ser 0 y 1, o puede ser en una superposición de ambos valores, mediante la mecánica cuántica. Mientras, que un conjunto de *Qbits* puede llegar a tener una capacidad de procesamiento de hasta 10 billones de

operaciones a la vez, los procesadores clásicos rondan los miles de millones de operaciones, de forma secuencial. La superposición es sólo una de las propiedades de los sistemas cuánticos que se aprovechan en el cómputo cuántico, a esta se agrega lo que se conoce como entrelazamiento, que garantiza que se puedan realizar operaciones con varios *Qbits* a la vez (Riquelme, 2018). Si bien los investigadores no comprenden todo sobre el mundo cuántico, tienen claro que las partículas cuánticas tienen un potencial inmenso en la contención y procesamiento de gran cantidad de información (Leprince-Ringuet, 2021).

La naturaleza es mecánica cuántica, los enlaces e interacciones entre los átomos se comportan de forma probabilística, con una dinámica más rica que agota la lógica de la informática clásica simple (Lucero, 2021). Las máquinas cuánticas funcionan en el campo de la probabilidad y por ende, tienen la capacidad de crear modelos del mundo físico en tiempo real, modelar moléculas o revisar los riesgos sobre los nuevos materiales de forma efectiva.

Se podrían emplear, para: descubrir nuevos materiales para los aviones u otras estructuras; detectar o predecir riesgos financieros; crear baterías para los carros eléctricos 100 veces más eficientes; o incluso, tener la capacidad de predecir el clima con modelos avanzados (Lara, 2021).

Las empresas *IBM* (EE.UU.) y *Apple* (EE.UU.) comenzaron a comercializar las primeras computadoras personales a principios de 1980. En aquel entonces, los usuarios podían ejecutar algunas operaciones sencillas, requerían de un buen conocimiento técnico para operarlas y su beneficio en la sociedad era un tanto limitado. Esa es la fase en la que se encuentra, actualmente, el cómputo cuántico (Lara, 2021).

Actualmente, las computadoras cuánticas procesan entre 30 a 100 *Qbits*. Con 100 *Qubits* es muy poco lo que se puede hacer con las computadoras cuánticas. Para que los *Qubits* comiencen a realizar cálculos significativos, deberán contarse por miles, e incluso millones. Sin embargo, aumentar el recuento de *Qubit* es un desafío increíble, debido a que mantener las partículas que los componen en su estado cuántico es difícil. Esto requiere aislarlos de cualquier perturbación ambiental,

que pueda hacer que pierdan su estado cuántico (Leprince-Ringuet, 2021).

Para 2023, la firma *IBM* (EE.UU.) planea liberar su primera computadora cuántica de 1 000 *Qbits*. Todo ello con el plan de alcanzar su primera computadora cuántica de un millón de *Qbits* (un tipo de máquina capaz de procesar o resolver problemas a los que el ser humano jamás ha encontrado respuesta) (Lara, 2021). En esta carrera *IBM* (EE.UU.) no está solo, recientemente, Google (EE.UU.) – que maneja computadoras cuánticas que pueden realizar cálculos más allá del alcance de las computadoras clásicas- anunció, que planea construir una computadora cuántica de un millón de *Qbits* en los próximos diez años (Lucero, 2021).

El desarrollo de *hardware* cuántico es una gran parte del desafío y posiblemente el cuello de botella más importante del ecosistema. Pero incluso, una computadora cuántica universal, tolerante a fallas, sería de poca utilidad sin el *software* cuántico correspondiente. Algunos proveedores de *hardware* también desarrollan herramientas de *software*, siendo el más establecido el *QiskitRuntime*, el kit de desarrollo de *software* cuántico de código abierto de *IBM*. *QiskitRuntime*, se encuentra

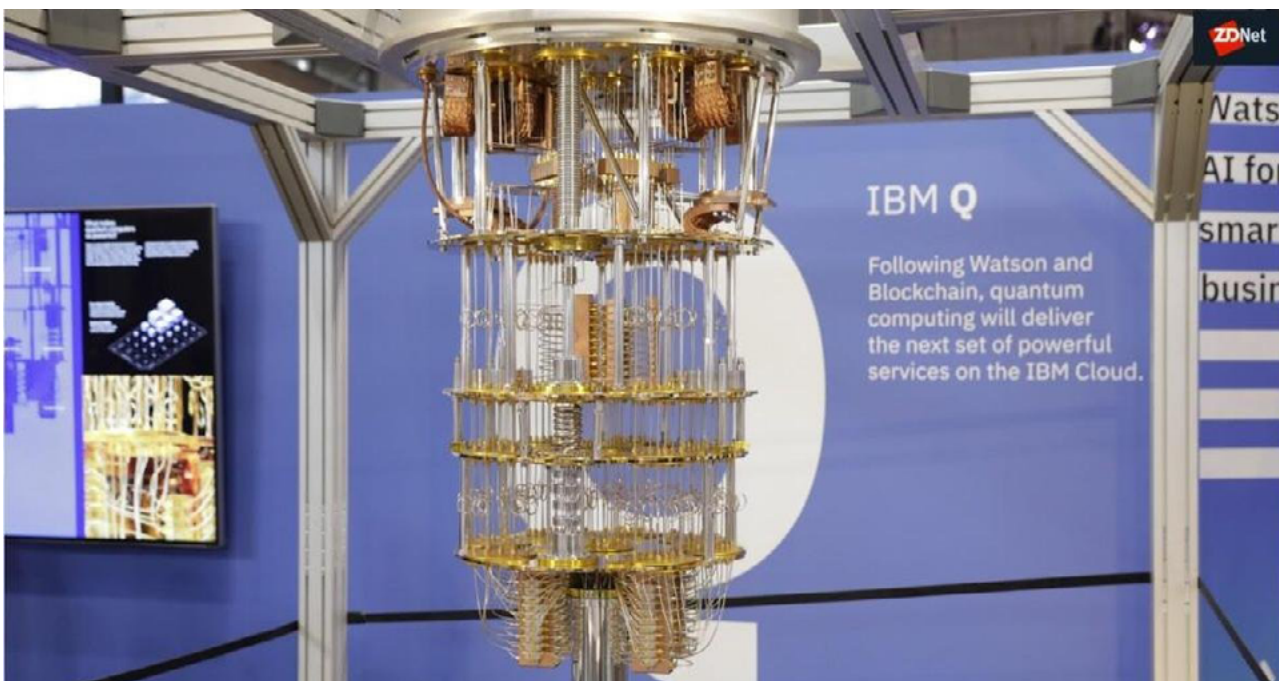


Figura 11. IBM alcanza su volumen cuántico más alto. / Tomado de Data Center Dynamics.

en contenedores de la nube híbrida de la compañía. De esta forma, los desarrolladores pueden utilizar un *hardware* clásico, como una computadora o laptop, para enviar peticiones (*queries*) vía la nube, a un circuito cuántico dentro del centro de Computación Cuántica de IBM en Nueva York (Lara, 2021) (Leprince-Ringuet, 2021).

La complejidad de construir una computadora cuántica, ha propiciado que la gran mayoría de los sistemas cuánticos se encuentren, actualmente, en entornos de laboratorio en lugar de enviarse a los centros de datos de los clientes. Por lo tanto, con el propósito de permitir que los usuarios accedan a los dispositivos para comenzar a ejecutar sus experimentos, las empresas cuánticas han lanzado servicios comerciales de computación cuántica en la nube, haciendo que la tecnología sea accesible para una gama amplia de clientes (Leprince-Ringuet, 2021).

Por su parte, China también ha logrado la supremacía cuántica, al desarrollar una máquina que realiza casi 100 trillones de veces más rápido que la supercomputadora más poderosa del mundo. Esta máquina es capaz de realizar un cálculo, que a una supercomputadora moderna le llevaría miles de millones de años en completarse. Este hallazgo se produjo poco más de un año

después de que Google se convirtiera en el primero en el mundo en lograrlo (Biosca, 2020).

Relacionado con investigaciones recientes, los científicos de la Universidad de Rochester (EE.UU.), han informado importantes avances en la mejora de la computación cuántica, al perfeccionar la transferencia de información entre electrones en sistemas cuánticos. En un primer artículo, los investigadores demostraron una ruta de transferencia de información entre *Qubits*, llamada, transferencia de estado cuántico adiabático (AQT, por sus siglas en inglés), empleando –por primera vez- *Qubits* de espín electrónico. En este caso, AQT no se afecta por los errores del pulso y el ruido, a diferencia de la mayoría de los métodos de transferencia de información entre *Qubits*, que dependen de pulsos de campo magnético o eléctrico cuidadosamente sintonizados. En un segundo trabajo, los investigadores demostraron otra técnica para transferir información entre *Qubits*, utilizando un estado exótico de la materia, llamado cristales de tiempo. Un cristal de tiempo es un estado de la materia, en el que las interacciones entre las partículas que componen el cristal, pueden estabilizar las oscilaciones del sistema, en el tiempo y de forma indefinida (University of Rochester, 2021).

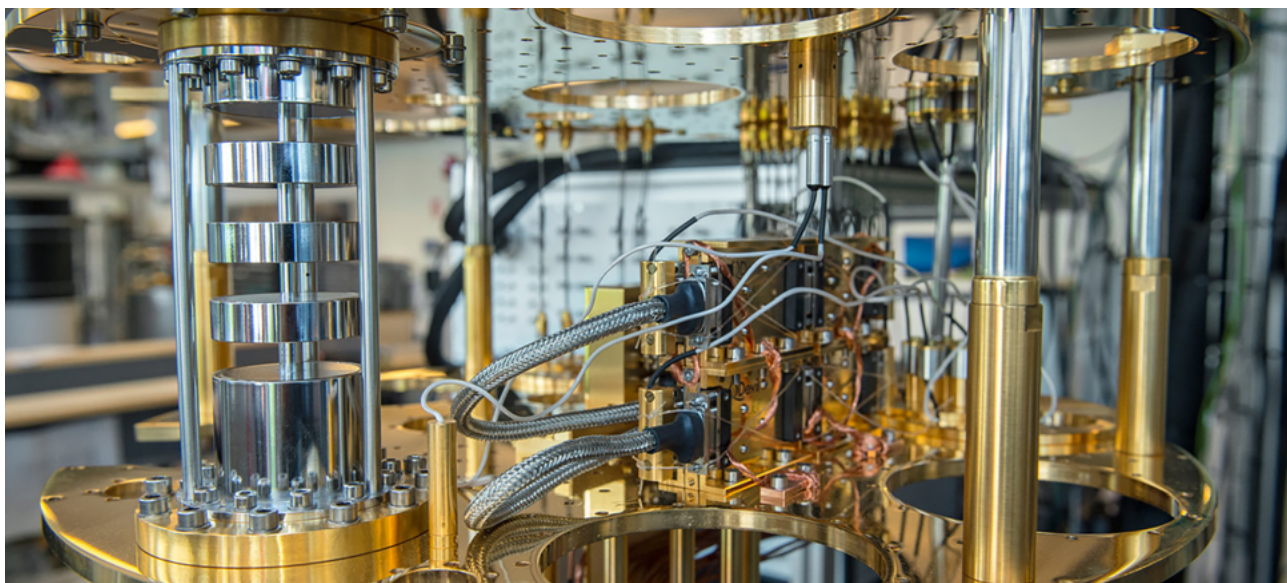


Figura 12. Google asegura haber alcanzado la supremacía cuántica. / Tomado de Infobae.

4.1. Futuro de la computación cuántica

Aunque no todas las empresas necesitan ser competitivas en relación con la tecnología cuántica, hay algunas en las que se espera que los algoritmos cuánticos generen un valor enorme y en que las empresas líderes ya se están preparando (Leprince-Ringuet, 2021).

Goldman Sachs (EE.UU.) y *JP Morgan* (EE.UU.) son dos ejemplos de gigantes financieros que invierten en computación cuántica. Esto se debe a que, en la banca, los algoritmos de optimización cuántica podrían impulsar la optimización de la cartera de negocios, al poder elegir qué acciones comprar y cuáles vender para obtener el máximo rendimiento (Leprince-Ringuet, 2021).

En el sector farmacéutico, también se espera que los algoritmos de simulación cuántica ganen auge. De igual modo, en la ciencia de los materiales se está incursionando en la computación cuántica. Por ejemplo, la compañía *OTI Lumionics Inc.* (Canadá), está explorando el uso de computadoras cuánticas para diseñar pantallas *OLED* (tecnología de diodo orgánico de emisión de luz) más eficientes (Leprince-Ringuet, 2021).

Por otra parte, empresas automotrices como *Volkswagen* (Alemania) y *BMW* (Alemania), también están vigilando de cerca la tecnología, la cual podría beneficiar al sector de varias maneras, desde el diseño de baterías más eficientes, la optimización de la cadena de suministro, hasta una mejor gestión del tráfico y la movilidad. *Volkswagen*, fue pionera en el uso de un algoritmo cuántico que optimizó las rutas de los autobuses - en tiempo real- evitando los cuellos de botella en el tráfico (Leprince-Ringuet, 2021).

Se espera que las computadoras cuánticas resulten fenomenales en la resolución de ciertos problemas, pero con limitaciones en su aplicación ya que los sistemas cuánticos no son adecuados para cálculos fundamentales como la aritmética, o para ejecutar comandos. Por lo que, a medida que la computación

clásica y la cuántica comiencen a trabajar juntas, el acceso parecerá una opción de configuración. Actualmente, los científicos de datos tienen la opción de usar la unidad central de procesamiento (*CPU*) o la unidad de procesamiento gráfico (*GPU*) cuando ejecutan sus cargas de trabajo, y es posible que -en algún momento- las unidades de procesamiento cuántico (*QPU*) se unan a la lista (Leprince-Ringuet, 2021).

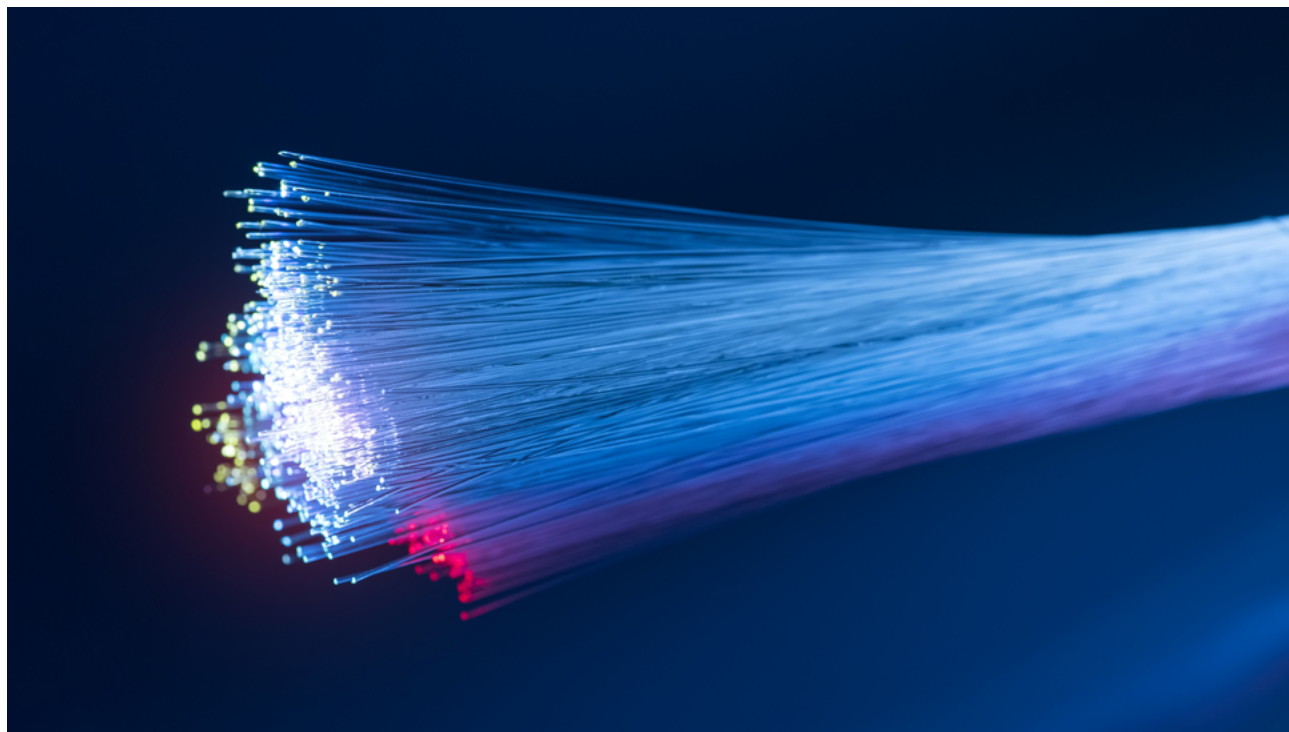


Figura 13. La fotónica como una de las tecnologías clave del siglo XXI. / Tomado de Intertronic.

5. Fotónica

La fotónica se define como la ciencia y la tecnología de la luz en un sentido muy amplio. Gracias a las tecnologías fotónicas, podemos controlar la luz y la información que esta transmite, impulsando así, la transformación digital. Esta tecnología está implicada en muchas de las innovaciones que han transformado la forma en la que vivimos. A saber, los sistemas láser, sensores, sistemas de escaneo e imagen, iluminación avanzada, comunicaciones, redes, sistemas de transmisión de datos, pantallas, sistemas de energía fotovoltaicos y tecnologías cuánticas, son tecnologías fotónicas que están revolucionando el mundo (European Commission, 2021).

Se estima que el mercado de la fotónica alcance los 837.8 mil millones USD en 2025, con un crecimiento de 7.1 % en el período 2020-2025. Por su aplicación, el mercado de la fotónica se ha clasificado en siete grupos principales, a saber: las pantallas, la tecnología de la información y la comunicación, la fotovoltaica, la biofotónica, la medición

y visión automatizada, la tecnología de iluminación y la producción. Las TICs ha sido el segmento que ha liderado el mercado (Markets and Markets, 2020).

En el campo de las tecnologías de la información y la comunicación, la fotónica se ha utilizado, principalmente, para: la generación, la transformación, la transmisión, el almacenamiento y uso de los datos. Los dispositivos que se utilizan en cada uno de estos procesos forman parte de la industria de componentes y materiales fotónicos, que incluye: dispositivos utilizados para conversión de datos, sistemas de amplificación, sistemas de modulación de la luz (moduladores, interruptores y enrutadores) y cables de fibra óptica (Markets and Markets, 2020).

La fotónica integrada es un campo dentro de la fotónica, que consiste en el uso de la luz para aplicaciones que tradicionalmente se han resuelto a través de la electrónica. En lugar, de utilizar electrones y cables de cobre, utiliza fotones y fibra óptica para transmitir la información, con la gran ventaja de tener un

mayor ancho de banda y, por ende, mayor velocidad en la transmisión de la información. Sin embargo, en la fotónica integrada no se emplean los fotones debido al elevado costo de producción que acarrea en la industria. La solución a esta problemática radica en la fotónica basada en silicio, la cual mejora drásticamente el rendimiento y la confiabilidad de los circuitos integrados, al tiempo que reduce significativamente el tamaño, el peso y el consumo de energía (Roca, 2021).

En relación con la transmisión de datos, la fotónica integrada en silicio se ha usado principalmente para la comunicación entre diferentes chips y, por tanto, en las interfaces externas entre procesadores, memorias y dispositivos periféricos. Actualmente, se utiliza en los centros de datos, para conectar sistemas que se encuentran separados a grandes distancias, a través de transceptores ópticos ubicados en cada sistema, los cuales pueden transmitir y recibir las señales. La función de los transceptores es convertir las señales eléctricas en señales ópticas, las que viajan por los cables de fibra óptica que conectan las diferentes cabinas que componen el centro de datos. Entonces, el transceptor convierte los datos en señales eléctricas para que los procesadores y memorias convencionales puedan procesar y almacenar respectivamente (Roca, 2021).

La nanofotónica, constituye otra área dentro de la fotónica dedicada al estudio de la propagación y la interacción de la radiación óptica con la materia a una escala nanométrica. Los efectos ópticos que emergen de la interacción de la luz con superficies e interfaces a este nivel o con materiales nano estructurados, abren toda una gama de aplicaciones en diferentes campos de la investigación. La nanofotónica es un área emergente y multidisciplinaria, enfocada a la innovación en campos, tales como: celdas solares, sistemas luminiscentes eficientes para pantallas o iluminación de bajo consumo energético, sistemas de señalización lumínica persistentes, aplicaciones biomédicas, incluyendo diagnóstico y terapia de padecimientos médicos; así como, la obtención de imágenes biológicas, sistemas de censado, entre otros (CIO, 2021).

Otra de sus aplicaciones más difundidas ha sido en las pantallas, las cuales están presentes en los teléfonos, televisores, computadoras, refrigeradores y en muchos otros dispositivos domésticos. Gracias a la iluminación *LED*, las pantallas han ganado en la calidad de las imágenes. Así mismo, las diferentes configuraciones de retroiluminación o el uso de iluminadores orgánicos, están revolucionando las pantallas de los televisores. Existen varios tipos de pantallas en función



Figura 14. Intel apunta a la infraestructura 5G con la última tecnología de fotónica de silicio.
/ Tomado de Profesional Review.

de la tecnología de iluminación empleada, entre las que se encuentran: *LCD*, *LED*, *OLED*, *AMOLED*, *QLED* y *NanoCell*. A continuación, se describen estas tecnologías (Cruz A. , 2021).

- Pantallas *LCD* o de cristal líquido: Están formadas por un número de píxeles de colores, colocados frente a una fuente de luz. Los píxeles se encargan de modificar esa fuente para hacer variar los colores.
- Pantallas *LED* o de diodo emisor de luz: Son una evolución de las pantallas *LCD*, se diferencian en que son más delgadas y en lugar de una fuente de luz, las *LED* utilizan diodos semiconductores que proyectan luz cuando son traspasados por la corriente eléctrica. Estas pantallas son mucho más eficientes energéticamente.
- Pantallas *OLED* o de diodo orgánico de emisión de luz: Se trata de pantallas de muy alta calidad. A diferencia de las pantallas *LED* o *LCD*, que usan la retroiluminación general del panel de píxeles, las *OLED* cuentan con un diodo emisor de luz por cada píxel. Esto quiere decir que cada píxel está iluminado por separado, lo que otorga a este tipo de pantallas características únicas de: color, contraste y brillo. Estas pantallas, al tener una tecnología de píxel por píxel

pueden ser flexibles. El beneficio principal de estas pantallas es que producen luz propia, y por tanto no requieren de la luz de fondo, reduciendo así, los requerimientos energéticos.

- Pantallas *AMOLED* o pantallas *OLED* de matriz activa: Utilizan la misma tecnología que las *OLED*. La diferencia principal radica en que tienen una matriz que ilumina cada píxel, que solo se activa electrónicamente. Es una tecnología muy costosa y no se suele emplear en la fabricación de televisores, aunque está presente en algunos móviles de la marca *Samsung*.
- Pantallas *QLED* o de diodo de luz cuántico: Se basa en nanocristales de emisión de luz. Estas pantallas llevan paneles *LCD* porque necesitan de una retroiluminación. Las pantallas *QLED* activan los píxeles de los paneles por separado, para lograr un mayor contraste y un mejor rendimiento de la energía.
- Pantallas *NanoCell*: Esta tecnología fue patentada por la firma *LG* con resultados muy satisfactorios. Las pantallas *NanoCell* también precisan de retroiluminación, por lo que llevan un panel *LCD* como las *QLED*. La forma de emitir imagen es mediante la



Figura 15. Comparativa entre pantallas *OLED* y *QLED*. / Tomado de YouTube.

introducción de una nueva capa compuesta de nanopartículas de 1 nanómetro, de ahí su denominación. Esta capa filtra los colores para que se reflejen de forma óptima, ya que interpreta –mediante IA– las imágenes y sus colores. Estas pantallas tienen la peculiaridad de que el color y la intensidad de la imagen no se modifica con el ángulo de visión, si cambiamos de posición.

Las tecnologías fotónicas también están presentes en la industria fotovoltaica. La mayoría de las instalaciones de paneles solares fotovoltaicos se basan en silicio cristalino y el resto utiliza tecnologías de película delgada en capas de seleniuro de cobre (Cu), indio (In) y galio (Ga) (*CIGS*³) y telururo de cadmio (CdTe). Las tecnologías de energía solar de película delgada se han vuelto cada vez más eficientes, pero no han podido competir –en precio– con el silicio. Por otro lado, el costo de producir electricidad a partir de paneles solares a base de silicio se ha reducido en más del 80 % en la última década, lo que los convierte en una opción muy acertada para

hogares y empresas. Sin embargo, a medida que las tecnologías de silicio han alcanzado sus límites, la industria ha buscado alternativas para avanzar en la adopción de la generación de energía solar. Algunas de estas soluciones, son (Rodríguez, 2020):

- Paneles con revestimiento de cristal de perovskita: El perovskita es un mineral ligero de óxido de calcio y de titanio (CaTiO_3). Se ha descrito que los cristales sintéticos de perovskita son más eficientes y más baratos de producir que el silicio cristalino, lo que los convierte en una alternativa interesante para las tecnologías fotovoltaicas. Este material se ha empleado para mejorar los paneles solares de silicio.
- Tecnologías de heterounión: Esta tecnología aplica capas de película delgada de silicio amorfo en ambos lados de una celda solar de silicio cristalino (monocristalino o policristalino). Las capas aumentan la conversión de luz y pueden elevar la eficiencia de la celda de silicio hasta un 25 %, aproximadamente.

5.1. Aplicaciones

La fotónica juega un papel importante en la innovación en sectores diversos, tales como: las comunicaciones ópticas de datos, la manufactura, las ciencias de la vida, el cuidado de la salud, la seguridad y la protección. Ofrece soluciones nuevas y únicas, donde las tecnologías convencionales se están acercando a sus límites en términos de velocidad, capacidad y precisión. El impacto de la fotónica en la vida diaria es notable (European Commission, 2021). A continuación se describen algunas aplicaciones de la fotónica integrada (Miley, 2020).

- Industria automotriz: La necesidad creciente de utilizar sensores en los vehículos, en las transmisiones eléctricas híbridas; así como, en los sistemas avanzados de asistencia

al conductor (ADAS) y en los sistemas de conducción autónoma, ha creado nuevas oportunidades para la industria de la fotónica integrada. Un área prometedora son los sistemas *Lidar*, que son sistemas de medición y detección de objetos, mediante láser. Estos sistemas basados en láser son extremadamente costosos, lo que limita su disponibilidad comercial. La fotónica integrada ofrece la oportunidad de reducir este costo y aumentar la seguridad del sistema (Miley, 2020).

- Atención médica: La luz tiene la propiedad de que varios de sus parámetros pueden cambiar bajo el efecto de su interacción (por ejemplo, la reflexión, la refracción y la dispersión) con los tejidos y fluidos biológicos

³ *CIGS*: acrónimo en inglés de *Copper indium gallium selenide* (CuInGaSe_2), un material semiconductor compuesto de Cobre, Indio, Galio y Selenio.

del cuerpo. Los sensores basados en la luz ya se han adoptado en muchos dispositivos médicos y seguirán introduciéndose a gran escala. La fotónica integrada ofrece la posibilidad de reducir drásticamente el costo y el tamaño de los dispositivos médicos en los hospitales y, por lo tanto, impulsar un nuevo enfoque de diagnóstico y tratamiento. Varias empresas globales han abordado este desafío en dos áreas principales: la biodetección y la tomografía óptica coherente (OCT), que es un método de diagnóstico para enfermedades de la vista, la piel y la neurología (Miley, 2020).

- **Biocensores:** Los circuitos fotónicos integrados (PIC, por sus siglas en inglés) de nitruro de silicio (SiN PIC) son óptimos para la detección de moléculas biológicas. Trabajan en un rango de longitud de onda muy amplio, desde el visible hasta cercano al infrarrojo, permitiendo la detección de fluorescencia. Se espera que los biosensores basados en PIC se apliquen en múltiples áreas, como son: en la salud (Ej. el monitoreo de glucosa en pacientes diabéticos, la detección temprana de la aparición de cáncer o de enfermedades infecciosas); el medio ambiente (Ej. la detección de

pesticidas y contaminantes) y la industria alimentaria. *Lionix International*, con sede en Holanda, está desarrollando biosensores basados en PIC para desarrollar pruebas rápidas de Covid-19 (Lionix International, 2020).

- **Datos y telecomunicaciones:** La fotónica integrada tiene el potencial de proporcionar importantes ahorros, de: energía, espacio y costos; así como, de proveer nuevas funciones, cuando se integra en los sistemas de comunicación óptica. También pueden aumentar la capacidad de transmisión de los sistemas de comunicación existentes (Miley, 2020).
- **Componentes avanzados para redes 6G:** La tecnología fotónica jugará un papel clave en las redes 6G en diferentes segmentos. En el transporte 6G, tiene el potencial de permitir la transmisión y el enrutamiento de grandes cantidades de datos a un costo aceptable. En los centros de datos, la interconexión fotónica y la conmutación, permitirán introducir una nueva arquitectura, que puede reducir el consumo de energía, al tiempo que proporciona un alto nivel de flexibilidad en la utilización de recursos (Miley, 2020).

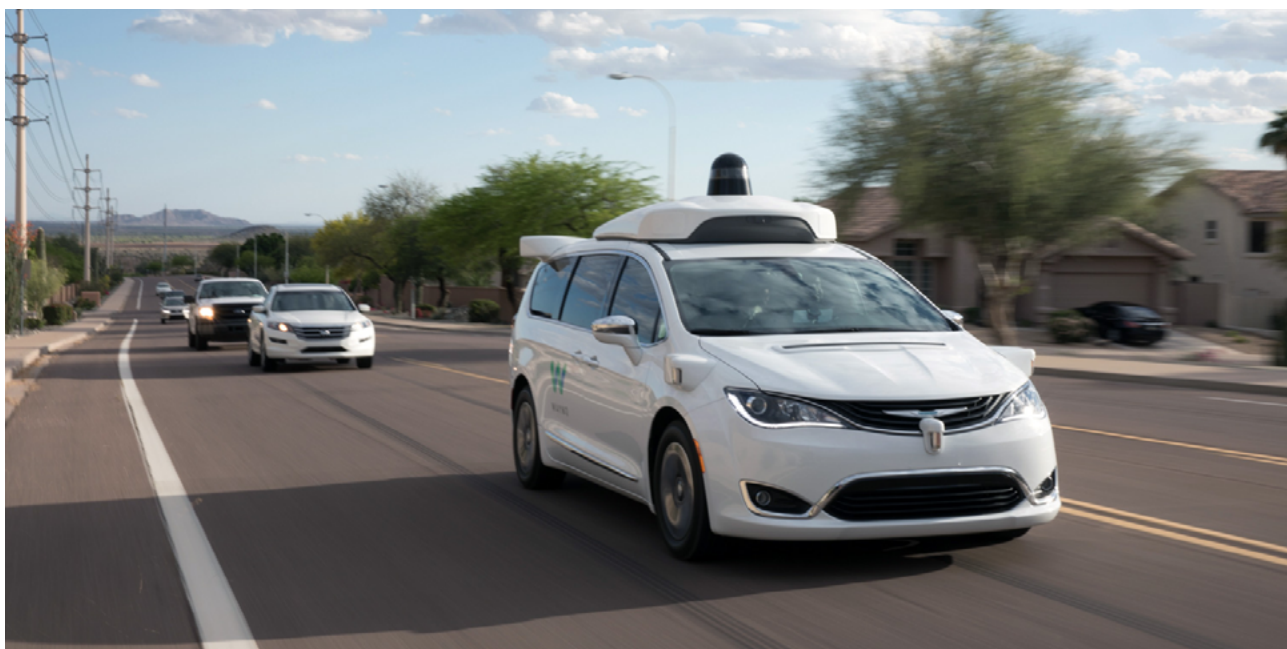


Figura 16. La fotónica integrada ayudará a reducir hasta en un 90% los accidentes de tráfico.
/ Tomado de Cadena SER.

- **Computación cuántica:** Las computadoras cuánticas basadas en fotones en lugar de electrones tienen muchas ventajas. Una ventaja clave de ellas, es la capacidad de la computadora para funcionar a temperatura ambiente. En 2020, *Xanadu* (Canadá) anunció el lanzamiento de la primera plataforma de computación cuántica fotónica. Los solicitantes pueden acceder a estas máquinas a través de la nube. Por otra parte, *Raytheon BBN Technologies* (EE.UU.) desarrolló una nueva forma de detectar un solo fotón o partícula de luz, lo que ha impactado de forma directa y positiva en el desarrollo de sensores, en las comunicaciones y en el desarrollo de procesadores informáticos cuánticos más potentes (EUROPA PRESS, 2021).

También, la fotónica se utiliza en tecnologías de iluminación avanzadas, como: la iluminación de estado sólido (SSL) para aplicaciones de iluminación general y las basadas en tecnologías *LED* y *OLED*. La tecnología en cuestión, proporciona una iluminación de mayor calidad y contribuye a importantes ahorros de energía (European Commission, 2021).

Por su parte, el procesamiento láser se ha vuelto esencial para la fabricación a gran escala, por su bajo costo y precisión. Las nuevas tecnologías basadas en láser, estimulan procesos de fabricación novedosos, con una calidad extraordinaria (European Commission, 2021).

En la Tabla 1-1 se muestran algunos ejemplos donde se han aplicado las diferentes tecnologías fotónicas.

Tabla 1 1. Proyectos relacionados con la fotónica, coordinados por *SECPHO* (*Southern European Cluster in Photonics and Optics*) (SECPHO, 2021)

Proyecto y [o] Plataforma	Tecnologías	Participantes/ País	Sectores	Breve descripción
Proyecto: <i>HV INSPECT</i> Plataforma: <i>Q six</i>	Fotónicas. IA	<i>Sensofar Medical SL./</i> España	Salud	<i>HV INSPECT</i> es un proyecto de investigación industrial, bajo el cual, se desarrollan sensores ópticos que permiten la automatización y la monitorización del proceso de fabricación. Ofrece una solución de tecnología de inspección avanzada para el proceso de fabricación de las válvulas coronarias, que supone un aumento de precisión, velocidad, fiabilidad y trazabilidad para los procesos de inspección. Esta solución puede ser utilizada tanto en el proceso productivo, como en la etapa final de inspección <i>on-line</i> y control de calidad. La plataforma <i>Q six</i> ha sido seleccionada como sistema de inspección en un proyecto multinacional que construirá la primera fábrica de dispositivos médicos totalmente automatizada.

Proyecto y [o] Plataforma	Tecnologías	Participantes/ País	Sectores	Breve descripción
Proyecto: <i>Vascovid</i>	Fotónicas. Biotecnología	Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO) / España	Salud	<i>Vascovid</i> tiene como objetivo, desarrollar una plataforma móvil para la evaluación de la salud microvascular en los pacientes de COVID-19, que se encuentran en unidades de cuidados intensivos. Utiliza tecnologías ópticas difusas en el infrarrojo cercano (espectroscopio NIR) para evaluar de manera no invasiva, la disfunción endotelial y microvascular mediante la medición de biomarcadores como el flujo sanguíneo o el nivel de oxigenación en sangre.
Proyecto: <i>Qleaf</i>	Fotónicas. Micro-electrónicas	<i>Sensofar Medical SL.</i> / España. Centro de Investigación CD6 de la Universidad Politécnica de Cataluña / España.	Industria 4.0 Salud	Constituye un nuevo sistema basado en sensores ópticos, que permite digitalizar los tejidos de pericardio animal y seleccionar, automáticamente, las zonas que pueden ser utilizadas como membranas en el proceso de fabricación de válvulas coronarias bioprotésicas. Los tejidos a inspeccionar se ponen bajo un sensor óptico que permite digitalizar la muestra en imagen 2D y 3D, a partir de las cuales se puede evaluar la calidad del tejido y seleccionar, con la ayuda de un <i>software</i> , aquellas zonas que puedan convertirse en membranas.
Proyecto: SIARA	IA Tecnologías fotónicas	<i>ATRIA innovation</i> / España <i>Ecoembes</i> / España <i>Trienekens</i> / Alemania	Industria 4.0. Acción climática y medio ambiente.	Se trata de un sistema de visión artificial basado en aprendizaje profundo (ANN), para la detección de residuos voluminosos y pesados en la cinta transportadora -a la entrada de la planta de selección de residuos- y su separación de aquellos envases de plástico, <i>briks</i> o latas, para evitar que la línea se atasque o se averíe.

Proyecto y [o] Plataforma	Tecnologías	Participantes/ País	Sectores	Breve descripción
Proyecto: <i>StretchBio</i> . Plataforma: IN2UB	Tecnologías fotónicas. Micro-electrónica. Materiales avanzados.	Instituto de nanociencia y nano-tecnología de la Universidad de Barcelona / España	Salud.	IN2UB constituye un sistema a escala nano para la monitorización <i>ex vivo</i> , del efecto de fármacos antitumorales en la pérdida de la elasticidad de los tejidos, en la progresión de tumores sólidos.
Proyecto: <i>Sensocell</i>	Tecnologías fotónicas. Biotecnología	ICFO / España <i>Impetux Optics S.L.</i> / España	Salud	Se centra en el desarrollo de una plataforma de manipulación óptica de sistemas biológicos, que permite la manipulación de objetos microscópicos solamente con luz, sin necesidad de establecer contacto directo con los mismos. Además, el sistema permite medir las fuerzas de interacción entre ellos. Ofrece una herramienta revolucionaria en la investigación neurológica, ya que permite acceder al interior de tejidos vivos sin producir ninguna alteración. Mediante tecnología basada en luz láser infrarrojo, permite monitorizar y caracterizar las interacciones mecánicas entre neuronas, dentro de los tejidos biológicos.
Proyecto: <i>Smart Mat</i>	IA. Materiales avanzados. Micro-electrónica. Tecnologías fotónicas	<i>IC Calsens</i> de la Universidad Politécnica de Valencia / España <i>Senttix</i> / España	Salud	Consiste en un colchón inteligente, que monitoriza el descanso y ofrece propuestas de mejora. Se desarrollan fibras ópticas textiles que se integran dentro del tejido del colchón y que permiten monitorizar el comportamiento de la persona mientras duerme. Estos datos serán transmitidos a la nube y se podrán visualizar desde una aplicación móvil.



Figura 17. Rifles, sensores y pantallas, para simular guerras como entrenamiento militar. / Tomado de El Confidencial.

6. Modelo de simulación y juegos

El concepto de simulación se ha referido a la recreación de situaciones del mundo real para analizar elementos clave de una situación particular, con la ayuda de tecnologías de visualización avanzadas y programación de *software*. La simulación se ha empleado con un éxito rotundo en la creación de los videojuegos (Research Dive, 2020).

Los simuladores de juego nacieron en el terreno militar y en el de la aviación desde hace muchos años, y se extendieron rápidamente a otros campos. Por ejemplo, resultan especialmente interesantes para practicar protocolos y procedimientos de trabajo; así como, simular ambientes de trabajo con un gran nivel de detalle. A ello se le ha sumado la capacidad de inmersión de la realidad virtual, convirtiéndolo en una herramienta muy potente. Los simuladores de juegos requieren de diferentes dispositivos de soporte, como son: sensores, monitores y sistemas de realidad virtual (Martín, 2020).

En 2019, el tamaño del mercado global de los simuladores de juegos se valoró en 4.040 millones USD y se espera que su crecimiento sea de 12.1 % durante el período: 2020-2027. Se estima que la creciente adopción de juegos de simulación para la capacitación y el análisis en diversas industrias, contribuya al crecimiento del mercado. También, se prevé que la implementación continua de tecnologías novedosas, como la RV para ofrecer experiencias de la realidad, abra nuevas oportunidades para los actores del mercado. Otros factores que también han impulsado la demanda de estos juegos, son: el despliegue continuo de redes de Internet de alta velocidad y la popularidad creciente del uso de la computación en la nube (Grand View Research, 2020).

La RV es una tecnología que tiene como principal característica la inmersión total del usuario en un mundo ficticio. Para ello, es necesario contar con dispositivos

especialmente diseñados como cascos, gafas o HMD⁴. Estos equipos permiten que el usuario pueda interactuar sin salir del mundo virtual. Una de las aplicaciones de VR más extendida es la relacionada con el mundo del ocio y los videojuegos de simulación. Por su parte, la realidad aumentada (RA) añade o superpone capas de información virtual al mundo real, a través de elementos creados de forma digital. Estos elementos se integran de forma natural en el entorno que rodea al usuario. En tanto, la Realidad Mixta (MR), es la combinación de la RV y la RA. De esta forma, se consigue crear nuevos espacios en los que interactúan tanto objetos reales generados en 3D, como elementos virtuales (Anovo, 2019).

Por otra parte, los juegos de simulación, han ganado popularidad dentro de los juegos dirigidos a la formación y a la educación, los que requieren de construcciones complejas y dinámicas, con diseños apropiados de contexto multimodal e interacciones atractivas (Mordor Intelligence, 2021).

La industria de los juegos de simulación

a nivel global está experimentando una adopción creciente de los juegos gratuitos (*Free2Play*). Entre los simuladores más populares, se pueden mencionar: *Skylines*, *Football Manager 2020*, *PC Building Simulator* y *Planet Coaster*, los que serán impulsores del uso de los simuladores de juegos (Research Dive, 2020).

Un tipo de juego de simulación que se ha usado ampliamente, ha sido el basado en tecnologías web (*WBT*, por sus siglas en inglés), la cual se fundamenta en el aprovechamiento de los servicios de Internet para la simulación de entornos virtuales, a través de un navegador web. A diferencia de las tecnologías de simulación tradicionales, se pueden ejecutar en cualquier navegador web, no solo en computadoras de escritorio, sino también en dispositivos móviles como tabletas y teléfonos inteligentes. Esto permite compartir simulaciones mediante simples enlaces web, lo que hace que se incremente la accesibilidad a estos juegos, desde cualquier lugar (IRTIC, 2021).



Figura 18. Simuladores de conducción para las plataformas Android e iOS. / Tomado de Infobae.

⁴ HMD: son pequeñas pantallas o tecnología de proyección integrada en anteojos o montada en un casco o sombrero.

6.1. Aplicaciones

En 2020, la industria de los videojuegos lanzó la campaña *#PlayApartTogether* junto a la OMS, promoviendo mensajes relacionados con el control y la prevención de la Covid-19. En la iniciativa participaron 18 líderes de la industria del juego en el espacio de entretenimiento interactivo, los cuales alentaban a su amplia red de usuarios a seguir las pautas de salud de la OMS, incluido el distanciamiento físico y la higiene de las manos como parte de las acciones preventivas para la lucha contra esta enfermedad (BUSINESS WIRE, 2021).

Por otra parte, se han lanzado plataformas novedosas para introducir juegos nuevos e innovadores relacionados con los simuladores de juego. En marzo de 2019, la marca líder en simulación *Next Level Racing*® lanzó al mercado *F-GT Lite*, una cabina de carreras portátil que ofrece una experiencia real de carreras de Fórmula uno y de GT (gran turismo). La implementación continua de

plataformas de RV para ofrecer experiencias de juego de la vida real, ha brindado nuevas oportunidades para los fabricantes de los simuladores de juegos. En septiembre de 2017, *Roto VR Ltd.* (Reino Unido) lanzó la silla *Roto VR*, la primera silla interactiva que puede rotar automáticamente para facilitar la visualización a 360°C. Por otra parte, varias organizaciones de eventos deportivos se han asociado con fabricantes de simuladores de juegos para ofrecer una práctica virtual inmersa y una experiencia de juego única a los jugadores. Por ejemplo, en enero de 2020, *PGA TOUR, Inc.* (EE.UU.), compañía que organiza el principal circuito estadounidense de golf profesional masculino, anunció una asociación con *Full Swing Golf* (EE.UU.), un proveedor de simuladores de golf residencial y comercial, para ofrecer a los jugadores una experiencia de golf fuera del campo, a través del simulador de golf desarrollado por *Full Swing Golf* (Grand View Research, 2020).



Figura 19. Estación de simulación portátil F-GT Lite de Next Level Racing®. / Tomado de Amazon.

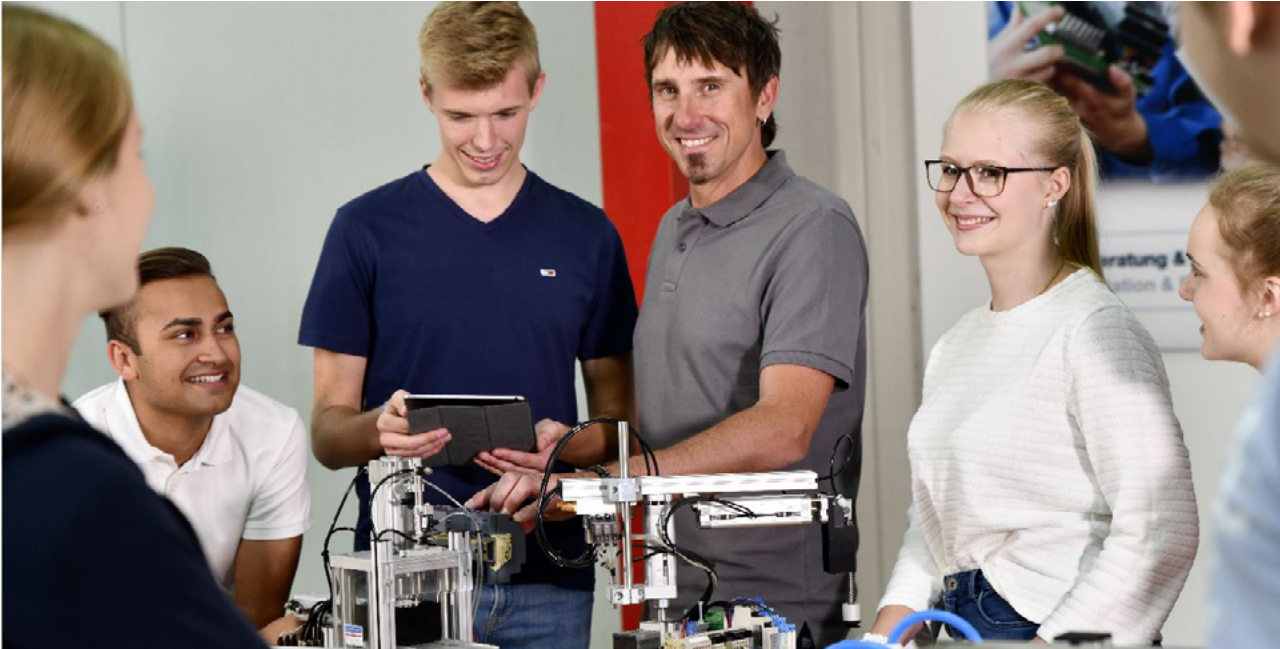


Figura 20. Estudio visual de componentes con el uso de *mMS-Sim4edu*. / Tomado de Christiani international.

Por otra parte, la educación basada en simulación (SE) se refiere al uso de *software* de simulación, herramientas y juegos para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los avances tanto en *hardware* como en *software*, han permitido emplear metodologías innovadoras que hacen uso de herramientas de SE para mejorar la experiencia de aprendizaje. Además, gracias a la globalización de las prácticas de aprendizaje electrónico (*e-learning*), estas experiencias educativas pueden ponerse a disposición de estudiantes de diferentes regiones geográficas y universidades, lo que promueve el desarrollo de la cooperación internacional en materia de educación (Neila Campos, 2020).

Un ejemplo de lo anterior lo constituye el *software* de simulación de mecatrónica 3D, denominado *mMS-Sim4edu*, para la educación y la formación técnica y profesional (TVET, por sus siglas en inglés) que fue desarrollado por *ChristianiGmbH and Company* (Alemania). El programa se basa en la simulación de un sistema de mecatrónica modular establecido en tercera dimensión, al que se incorporan al entorno digital, actividades del entorno real. Los alumnos pueden desarrollar y simular soluciones de fabricación en un entorno conectado (Kaiser, 2021).

Los juegos serios de simulación, se han aplicado a la educación y la capacitación en la atención médica. Al combinar elementos de entretenimiento con simulación, los alumnos pueden dominar estas habilidades en un entorno atractivo, libre de riesgos y que promueve la seguridad del paciente. Las tecnologías de juego serias, también pueden ser útiles para capacitar a los pacientes en temas como cómo mantener hábitos saludables. Por ejemplo, los administradores de la salud pueden recomendar un juego serio para los pacientes con diabetes que necesitan aprender mejores estrategias de manejo de la salud. Los juegos aplicados también pueden ayudar a capacitar a los pacientes en los procedimientos y técnicas de rehabilitación. A continuación, se exponen algunos ejemplos de juegos serios de simulación para la salud (Healthy simulation, 2021).

- *SimPHARM*: es una solución de simulación de farmacología clínica y virtual para estudiantes y profesionales, desarrollado por *Education Management Solutions* (EE. UU.). Es una plataforma virtual basada en la web, para la capacitación relacionada con la atención al paciente, que crea una experiencia clínica realista. Con *SimPHARM*, los alumnos pueden experimentar las consecuencias de



Figura 21. Plataforma de simulación de cirugía digital con AI. / Tomado de HIT Consultant.

sus decisiones terapéuticas. La tecnología de simulación funciona con un algoritmo de aprendizaje dinámico, mediante el cual cada alumno y equipo que maneja un caso, puede experimentar un resultado diferente.

- **Touch Surgery:** es un simulador quirúrgico interactivo basado en la nube, desarrollado por *Touch Surgery* (Reino Unido). Se usa para capacitar a los cirujanos, donde se combinan el poder de la IA, el *Big Data* y las técnicas de visualización. Proporciona una guía realista de los procedimientos quirúrgicos; permitiendo a los alumnos aprender procedimientos, poner a prueba sus conocimientos y ensayar para la cirugía. La aplicación tiene más de tres millones de usuarios en todo el mundo y brinda acceso seguro y sin problemas a videos y datos quirúrgicos.
- **Meta Human Creator:** es una aplicación desarrollada por *Epic Games Inc.* (EE.UU.). La herramienta –alojada en la nube– está dirigida a crear humanos digitales en

apenas minutos, con un estándar de calidad, fidelidad y realismo sin precedentes.

- La aplicación *Full Code*, desarrollada por *Minerva Medical Simulation Inc.* (EE.UU.) superó un hito masivo en la industria de la simulación médica, al anunciar, recientemente, que se completaron más de 2 000 000 de casos de pacientes simulados.

Los servicios financieros también están optando por juegos serios. Además, se observa el incremento del uso de estos juegos en la industria automotriz y otros espacios industriales, con fines de capacitación (Mordor Intelligence, 2021).

Tres juegos serios y simulaciones creados para su uso en programas de capacitación corporativos, ganaron medallas de oro en los *International Serious Play Awards*, estos fueron (Game learn Team , 2021):

- **Merchants:** es un juego serio sobre negociación y resolución de conflictos, creado por *Gamelearn* (España). Este juego *on-line* se basa en un simulador que

recrea seis casos reales de negociación, en los que los empleados deben aplicar sus habilidades para negociar, comunicar una propuesta de forma eficaz y resolver conflictos. Los alumnos pueden ver los resultados inmediatos de sus decisiones y recibir comentarios. Incluye una historia convincente y clasificaciones después de cada nivel, para fomentar la competencia.

- *Pizza Xpress*: es un juego de gestión desarrollado por *PepsiCo, Inc.* (EE.UU.) y *MPS Interactive Systems* (India). Está diseñado para alentar a los miembros de su equipo de mantenimiento, a planificar y ejecutar los

procesos necesarios para administrar una pizzería. Los alumnos pueden experimentar, entre otras cosas, asignar personal para satisfacer la demanda de pizza.

- *Brave to the Sea*: es una experiencia de aprendizaje interactivo, desarrollada por *Expansão - Experiências de Aprendizagem* (Brasil). Su objetivo es proporcionar autorreflexión y desarrollar habilidades para que un equipo esté preparado para la era de la transformación digital.

Otros juegos serios, relacionados con la administración y la gestión de recursos se describen, brevemente, en la Tabla 1-2.

Tabla 1 2. Caracterización breve de algunos juegos serios de simulación (Research Dive, 2020)

Juegos	Desarrolladores/País	Descripción
<i>Skylines</i>	<i>Colossal Order/</i> Finlandia	Videojuego de construcción de ciudades, lanzado en 2015 para un jugador. Plataformas: <i>PlayStation4, Xbox One, macOS, Microsoft Windows, Nintendo Switch, GNU/Linux</i> y otros.
<i>Football Manager 2020</i>	<i>Sports Interactive/</i> Reino Unido	Simulador futbolístico para varios jugadores, lanzado en 2019. Plataformas: <i>Android, macOS, Microsoft Windows, Nintendo Switch, IOS, Google Stadia</i> y otros.
<i>PC Building Simulator</i>	<i>The Irregular Corporation/Reino Unido</i> <i>Claudiu Kiss/ Rumanía</i>	Videojuego que se centra en poseer y ejecutar un taller que construye y mantienen PC, principalmente orientadas a juegos. Fue lanzado en 2018 para un jugador. Plataformas: <i>Microsoft Windows, Nintendo Switch, PlayStation4, Xbox One</i> y <i>SteamOS</i> .
<i>Planet Coaster</i>	<i>Frontier Developments/</i> Reino Unido	Videojuego de construcción y gestión, lanzado en 2016 para un jugador. Plataformas: <i>Microsoft Windows, PlayStation5, PlayStation4, Xbox One, macOS, Project Scarlett</i> y otros.



Figura 22. Desafíos para incorporar la tecnología blockchain en la capacitación del sector educativo.
/Tomado de Slide Team.

7. Principales desafíos de las tecnologías emergentes digitales

Actualmente, el *blockchain* se enfrenta a retos relacionados con: la escalabilidad, la privacidad, el tiempo y la potencia de procesamiento, la sostenibilidad, las regulaciones y el almacenamiento (APD, 2019). Esta tecnología tiene la capacidad de cruzar los límites jurisdiccionales, debido a que los nodos pueden estar ubicados en cualquier parte del mundo. Esto plantea una serie de cuestiones reguladoras complejas, que requieren un examen cuidadoso en relación con las relaciones contractuales pertinentes (Blockchain es, 2020).

Por su parte, aunque la ciencia cuántica alista computadoras, comunicaciones y sensores más eficientes, presenta desafíos para lograr estos objetivos tecnológicos, especialmente, cuando se trata de transferir información

de manera efectiva en sistemas cuánticos. Al igual que las computadoras ordinarias, las computadoras cuánticas necesitan una forma de transferir información cuántica entre *Qubits* distantes, lo que presenta un gran desafío experimental (University of Rochester, 2021).

Conclusiones

1. La computación en la nube ofrece múltiples beneficios, impulsando su implementación a escala global, en especial la nube híbrida y la computación perimetral.
2. La tecnología de cadenas de bloques es utilizada en la trazabilidad de activos y transacciones.
3. La computación cuántica tiene aplicaciones en la solución de problemas que el cómputo tradicional no puede resolver. Se enfrenta a desafíos tecnológicos que impide su explotación y expansión.
4. La fotónica utiliza fotones y fibra óptica para transmitir la información. Su aplicación es diversa, y resalta su uso en las tecnologías de la información y las comunicaciones.
5. Los juegos de simulación han impactado en varios sectores, especialmente: en el ocio y el entretenimiento; así como, en el aprendizaje y la educación.

Recomendaciones

1. Ofrecer capacitación sobre las tecnologías digitales emergentes a profesionales pertenecientes a los sectores donde estas tecnologías tienen un impacto probado.
2. Incrementar los proyectos de investigación y desarrollo sustentados en estas tecnologías, entre las universidades, los centros de investigación y la industria.

Referencias

- **Ambit. (11 de mayo de 2021).** *¿Qué es blockchain y cómo se aplica al sector salud?* . Obtenido de <https://www.ambit-bst.com/blog/qu%C3%A9-es-blockchain-y-c%C3%B3mo-se-aplica-al-sector-salud?>
- **Anovo. (2019).** *Realidad Aumentada, Realidad Virtual y Realidad Mixta ¿en qué se diferencian?* Obtenido de <https://www.anovo.es/realidad-aumentada-realidad-virtual-y-realidad-mixta-en-que-se-diferencian/amp/>
- **APD. (16 de mayo de 2019).** *¿Cuáles son los principales retos y riesgos del blockchain?* Obtenido de <https://www.apd.es/retos-y-riesgos-del-blockchain/>
- **AWS. (2021).** *Amazon CloudFront.* Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/cloudfront/>
- **Azure. (2021).** *¿Qué es la nube pública, privada e híbrida? Introducción a las opciones de implementación de los servicios en la nube.* Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-are-private-public>
- **Azure. (2021).** *What is cloud computing?* Obtenido de <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-cloud-computing/>
- **Banafa, A. (6 de mayo de 2019).** *Blockchain y la inteligencia artificial: ¿La pareja ideal?* Obtenido de <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/inteligencia-artificial/blockchain-y-la-inteligencia-artificial-la-pareja-idealbloc>
- **Biosca, P. (14 de diciembre de 2020).** *China logra la supremacía cuántica con un sistema diferente al de Google .* Obtenido de https://www.abc.es/ciencia/abci-china-logra-supremacia-cuantica-sistema-diferente-google-202012142011_noticia.html
- **Blockchain es. (2020).** *Problemas y desafíos de blockchain.* Obtenido de <https://www.blockchaines.tech/guias/problemas-y-desafios-de-blockchain/>
- **BUSINESS WIRE. (13 de abril de 2021).** *Games Industry Reflects on and Recommits to #PlayApartTogetherCampaignatOneYearMilestone.* [En línea]. 2020. [acceso 1 de agosto de 2021]. Disponible en:. Obtenido de <https://www.businesswire.com/news/home/20210413005079/en/Games-Industry-Reflects-on-and-Recommits-to-PlayApartTogether-Campaign-at-One-Year-Milestone>
- **Celera Motion. (2 de julio de 2021).** *Autonomous Robots—An Introduction.* Obtenido de <https://www.celeramotion.com/news/articles/autonomous-robots-an-introduction/>
- **CEPAL. (13 de junio de 2021).** *Tecnologías digitales para un nuevo futuro.* Santiago: Naciones Unidas. Obtenido de *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46816/1/S2000961_es.pdf
- **CIO. (2021).** *Nano fotónica.* Obtenido de <https://www.cio.mx/nanofotonica.php>
- **Costello, K. (11 de febrero de 2021).** *Gartner Predicts the Future of Cloud and Edge Infrastructure.* Obtenido de <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-predicts-the-future-of-cloud-and-edge-infrastructure>
- **Cruz, A. (2021).** *Diferencias entre pantallas OLED, AMOLED, QLED y NanoCell: ¿cuál es mejor?*

Obtenido de <https://www.pccomponentes.com/mejores-pantallas-led-oled-amoled-lcd-diferencias>

- **Cruz, C. F.-B. (13 de junio de 2021).** *Bitcoin se actualiza tras 4 largos años: estos son los cambios clave que llegarán a partir de noviembre.* Obtenido de <https://www.businessinsider.es/bitcoin-actualiza-monton-cambios-llegar>
- **EUROPA PRESS. (10 de mayo de 2021).** *Nueva detección fotónica anticipa procesadores cuánticos más potentes.* Obtenido de <https://www.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-nueva-deteccion-fotonica-anticipa-procesadores-cuanticos-mas-potentes-20210510104126.html>
- **European Commission. (2021).** *Photonics.* Obtenido de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/photonics>
- **FDA. (7 de febrero de 2019).** *FDA takes new steps to adopt more modern technologies for improving the security of the drug supply chain through innovations that improve tracking and tracing of medicines.* Obtenido de <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-takes-new-steps-adopt-more-modern-technologies-improving-security-drug-supply-chain-through>
- **Forbes. (16 de marzo de 2021).** *Marr B. Las seis tendencias de blockchain más importantes en 2021.* [En línea]. 2021. [acceso 25 de julio de 2021]. Disponible en: . Obtenido de <https://forbes.co/2021/03/16/tecnologia/las-seis-tendencias-de-blockchain-mas-importantes-en-2021/>
- **Forbes. (2021).** *What You Need To Know About Non-Fungible Tokens (NFTs).* Obtenido de <https://www.forbes.com/advisor/investing/nft-non-fungible-token/>
- **Game learn Team . (2021).** *The best serious games for corporate training of 2020.* Obtenido de <https://www.game-learn.com/the-best-serious-games-for-corporate-training-of-2020/amp/>
- **GARTNER. (2021).** *CLOUD-BASED GRID COMPUTING.* Obtenido de <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/cloud-based-grid-computing>
- **Grand View Research. (2020).** *Grand View Research. Gaming Simulator Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Hardware, Software), By Game Type (Racing, Shooting), By End Use, By Region, And Segment Forecasts, 2020 – 2027.* Obtenido de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gaming-simulator-market>
- **Healthy simulation . (2021).** *Serious games.* Obtenido de <https://www.healthysimulation.com/serious-games/>
- **IBM. (2021).** *Trusted vaccine distribution enable with blockchain .* Obtenido de <https://www.ibm.com/es-es/blockchain/solutions/vaccine-distribution>
- **IBM. (2021).** *What are smart contracts on blockchain? .* Obtenido de <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts>
- **Industryarc. (2020).** *Cloud Based Grid Computing Market – Forecast (2021 - 2026).* Obtenido de <https://www.industryarc.com/Report/19223/cloud-based-grid-computing-market.html>

- **IRTIC. (2021).** *Simuladores basados en Tecnologías Web.* Obtenido de <https://www.uv.es/uvweb/instituto-universitario-investigacion-robotica-tecnologias-informacion-comunicacion-IRTIC/es/grupos-investigacion/lsym/proyectos/simuladores-basados-tecnologias-web-1285895484292/ProjecteInves.html?id=1285899601829>
- **Juárez, C. (21 de enero de 2021).** *Hospitales de Reino Unido usan tecnología blockchain para el suministro de vacunas anticovid.* Obtenido de <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/hospitales-de-reino-unido-usan-tecnologia-bloc>
- **Kaiser, F. (2021).** *mMS-Sim4edu – 3D Mechatronics Simulation Software for TVET (incl. video).* Obtenido de <https://worlddidac.org/news/mms-sim4edu-3d-mechatronics-simulation-software-for-tvet-incl-video/>
- **Kogoya, A. S. (2020).** A REVIEW OF GRID COMPUTING. *Computer Science & IT Research Journal*, 1-6.
- **Lara, C. F. (13 de mayo de 2021).** *En dos años, el cómputo cuántico comenzará a dar un valor real a la humanidad.* Obtenido de <https://forbes.co/2021/05/13/tecnologia/en-dos-anos-el-computo-cuantico-comenzara-a-dar-un-valor-real-a-la-humanidad/amp/>
- **Leprince-Ringuet, D. (29 de julio de 2021).** *What is quantum computing? Everything you need to know about the strange world of quantum computers.* Obtenido de <https://www.zdnet.com/article/what-is-quantum-computing-everything-you-need-to-know-about-the-strange-world-of-quantum-computers/>
- **Lionix International. (23 de abril de 2020).** *Leading Dutch biochip companies accelerate development of fast and reliable COVID-19 test.* Obtenido de <https://www.lionix-international.com/about-us/blog/accelerated-development-of-fast-and-reliable-covid-19-test/>
- **Lucero, E. (18 de mayo de 2021).** *Unveiling our new Quantum AI campus.* Obtenido de <https://blog.google/technology/ai/unveiling-our-new-quantum-ai-campus/>
- **Marin, F. (7 de febrero de 2020).** *Cloud computing y Grid computing.* Obtenido de <https://conogasi.org/articulos/cloud-computing-y-grid-computing/>
- **Markets and Markets. (7 de agosto de 2020).** *Cloud Computing Market by Service Model (Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS), and Software as a Service (SaaS)), Deployment Model (Public and Private), Organization Size, Vertical, and Region - Global Forecast to 2025.* Obtenido de <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cloud-computing-market-234.html#:~:text=cloud%20computing%20market%3F-,The%20global%20cloud%20computing%20market%20size%20is%20expected%20to%20grow,17.5%25%20during%20the%20forecast%20period>
- **Markets and Markets. (2020).** *Photonics Market by Type (LED, Lasers, Detectors, Sensors and Imaging Devices, Optical Communication Systems & Networking Components, Consumer Electronics & Devices), Application End-Use Industry, and Region (2020- 2025).* Obtenido de <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/photonics-market-88194993.html>
- **Martín, J. A. (2020).** *Gamificación, serious games, simuladores y videojuegos en educación.* Obtenido de <https://exitoeeducativo.net/gamificacion-serious-games-simuladores-y-videojuegos-en-educacion/amp/>
- **Miley, J. (25 de noviembre de 2020).** *Key Application Areas For Integrated Photonics.*

Obtenido de <https://www.wevolver.com/article/key-application-areas-for-integrated-photonics#:~:text=Integrated%20photonics%20are%20already%20applied,accurate%20analysis%20of%20biological%20samples>

- **Mordor Intelligence. (2021).** *Serious Games Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021 - 2026)*. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/serious-games-market>
- **Neila Campos, M. N. (2020).** Simulation-based education involving online and on-campus models in different European universities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 1-15.
- **Pastor, J. (23 de enero de 2018).** *Edge computing: qué es y por qué hay gente que piensa que es el futuro*. Obtenido de <https://www.xataka.com/internet-of-things/edge-computing-que-es-y-por-que-hay-gente-que-piensa-que-es-el-futuro>
- **Ramírez, P. (2021).** *¿Cuáles son los tipos de criptomonedas más importantes?* Obtenido de <https://economia3.com/tipos-de-criptomonedas-mas-importantes/>
- **Research Dive. (2020).** *Gaming Simulator Market Expected to Grow at a CAGR of 17.2% by 2026*. Obtenido de <https://www.researchdive.com/press-release/gaming-simulator-market.html>
- **Riquelme, R. (20 de enero de 2018).** *¿Qué es el cómputo cuántico?* Obtenido de <https://www.eleconomista.com.mx/amp/tecnologia/Que-es-el-computo-cuantico--20180120-0001.html?>
- **Roca, J. (29 de mayo de 2021).** *Fotónica, la clave para mejorar el rendimiento de interfaces en PC*. Obtenido de <https://hardzone.es/reportajes/que-es/fotonica/>
- **Rodríguez, L. (2020).** *Looking into the Future of Solar Power Technologies: 5 of the Best Developments from 2020*. Obtenido de <https://ratedpower.com/blog/solar-power-technology/>
- **SECPHO. (2021).** *Tecnologías fotónicas*. Obtenido de <https://www.secpho.org/tecnologias-fotonicas/>
- **Techopedia. (2021).** *Cloud-Based Grid computing*. Obtenido de <https://www.techopedia.com/definition/30993/cloud-based-grid-computing>
- **Three Points. (14 de enero de 2021).** *Aplicaciones de Blockchain en la industria alimentaria. Trazabilidad, calidad y gestión de productos*. Obtenido de <https://www.threepoints.com/blog/aplicaciones-de-Blockchain-en-la-industria-alimentaria#:~:text=El%20uso%20de%20Blockchain%20en,caso%20de%20que%20sea%20necesario.&text=Todo%20esto%20dota%20de%20gran%20calidad%20a%20sus%20productos>
- **UNCTAD. (2021).** *Technology and innovation report 2021*. New York: Naciones Unidas.
- **University of Rochester. (5 de mayo de 2021).** *Researchers confront major hurdle in quantum computing*. Obtenido de <https://phys.org/news/2021-05-major-hurdle-quantum.html>

 <http://www.octi.cu>

 /+53 7203 1851

 octi@idict.cu

 /octicuba

 @OCTICuba

 t.me/octicuba



OCTI

Observatorio
Científico
Tecnológico
y de Innovación

C I E N C I A
P A R A T O D O S