

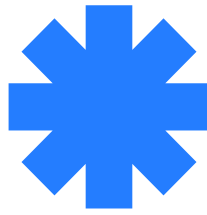
MEGA TRENDS 2025



POR DELANTE DEL FUTURO

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
1 — IA MÁS ALLÁ DE LOS LLMS: salto evolutivo y aplicaciones en la vida real	5
2 — REALIDADES INMERSIVAS: las nuevas fronteras de la interacción humana y los entornos digitales	8
3 — CIUDADES SABIAS: sostenibilidad e inteligencia para dar forma al futuro urbano	11
4 — MEDICINA DE PRECISIÓN: tratamientos personalizados para el futuro de la salud humana	13
5 — TECNOLOGÍA ESPACIAL PARA EL FUTURO DE LA TIERRA: de la exploración a la innovación práctica	16
6 — NEUROTECNOLOGÍAS: mejorar la mente y el cuerpo para el mañana	19
7 — SOSTENIBILIDAD PARA UN MUNDO CADA VEZ MÁS POBLADO	22
8 — TALENTO INNOVADOR: reimaginar la educación para un futuro tecnológico	25
9 — LOS NUEVOS PARADIGMAS DE LA SEGURIDAD DIGITAL	28
10 — AVANCES CUÁNTICOS: transformar industrias con la computación de próxima generación y el rol de los semiconductores	31
EDITORIAL. 2025 ESCENAS FUTURISTAS	34
AGRADECIMIENTOS	37



INTRO- DUCCIÓN

"Si he podido ver
más allá es porque me
encaramé a hombros
de gigantes"

Era 1676 cuando Isaac Newton dedicó esta puya a su adversario Robert Hooke, de baja estatura. La sarcástica pluma del padre de la física replicaba así una descripción exacta de la dinámica de la innovación: cualquier avance se sostiene sobre otros anteriores.

Sin la máquina de Turing no tendríamos inteligencia artificial. Si Newton no hubiera contemplado cómo caía una manzana —o se hubiera inspirado en las ideas de Robert Hooke para formularlas—, no existiría la informática. Sin el trabajo previo de Pitágoras, difícilmente el genio inglés habría llegado a describir la gravedad.

Descubrir la trayectoria que describen los avances científicos y tecnológicos, desde la observación a la práctica, es clave para intuir cómo serán nuestras vidas. Eso es precisamente lo que hemos pedido a los expertos del *think tank* Future Trends Forum, promovido por la Fundación Innovación Bankinter.

Hemos buscado en estos expertos de talla mundial la perspectiva adecuada para mirar más allá. Su profundo conocimiento de distintas disciplinas es el que nos permitirá conocer mejor las trayectorias innovadoras que nos llevarán al futuro y el camino que recorreremos hasta llegar a él.

Las diez tendencias que se recogen en este informe Megatrends 2025 se corresponden con distintos campos de la innovación que tienen el potencial de transformar nuestras vidas. De la inteligencia artificial a la computación cuántica, de la medicina de precisión al aumento de nuestras capacidades con neurotecnología, es hoy cuando se erigen los escalones a los que nos iremos encaramando para evolucionar.

El punto de vista de los expertos es el que nos permite comprobar la evolución de estas tendencias desde anteriores ediciones del informe. También descubrir en qué punto se encuentran y qué podemos esperar de cada una de ellas.

¿Qué hay más allá de los modelos grandes de lenguaje? ¿Cómo transformarán la industria los avances cuánticos? ¿Qué hará por nosotros la exploración espacial? ¿Cómo serán las ciudades que habitaremos? ¿Cómo cuidaremos nuestra salud? Megatrends 2025 explora las respuesta a estas y otras cuestiones.

Descubrir la trayectoria
que describen los avances
científicos y tecnológicos,
desde la observación a la
práctica, es clave para intuir
cómo serán nuestras vidas

TENDENCIA 1

IA MÁS ALLÁ DE LOS *LLMs

Salto evolutivo y aplicaciones en la vida real

Un robot Da Vinci sutura tejido como lo haría un cirujano. Lo hace él solo porque ha aprendido de los mejores: se ha dedicado a ver vídeos de operaciones y se ha puesto a la tarea. En un momento dado, la aguja se le cae. No ha visto qué debe hacer en ese caso, pero improvisa. Le sale bien: el robot toma de nuevo la aguja y continúa tranquilamente con su tarea.

Esto es básicamente lo que le pedimos ya a la inteligencia artificial: que resuelva tareas complejas por nosotros, que lo haga con solvencia en cualquier entorno y, por supuesto, sin saltarse las normas.

* Piensa como lo haría yo

La inteligencia artificial generativa ya no se conforma con ser un loro estocástico. Quiere parecerse cada vez más a nosotros. Los grandes modelos de lenguaje (LLMs) avanzan a paso firme y cada vez imitan mejor el razonamiento humano.

Los siguientes pasos en esta evolución vendrán de la mano de nuevos enfoques con los que invitaremos a la máquina a pensar como lo hacemos nosotros. Esa es la base del *chain of thought* (CoT) o cadena de pensamiento.

Este enfoque está detrás de grandes hits en IA generativa como los modelos o1 de Open AI o el chino Deepseek R-1, que “piensan en voz alta” antes de ofrecer una respuesta. Lo que hacen es dividir un problema desafiante en secuencias de pasos lógicos más manejables para resolverlo. Como si estuvieran en clase de matemáticas.

Ahora toca acelerar y optimizar ese razonamiento. Meta propone hacerlo con COCONUT, una cadena de pensamiento continuo que permite a los modelos “pensar” sin palabras.

* Llega a donde no llego yo

En realidad, los grandes modelos de lenguaje (LLMs) son solo la punta de lanza de lo que está por venir. El desarrollo de pequeños modelos más eficientes para usos empresariales impulsará también la evolución de la inteligencia artificial.

Lo adelantábamos en Megatrends 2024: la inteligencia artificial vertical está llamada a revolucionar industrias enteras. Ya estamos viendo los resultados.

Una IA hiperespecializada ha desarrollado y probado con éxito uno de los motores más difíciles de la industria aeroespacial. La herramienta de Microsoft MatterGen no busca el material adecuado entre los que ya existen, sino que lo crea a medida y desde cero.

¿Qué ocurrirá cuando la inteligencia artificial se integre con los chips neuromórficos?, ¿cómo será el software cuántico que llevará las predicciones a otro nivel?, ¿tendremos talento disponible para desarrollarlo?

Una IA hiperespecializada
ha desarrollado y probado
con éxito uno de los motores
más difíciles de la industria
aeroespacial

* Actúa como actuaría yo

Los agentes autónomos son sistemas de IA que aprenden, operan, toman decisiones y reaccionan a los cambios. Son capaces de leer el entorno y actuar sobre él, como hacen ya los agentes que leen una web, rellenan formularios y ejecutan acciones. Se están convirtiendo en compañeros habituales de equipos de ventas, atención al cliente o logística.

Estos sistemas aprenden a resolver problemas, automatizan tareas y actúan cuando es necesario. Como resultado, ayudan a priorizar oportunidades de venta, buscan nuevos clientes, resuelven preguntas de los ya existentes o intervienen para minimizar las interrupciones de la cadena de suministro.

La evolución de estos agentes pasará por la robótica y la sensorización. Se trata de que robots y trabajadores lleguen a colaborar plenamente en entornos complejos, algo que el avance en estas tecnologías hará posible.

El desarrollo de agentes móviles autónomos y cobots cognitivos—capaces de aprender del entorno, decidir y adaptar sus acciones a escenarios de producción dinámicos en tiempo real— es un buen ejemplo de esta tendencia. Las startups ya se han puesto manos a la obra.

Esta confluencia marcará el paso de los grandes modelos de lenguaje a los grandes modelos de acción, optimizados para tomar decisiones y ejecutar tareas. Google ya habla de la nueva "era de la agencia".

* Comportate como lo haría yo

El siguiente hito lo traerán bajo su brazo la *embodied AI* y los robots humanoides. Existen incluso campos de entrenamiento para ellos: los hemos visto en Shanghai ensayando para pintar coches o servir platos de patatas fritas con asombrosa precisión. Compañías como Tesla o Meta ya están sentando las bases para desarrollar y comercializar sus propios modelos.

Estos artilugios, que observamos con asombro, son un buen ejemplo de los retos éticos que trae una inteligencia artificial vertiginosa. Aunque su forma humana tiene un gran potencial para favorecer la interacción con nosotros, también puede llegar a confundirnos sobre su verdadera naturaleza.

De momento, las instalaciones de Shanghai prevén entrenar solamente unos 1.000 humanoides hasta 2027. ¿Qué ocurrirá después?, ¿podrán desenvolverse en el entorno real de un restaurante?, ¿a qué herramientas recurrirán ante un dilema moral durante un atraco?, ¿hablaremos con ellos como lo haríamos con un humano?

El impacto de estos avances en el empleo, la legislación y las relaciones humanas puede ser significativo. Es necesario alinear la IA con los intereses de los ciudadanos y para eso es imprescindible tanto garantizar la equidad en el acceso como evitar la formación de monopolios tecnológicos. Ya se plantean recetas para lograrlo: una gobernanza global que busque el beneficio de la humanidad junto a una soberanía digital que minimice la dependencia de los países de unos pocos actores.

Se trata de que la IA no solo sea productiva, sino fundamentalmente ética y segura. De que el robot quirúrgico no solo suture bien, sino que ponga siempre por delante los intereses del paciente.

El entrenamiento de agentes autónomos, la seguridad laboral en los nuevos entornos de trabajo o el desarrollo de humanoides de asistencia a personas dependientes son oportunidades que surgen al abrigo de estos avances.

¿Quién será responsable de las decisiones de un agente autónomo? ¿Cómo nos relacionaremos con los humanoides? ¿Cómo será el juramento hipocrático de un robot?

TENDENCIA 2

REALIDADES INMERSIVAS

Las nuevas fronteras de la interacción humana y los entornos digitales

De ver una película a decidir cómo se desarrolla su trama en tiempo real. De probar un producto físico a trastear con su gemelo digital. De jugar un videojuego con movimientos físicos a generarlo con pensamientos y emociones.

Tal y como decíamos en Megatrends 2024, las tecnologías inmersivas tienen la capacidad de transformar sectores enteros. Nuestra manera de experimentar el mundo cambiará por completo gracias a ellas. Industrias, negocios y modos de vida se transformarán.

* Del pulgar a la inteligencia aumentada

Nuestras relaciones con los dispositivos electrónicos se han basado hasta ahora en un rasgo que nos distingue de las demás especies: nuestros pulgares. Llevábamos milenios usándolos para manejar herramientas, así que cambiar de canal, jugar a videojuegos o escribir mensajes de texto no fueron una excepción.

En el futuro, nuestra interfaz por defecto para manejar un ordenador o un smartphone será inmersiva. Nuestra interacción con las máquinas dependerá menos de nuestros pulgares y más de nuestro sistema nervioso.

Los avances en neurotecnología, sensorización, tecnologías inmersivas e inteligencia artificial diluirán los límites entre mundo físico y digital. Esta inteligencia aumentada permitirá a las máquinas detectar inmediatamente nuestras reacciones, adaptarse a ellas y crear experiencias a medida. Esto último llegará de la mano de la realidad virtual, la realidad aumentada, la realidad mixta y la realidad extendida.

Videojuegos que se desarrollan en el plano físico y responden a nuestro estado de ánimo o respuestas neuronales. Clientes que prueban el gemelo digital de un coche para fabricarlo a su medida. Son solo dos ejemplos de lo que nos espera.

* Un nuevo paradigma

La clave para llevar un ordenador o un smartphone más allá de sus límites físicos está en la computación espacial. Este paradigma sentará las bases para que las máquinas nos comprendan e interactúen mejor con nosotros.

Apple ya define sus VisionPro como su primer ordenador espacial. Meta ha licenciado su sistema operativo espacial Horizon OS para fabricantes de hardware como Lenovo o Asus. También ha creado *frameworks* y herramientas para facilitar el trabajo a desarrolladores y creadores de experiencias de realidad mixta. Incluso Meta ha presentado sus gafas Orion, que pasan desapercibidas, pero integran ya tecnologías básicas de realidad aumentada.

Estos movimientos favorecerán el desarrollo de una economía de los entornos virtuales. Nuevos modelos de negocio y mercados basados en activos digitales, junto a metaversos económicos, verán la luz.

En esa nueva economía, pasaremos de un paradigma local a otro temporal. A medida que los límites entre el mundo físico y el digital se difuminen, lo harán también convenciones como los husos horarios. Mediremos la distancia en horas, no en kilómetros.

Las empresas deberán encontrar la manera de abandonar el marco físico y local para adaptarse a la nueva realidad. Merecerá la pena: disponer de información en tiempo real gracias a la realidad aumentada mejorará la toma de decisiones en momentos críticos, entre otras ventajas.

Hoy, las tecnologías inmersivas son todavía incipientes, aunque prometen fomentar formas de monetización creativa y nuevas oportunidades económicas, desde la creación de metaversos virtuales y mixtos para terceros a la de apps espaciales para pantallas flotantes.

* Creación sin límites

Todo ese mundo creativo que han abierto las tecnologías inmersivas tiene su aliado natural en la inteligencia artificial. Gracias a ella, la creación de música, vídeo y entornos 3D para videojuegos en tiempo real se está transformando. Lo apuntaba Megatrends 2024: su uso en programación y en generación de vídeos inmersivos tiene un enorme potencial para multiplicar el desarrollo de aplicaciones de realidad digital.

La IA acelera todo tipo de procesos en la generación de contenidos inmersivos, que se ha vuelto más accesible y eficiente. Argumentos, guiones, personajes y melodías se crean automáticamente. Los entornos 3D se renderizan ágilmente para crear nuevos escenarios intrincados en tiempo real. Crear un prototipo para un videojuego o una serie —y probarlo— es mucho más rápido y económico.

El significado de NPC (*non playable character*) ha cambiado. Estos personajes decorativos que sirven para dar contexto ya adaptan sus interacciones y su comportamiento a lo que ocurre en el videojuego. El siguiente nivel o escena no están codificados de antemano: ya se generan automáticamente en función de nuestro progreso.

* Mundos más accesibles

La eliminación de barreras entre el mundo virtual y físico que proporcionan las tecnologías inmersivas tendrá una gran beneficiada: la inclusión digital. Las experiencias sociales y las laborales se redefinirán gracias a su capacidad de trascender el mundo físico. Todo esto facilitará la integración de personas mayores y con discapacidades.

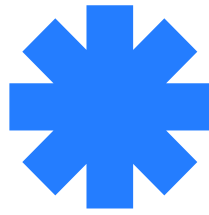
Usar interfaces hápticas en entornos virtuales o disponer de información adicional adaptada en realidad aumentada será algo cotidiano para personas con discapacidades sensoriales o declive cognitivo. Compartir espacios con compañeros de trabajo será más sencillo para quienes tienen una discapacidad motora.

Las terapias serán más accesibles y personalizables gracias a su desarrollo en entornos inmersivos. Acariciar a un animal virtual se sentirá literalmente en las manos y se podrá hacer desde casa. Algo similar ocurrirá con la educación que, gracias a estas tecnologías, se adaptará más fácilmente a las necesidades del alumno y, al mismo tiempo, verá favorecido su acceso universal gracias a la reducción de los costes asociados a las instalaciones físicas.

La generalización de las tecnologías inmersivas traerá grandes oportunidades en entornos educativos, laborales y de ocio. También deja abiertos algunos interrogantes que deberemos atender. ¿Hasta qué punto podrán fomentar la desconexión del mundo físico? ¿Qué legislación afectará a los nuevos mundos virtuales? ¿Llegaremos a pasar más tiempo en nuestra casa virtual que en la física?

La generalización de las tecnologías inmersivas traerá grandes oportunidades en entornos educativos, laborales y de ocio

TENDENCIA 3



CIUDADES SABIAS



Sostenibilidad e inteligencia para dar forma al futuro urbano

Los expertos coinciden: la verdadera ciudad sabia será aquella capaz de combinar tecnología de última generación con prácticas sostenibles y ciudadanos empoderados. La arena bajo los adoquines no será una playa, sino una colaboración entre tecnologías gobernada por nosotros.

Las infraestructuras hiperconectadas transformarán la vida en la ciudad. Crearán redes fluidas que vincularán todo, desde la movilidad hasta los sistemas energéticos. Los espacios urbanos se volverán cada vez más eficientes, sostenibles, integradores y centrados en las personas.

* El reto del cambio climático

Una de las principales amenazas que afrontan las ciudades son las consecuencias del cambio climático. Ante eventos climatológicos cada vez más devastadores y recurrentes, los entornos urbanos deben exhibir una importante resiliencia.

Tecnologías como el análisis predictivo y los sistemas de alerta temprana basados en internet de las cosas ayudarán a gestionar emergencias climáticas. Esa resiliencia de la ciudad sabia ante el cambio climático se construirá sobre dos aspectos: previsión y adaptación.

Por un lado, la combinación de información satelital con inteligencia artificial predecirá fenómenos potencialmente catastróficos con una antelación y precisión nunca vistas. Por el otro, las infraestructuras conectadas serán capaces de reaccionar en tiempo real para proteger al entorno urbano y sus habitantes.

Más allá de la protección ante el cambio climático, la ciudad sabia contribuirá activamente a su mitigación. En el nuevo paradigma de sostenibilidad urbana, los edificios y las infraestructuras ya no se diseñarán para minimizar su huella de carbono, sino para mejorar la calidad del aire, la gestión del agua y la biodiversidad. Las redes eléctricas ganarán inteligencia no solo para ser más eficientes, sino para promover una producción de energía sostenible y multipolar.

* Ciudad sabia y fluida

El enfoque hacia ciudades capaces de predecir y evitar problemas antes de que surjan no solo servirá para protegernos ante fenómenos meteorológicos. Esta capacidad mejorará también los flujos y la funcionalidad de las ciudades. Se volverán más eficientes y centradas en las personas.

En esa mejora tendrá mucho que ver también la movilidad autónoma y conectada, que ya es una realidad cotidiana en algunas ciudades. Los avances en esta tecnología han permitido a Waymo ofrecer ya sus servicios de robotaxis en todo San Francisco y para todos sus habitantes. La británica Wayve para que sus vehículos aprendan a reaccionar en situaciones inesperadas que se les resisten.

El *mobility as a service* que anticipaba ya Megatrends 2023 se abre paso como parte integral de la ciudad. Los vehículos autónomos ya empiezan a formar parte de su paisaje. Es solo cuestión de tiempo que compartan datos con el resto de los medios de transporte e infraestructuras para coordinarse con ellos y mejorar la fluidez urbana.

Todavía quedan algunos interrogantes por resolver respecto a las ciudades del futuro. ¿Cómo cambiarán la arquitectura urbana la impresión 3D de edificios, los materiales inteligentes y los sistemas de reciclaje avanzado? ¿Se acabarán convirtiendo las ciudades en refugios climáticos? ¿Ayudará la IA a reducir la dependencia de grandes centros urbanos y distribuir mejor la actividad económica?

Tecnologías como el análisis predictivo y los sistemas de alerta temprana ayudarán a gestionar emergencias climáticas

TENDENCIA 4

MEDICINA DE PRECISIÓN

Tratamientos personalizados para el futuro de la salud humana

Hace apenas diez años, secuenciar el genoma de una persona para encontrar la manera de curar su cáncer parecía ciencia ficción. Sin embargo, se hizo. Con la información obtenida, un paciente con un sarcoma raro fue tratado con éxito con un medicamento para melanomas.

Se abrían así las puertas a la medicina personalizada y a algo más: hoy, secuenciar un genoma es mucho más rápido y económico, así que también se ha vuelto más habitual. El camino que emprendió entonces la genómica es el que ahora recorren otras disciplinas llamadas a transformar la medicina de precisión y, con ella, nuestra relación con las enfermedades

* Prevención a medida

El presente y el futuro de la medicina de precisión pasa por campos como la genética, la proteómica o la biología sintética. También por la integración de tecnologías que cambiarán el enfoque del cuidado de la salud de un paradigma reactivo a uno proactivo y, sobre todo, a la medida de cada persona.

Hoy, en España, ya se busca la generación de gemelas digitales de pacientes con distintos tipos de cáncer. Se utilizarán para anticiparse a la enfermedad, más que para reaccionar ante ella. Su uso permitirá saber cómo evolucionará el cáncer, qué tratamientos pueden resultar más eficaces en cada mujer y qué hábitos de vida ayudarán a mejorar el resultado de las terapias.

En esa medicina proactiva y personalizada, la prevención será crucial. Hoy ya sabemos que tener duplicado un determinado gen causa Alzheimer. Sus portadores tienen muchas probabilidades de desarrollar la enfermedad. Este conocimiento permite identificar con mucha antelación a personas con esta característica para ofrecerles medidas preventivas adaptadas a su perfil genético y estilo de vida.

Es un enfoque que se puede extender a muchas otras enfermedades, desde la diabetes hasta las cardiovasculares. La farmacogenética facilitará el desarrollo de tratamientos adaptados a las variantes genéticas del paciente y, por tanto, más eficaces y con menos efectos secundarios. Incluso se podrá predecir la reacción al tratamiento para ajustarlo antes de que aparezca la primera señal de la enfermedad.

* Diseñar vida

El siguiente paso vendrá de la mano de tecnologías avanzadas. Ahora tenemos herramientas que nos permiten abstraer la biología, encapsular su complejidad y sacarle partido. Desde grandes modelos de lenguaje que "hablan" el lenguaje de la vida a redes neuronales que predicen la estructura 3D de las proteínas o métodos de difusión para diseñar proteínas con formas específicas.

Estas tecnologías ayudarán a desbloquear el potencial que la biología tiene para nuestra salud. Las posibilidades son inmensas: del diseño de medicamentos más precisos a la creación inmediata de nuevas vacunas o de terapias sin efectos secundarios basadas en moléculas que no existen en la naturaleza.

Los expertos aseguran que veremos una aceleración del diseño biológico, impulsada por la inteligencia artificial, que tendrá un impacto real en la salud humana. Hasta ahora, solo nos podíamos limitar a tratar de transferir lo que observábamos en animales que hacen cosas increíbles, como resistir a la radiación gracias a proteínas o rejuvenecerse por completo. Gracias a la biología sintética, también podremos diseñar soluciones a nuestra medida para imitarlos.

Terapias n-of-1 o planes para revertir el envejecimiento generados a medida con inteligencia artificial. Proteínas que salen del laboratorio para cumplir funciones avanzadas específicas. Tecnología cuántica para diseñar tratamientos personalizados de manera escalable. La medicina del futuro tendrá poco que ver con lo que conocíamos hasta ahora.

La medicina del futuro
tendrá poco que ver
con lo que conocíamos
hasta ahora

* Proteger el manual de instrucciones

Precisamente los tratamientos n-of-1, generados a partir de ensayos realizados en un solo paciente, plantean cuestiones inevitables sobre la privacidad y la seguridad de los datos médicos.

Hasta ahora, el número de actores que intervenían para indicar una terapia era relativamente limitada. A medida que se personalice el proceso, cada vez habrá más. No solo eso: también será necesario recopilar más datos sensibles del paciente.

¿A quién pertenecerán los datos de un ensayo n-of-1? ¿Al paciente?, ¿al hospital?, ¿a la farmacéutica?, ¿a la plataforma tecnológica que genera el tratamiento? ¿Qué legislación les afectará? ¿Quién será responsable de su protección?

Con una salud cada vez más dependiente de los datos personales, las buenas prácticas en su gestión y protección serán cada vez más críticas. Las consecuencias de un ataque irán mucho más allá del historial de enfermedades. Si se filtran su genoma o su proteoma, el propio manual de instrucciones del paciente quedará expuesto.

El concepto de vulnerabilidad alcanzará cotas nunca vistas y también deberá hacerlo el de seguridad de los datos.

TENDENCIA 5

TECNOLOGÍA ESPACIAL PARA EL FUTURO DE LA TIERRA



De la exploración a la innovación práctica

Lo aventuraba Megatrends 2024: “muchas respuestas a retos terrestres vendrán de la conquista del espacio” y así lo corroboran los expertos. Los avances para la exploración espacial pueden convertirse en la respuesta a retos como la resiliencia ante el cambio climático, la alimentación sostenible, la salud o la disponibilidad de agua y energía.

Los satélites ofrecen ingentes cantidades de información sobre los cambios en la Tierra que podrán servir de base para simular el futuro y adelantarnos a él.

* ¿Qué ha hecho la tecnología espacial por nosotros?

La tecnología que hace posible la exploración espacial ya resuelve problemas inmediatos en la Tierra.

Los sistemas satelitales de órbita terrestre baja como Starlink ya llevan conexión a internet de banda ancha a zonas rurales donde antes no llegaba. Los datos procedentes de la Estación Espacial Internacional ya ayudan a mejorar la predicción y gestión de desastres naturales. Los satélites aportan información precisa para la monitorización de cultivos y la gestión de recursos, facilitando una agricultura de precisión a escala global.

Hay muchas más cosas que la tecnología y la exploración espaciales podrán hacer por nosotros. Ya hay misiones que exploran cómo canalizar la energía solar espacial a la Tierra mediante tecnología de microondas.

* Más ojos sobre la tierra

Pseudosatélites como los HAPS, capaces de obtener imágenes de gran resolución, mejorarán la observación terrestre para resolver retos en la Tierra. Con visualizaciones más detalladas, el control de los cultivos, la logística de la cadena de suministro y la agricultura de precisión alcanzarán otro nivel. Empresas como la española Satlantis ya ofrecen soluciones tecnológicas para pequeños satélites de observación.

Todo esto facilitará una industria alimentaria más sostenible. También mejorarán la detección temprana de incendios o el control medioambiental para aumentar la resiliencia ante el cambio climático.

En este sentido, la inteligencia artificial ya comienza a realizar simulaciones del futuro extraordinariamente precisas a partir de datos satelitales. La observación terrestre pronto alcanzará un valor incalculable para prevenir y gestionar catástrofes.

Ya hay misiones que exploran cómo canalizar la energía solar espacial a la Tierra mediante tecnología de microondas

* Mucho más que paseos lunares

El empuje de las grandes agencias y de la iniciativa privada en la exploración espacial nos hace soñar con colonizar otros cuerpos celestes. La Luna o Marte están en su punto de mira: la española PLD Space ya prepara una misión con capacidad de transportar pasajeros y carga a nuestro satélite para 2030. SpaceX y China prevén haber enviado antes sus primeras misiones a Marte.

Eso sí, los avances necesarios para vivir allí no perseguirán únicamente reemplazar nuestra presencia en la Tierra, sino mejorarla. Para los expertos, las colonias interplanetarias podrían servir como centros de investigación para nuevas tecnologías que se puedan aplicar a los problemas más urgentes de la Tierra. El aprovechamiento de recursos escasos, su reutilización o la generación de energía podrían alcanzar niveles nunca vistos en estos entornos.

En cualquier caso, la presencia de empresas privadas en este tipo de gestas muestra que el espacio hace tiempo que dejó de ser el laboratorio de las grandes agencias. No solo se ha convertido en un mercado abierto a todos, sino que es cada vez más accesible.

Ese NewSpace que impulsa la exploración espacial se ha enfocado claramente hacia la innovación y la reducción de costes para poder competir. Un dato: a principios de siglo, enviar un kilogramo al espacio costaba 15.000 dólares. Hoy solo cuesta 4.000.

En esto tienen mucho que ver las soluciones a las que recurren las empresas privadas, como cohetes reutilizables, satélites más eficientes y ligeros o reunir varios vehículos en un solo lanzamiento.

* LEO Economy al rescate

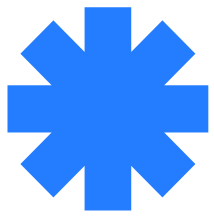
“Es posible que, al igual que existen empresas logísticas espaciales, pronto existan iniciativas de limpieza para deshacerse de toda la chatarra que ya no se puede utilizar”. Este era el vaticinio de Megatrends 2024 ante el preocupante aumento de residuos espaciales, que pone en jaque el éxito de futuras misiones.

La *LEO Economy* ya se ha puesto manos a la obra: se están organizando brigadas de limpieza que permitirán capturar restos de tecnología espacial para darles una segunda vida. Las empresas OHB SE y ClearSpace ayudarán a la ESA a retirar un satélite lanzado en 2001. La española GMV ya ensaya el uso de redes para capturar objetos obsoletos.

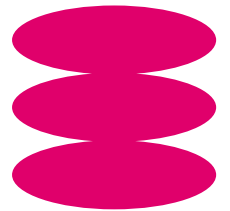
Todo esto forma parte de una economía emergente de servicios en órbita. Inspección de satélites, repostaje y tratamiento de final de vida son algunos ejemplos. Hay empresas como la japonesa Astroscale que llevan tiempo en ello.

En cualquier caso, el problema de la contaminación espacial debe abordarse también desde una regulación internacional capaz de prevenirla. La creciente variedad de actores y territorios con acceso al espacio puede dificultar su desarrollo, pero no debe servir de excusa para aplazarla. No nos lo podemos permitir.

TENDENCIA 6



NEURO- TECNO- LOGÍAS



Mejorar la mente y el cuerpo para el mañana

Un hombre paralizado guía con sus pensamientos un dron virtual por un recorrido lleno de obstáculos. Ya hay tres personas que utilizan los implantes cerebrales de Neuralink para diseñar objetos en 3D o navegar por internet. La empresa pronto probará la eficacia de estos chips para manejar brazos robóticos. Un exoesqueleto controlado con la mente acelerará la rehabilitación tras un ictus.

Si llegamos a leer el párrafo anterior hace unos años, no nos lo creeríamos. Sin embargo, hoy no nos sorprende tanto. Nos parece perfectamente factible. Esto es así porque la neurotecnología se vuelve cada vez más cotidiana.

Su evolución no solo facilitará grandes avances terapéuticos como los que ya se están viendo: también nos permitirá ir más allá de los límites de nuestro cuerpo, nuestra mente e incluso nuestra sociedad. Además, no será imprescindible pasar por quirófano para conseguirlo.

* Las llaves del futuro

Las interfaces cerebro-máquina (BMI) pueden ayudarnos a superar barreras. Serán las prótesis que nos ayudarán a navegar un futuro exigente y tecnológico. Gran parte de nuestra evolución dependerá de nuestra capacidad para entendernos con las máquinas y serán ellas las que nos facilitarán la labor.

La creciente simbiosis entre humanos y tecnología nos permitirá también empujar los límites de lo que podemos llegar a lograr juntos. Como recogía Megatrends 2024, lo que hoy ayuda al tratamiento de enfermedades neurodegenerativas también abrirá una nueva era de interacción humano-máquina e interacción humano-máquina-humano.

Las interfaces cerebro-máquina que hoy permiten a un paciente de ELA volver a hablar con su familia nos abrirán las puertas a interacciones más integradas con las máquinas y con nuestros semejantes. Lo harán apoyadas por otras tecnologías avanzadas.

¿Qué ocurrirá cuando la neurotecnología y la tecnología cuántica se entrelacen? ¿Qué podremos hacer cuando los BMIs y la inteligencia artificial se integren?

* Mucho más que implantes

Las herramientas de inteligencia artificial podrán ayudarnos en la toma de decisiones y la resolución de problemas. Tendremos asistentes que acompañarán nuestros propios procesos mentales gracias a su interacción con nuestros BMIs. Para los expertos, esta asociación podría elevar las capacidades humanas, permitiéndonos abordar desafíos complejos de manera más eficiente.

Por su parte, el uso de neurotecnologías para conectar personas abrirá las puertas a una nueva era de las relaciones humanas. Ya existe tecnología capaz de entender y traducir con una precisión sorprendente nuestros diálogos internos. Es cuestión de tiempo que nos permita transmitirlos a otros para comunicarnos con ellos.

La evolución de esa comunicación telepática no solo permitirá transmitir pensamientos, sino compartir emociones. Para los expertos, esto podría cambiar la forma en que los humanos se conectan y se entienden entre sí.

Todo esto lo propiciarán interfaces cerebro-máquina cada vez menos invasivas. Ya se prueba el uso de sensores cuánticos para mejorar la integración entre tecnología y cognición humana sin necesidad de intervención quirúrgica. Empresas como Meta o Apple trabajan en wearables y sensores no invasivos capaces de leer señales cerebrales.

El uso de neurotecnologías
para conectar personas
abrirá las puertas a una
nueva era de las
relaciones humanas

* Seguridad y neuroderechos

A medida que estas tecnologías avanzan y se popularizan, existen importantes consideraciones morales y deontológicas que se deben abordar. Es esencial desarrollar un marco ético y jurídico sólido que acompañe su desarrollo.

Garantizar la seguridad de las interfaces cerebro-máquina y otras neurotecnologías será primordial para evitar el uso indebido de sus capacidades. No solo la de leer la mente, sino también posibilidades como el control del pensamiento o la manipulación de sesgos.

El acceso no autorizado a la actividad cerebral tendría consecuencias nefastas. Impedirlo es prioritario. Los expertos apuntan que las neurotecnologías deben desarrollarse con salvaguardas suficientes para proteger la autonomía individual, la privacidad y el libre albedrío.

Todo ello, dentro de un marco legal que proteja los neuroderechos de las personas. Lo reclamaba Megatrends 2023: conviene reflexionar ya sobre los derechos relacionados con los avances de las neurotecnologías. En España, el Congreso de los Diputados ha escuchado ya al neurocientífico Rafael Yuste defender el desarrollo de una normativa de neuroderechos que ya está en marcha en países como Chile, Brasil, México o Estados Unidos.

La regulación deberá proteger, como ya hemos comentado, el derecho a la privacidad mental, a la libertad cognitiva, a la integridad mental y a la identidad personal. También deberá abordar cuestiones prácticas como la propiedad y protección de los datos mentales o a la transparencia de los proveedores.

Es necesario garantizar que las personas comprenden y aceptan plenamente los riesgos y beneficios del uso de estas tecnologías mediante consentimientos informados claros. Hacer *scroll* y pulsar directamente "Acepto" será más peligroso que nunca.

La propia mejora cognitiva requiere también una profunda reflexión. ¿Hasta qué punto se puede considerar ético el aumento de capacidades? ¿Cómo garantizar su acceso equitativo para evitar brechas en la humanidad?

TENDENCIA 7

SOSTENIBILIDAD PARA UN MUNDO CADA VEZ MÁS POBLADO

“La sostenibilidad afecta a todo. Ha pasado de la mera protección del medioambiente a impregnar prácticamente todos los aspectos de nuestra vida”. Así definía Megatrends 2024 la ubicuidad que ha ganado este concepto.

También así lo reconocen los expertos: con una población creciente, el foco de la sostenibilidad deberá ensancharse. Debemos pasar de un modelo basado en la reducción de la huella de carbono a otro que también integre los sistemas de agua, energía y alimentación. Ese enfoque equilibrado es el que abrirá las puertas a un futuro que nos asegure a todos el acceso a aquello que necesitamos.

A encontrar ese equilibrio nos ayudarán sistemas avanzados de distribución y almacenamiento energético, la biomanufactura o el desarrollo de materiales a la carta que reducirán el consumo de agua y energía en la producción de bienes.

* Residuos que valen mucho

La economía circular será fundamental para aprovechar al máximo los recursos del planeta y minimizar el impacto sobre él de una población en aumento.

Este paradigma ya está transformando sectores enteros, desde la recuperación de superficie agrícola a la de minerales críticos para la transición digital y energética. La colaboración entre tecnología y responsabilidad ambiental es la que hace posible la optimización en el uso de recursos y la reducción de residuos en todo tipo de industrias.

La recuperación y reutilización de materiales clave reciclados es una de las principales tendencias en este sentido. Algunas compañías ya están dando grandes pasos para recuperar la práctica totalidad del litio y el grafito de las baterías. La industria de la moda también utiliza de manera habitual para confeccionar sus colecciones. La agricultura regenerativa ayuda a recuperar los suelos cultivables que hemos perdido a causa de prácticas agrícolas insostenibles.

* Biomanufactura y materiales

Un paso más allá, la biomanufactura revolucionará todo tipo de fabricación, desde alimentos a materiales e incluso dispositivos electrónicos. Biosensores cuánticos para agricultura de precisión, biocomputadoras de bajo consumo o carne sostenible son algunos ejemplos de las posibilidades que abre esta disciplina.

La investigación de materiales para reducir el consumo de recursos vírgenes, agua y energía también será fundamental. El descubrimiento y el desarrollo avanzados de nuevas materias primas allanará el camino a una industria neutra en carbono y en utilización de agua.

Como hemos visto, ya no será imprescindible buscar estos materiales en la naturaleza: le daremos instrucciones a un modelo generativo para que nos los diseñe a medida. Es cuestión de tiempo que la explotación de recursos naturales vaya dejando paso a nuevas materias artificiales y ahorradoras.

La colaboración entre tecnología y responsabilidad ambiental es la que hace posible la optimización en el uso de recursos y la reducción de residuos

* Energía inagotable (también nuclear)

La energía limpia e inagotable será la piedra sobre la que se construirá el futuro suministro sostenible. En algunas regiones del mundo, la figura del prosumidor, que produce y consume energía, transformará las redes eléctricas actuales. Se convertirán en una especie de internet de la energía que permitirá su intercambio óptimo.

Los avances en almacenamiento ayudarán a propulsar la disponibilidad de las energías limpias. Ya hay empresas que quieren utilizar la gravedad en los rascacielos para convertirlos en enormes baterías de energía renovable.

Las fuentes de generación distribuidas coexistirán con otras centralizadas y descarbonizadas: biocombustibles, hidrógeno verde e incluso energía nuclear de alta seguridad para garantizar el consumo.

La industria tecnológica, gran consumidora de energía eléctrica, está propiciando una segunda juventud de la fisión nuclear. Prototipos prometedores como los reactores modulares pequeños (SMR) aspiran a abastecer grandes centros de datos como los de Google. Incluso se plantea ya la reapertura de antiguas instalaciones nucleares de la mano de Microsoft.

Junto al desarrollo de la fusión nuclear, que nos permitirá fabricar "soles" en la Tierra, estas soluciones nos proveerán de la energía que necesitamos sin comprometer el futuro. Todavía quedan décadas, pero la iniciativa privada ya empieza a asomarse a la fusión. Lo hace a través de startups que preparan prototipos de reactores de fusión para convertir esta energía experimental en un negocio rentable y sostenible en el futuro. Precisamente ese futuro de las energías nucleares centrará el Future Trends Forum de Fundación Innovación Bankinter que se celebrará en junio.

* Agua y alimentos para todos

La predicción avanzada de la demanda de agua o la optimización de cultivos también tendrán mucho que aportar a la sostenibilidad que nos espera.

Tecnologías como la inteligencia artificial y el internet de las cosas serán claves para la monitorización en tiempo real de la calidad y el uso del agua, el mantenimiento predictivo de infraestructuras y una distribución optimizada. La obtención de agua de fuentes como la humedad del aire o una recuperación de residuos hídricos cada vez más eficiente reducirán el consumo de este recurso escaso y vital.

Por su parte, el desarrollo de cultivos modificados mediante bioingeniería para utilizar menor cantidad de agua o crecer en medios con agua salada tiene el potencial para transformar la agricultura en áreas con estrés hídrico. Los satélites se encargarán de vigilar su evolución y permitirán actuar allí donde sea necesario antes de que la cosecha se eche a perder.

TENDENCIA 8

TALENTO * INNO- D VADOR

Reimaginar la educación para un futuro tecnológico

Del *one-fits-all* al *this-fits-me*. La tecnología revolucionará la educación tal y como la conocemos, al pasar de un modelo generalista a otro personalizado.

Es una transformación que ya ha comenzado: distintas instituciones educativas incorporan ya experiencias inmersivas e inteligencia artificial en su relación con los alumnos.

La evolución de estas tecnologías, junto a la de otras incipientes como las interfaces cerebro-máquina, contribuirá a la expansión de programas, itinerarios formativos y evaluaciones a medida. Eso sí, no lo harán en solitario. Las habilidades humanas seguirán siendo indispensables.

* Optimizar el aprendizaje

El objetivo de la educación que viene será optimizar la curva de aprendizaje de los alumnos y ayudarles a desarrollar su potencial para desenvolverse en un futuro tecnológico. La tecnología ayudará a adaptar las experiencias educativas a las fortalezas y debilidades de los alumnos en tiempo real.

Tutores propulsados por inteligencia artificial que ofrecen retroalimentación y apoyo inmediato a los estudiantes serán cada vez más comunes. Los avances en modelos de lenguaje ya ayudan a responder mejor preguntas complejas y guiar a los estudiantes en la resolución de problemas.

La realidad mixta fusionará los mundos físico y virtual. En los nuevos entornos educativos, los estudiantes interactuarán con contenido digital y objetos del mundo real. Mientras colocan una prótesis a un paciente virtual u observan cómo se comporta la estructura de un puente digital, recibirán instrucciones inmediatas, detalladas y más relevantes para hacerlo después en el mundo real.

Las interfaces cerebro-máquina mejorarán las experiencias de aprendizaje al conectar directamente los procesos cognitivos del alumno con plataformas digitales.

Todo esto facilitará métodos educativos más inmersivos, efectivos y personalizados, que deberán ser también accesibles y seguros. Cuestiones como los neuroderechos y la privacidad de los alumnos o los sesgos de los tutores virtuales deberán afrontarse con premura.

* De la pantalla a la vida real

Megatrends 2024 se planteaba cómo afectará un aprendizaje hiperpersonalizado y ad-hoc a conceptos como la reflexión humanística, el debate o la empatía. Más allá de la personalización tecnológica, el futuro del trabajo requerirá otro tipo de habilidades, como la comunicación, la colaboración o la resiliencia. La combinación de tecnología con enfoques como el *learning-by-doing* será un gran apoyo en este sentido.

Esa respuesta ya se ensaya en África a través de plataformas que combinan el aprendizaje en remoto con experiencias colaborativas basadas en proyectos y arraigadas en la comunidad del alumno. De la mano de coaches y compañeros, adquiere el marco mental adecuado para navegar en mercados laborales informales e identificar oportunidades para crear valor.

La inteligencia artificial contribuye a personalizar la experiencia educativa: un tutor disponible 24/7 se adapta a las necesidades de cada alumno y le ofrece consejos, recursos y desafíos personalizados.

* De zombies a exploradores

Ese tutor virtual y potenciado por inteligencia artificial es una muestra de cómo la tecnología crea copilotos educativos que alivian la carga de trabajo a los docentes. Son la antesala de los copilotos tecnológicos con los que trabajarán los propios alumnos en su vida laboral. También ellos podrán delegar tareas en la tecnología para dedicarse a otras en las que puedan aportar valor. Eso sí, primero deberán aprender a hacerlo.

La educación del futuro enseñará a los alumnos a encontrar la información que necesitan y a utilizar las herramientas necesarias para sacarle partido. Por encima de todo, los preparará para tomar decisiones basadas en ella. No se trata de producir "zombies de datos" que sigan acríticamente las propuestas de nuevas herramientas, sino exploradores que encuentren soluciones gracias a ellas.

En este empeño, el desarrollo de procesos de pensamiento crítico no solo será imprescindible, sino difícilmente automatizable. El verdadero talento educativo seguirá en manos de maestros, profesores y formadores. Serán ellos quienes ayuden a los alumnos a prepararse para prosperar en un futuro marcado por el rápido cambio tecnológico.

¿En qué se basarán las calificaciones del futuro? ¿Marcarán la vida laboral del alumno las decisiones de un tutor digital? ¿Desarrollarán los alumnos vínculos con él? ¿Cómo garantiremos la igualdad en el acceso a este nuevo paradigma educativo?

La educación del futuro enseñará a los alumnos a encontrar la información que necesitan y a utilizar las herramientas necesarias para sacarle partido

TENDENCIA 9

LOS NUEVOS PARA- DIGMAS DE LA SEGURIDAD *DIGITAL

Si hay una disciplina que debe mantener el ritmo de la innovación en las distintas áreas, esa es la seguridad digital. Su juego del gato y el ratón con los ciberdelincuentes se sofistican constantemente y debe ofrecer respuestas.

Más allá de la potencial amenaza cuántica a la criptografía actual —que existe y debe ser atendida—, la seguridad digital se enfrentará a nuevos retos. Dos de ellos son la protección de interfaces cerebro-máquina o de entornos virtuales en los que las personas pueden ser especialmente vulnerables. También deberá afrontar los riesgos que plantean unas herramientas de inteligencia artificial generativa cada vez más accesibles.

* Un mundo complejo

El mundo digital se vuelve cada vez más complejo y la seguridad digital sigue el mismo camino. A nuestra casa virtual le salen cada vez más puertas en forma de dispositivos de acceso y tenemos que guardarlas.

Nuevos dispositivos y tecnologías diluirán cada vez más las barreras entre vida física y virtual. Los avances en interfaces cerebro-máquina (BMI) y tecnologías inmersivas pueden llegar incluso a borrarlas.

Antes de llegar a eso, necesitaremos respuestas en el ámbito de la protección de la privacidad y la identidad digital.

* Asegurar el castillo

A medida que las interfaces cerebro-máquina y los entornos digitales se fusionen más con nuestra vida diaria, los propios mundos virtuales deberán volverse más seguros. Tendrán que garantizar que pensamientos, emociones y acciones humanas permanezcan protegidos de influencias externas

Las tecnologías relacionadas con QKD (distribución cuántica de claves) permitirán evitar intrusiones al revelarlas instantáneamente. Estos avances aportarán seguridad avanzada a las redes de intercambio de información: solo el receptor de nuestros pensamientos podrá acceder a ellos y descifrarlos.

Para ayudarnos a disfrutar de los nuevos mundos virtuales, los BMIs deberán integrarse en sistemas más complejos que podrían ser objeto de ataques realizados por ordenadores cuánticos. La naturaleza más íntima de las personas se vería expuesta.

La criptoagilidad, que hoy permite a los negocios cambiar sus cifrados en cuanto se vuelven vulnerables, será clave para proteger a las personas en la era de la encriptación poscuántica.

Junto a esta estrategia, los expertos proponen erigir muros digitales cuánticos, al estilo de las viejas fortalezas. Aportarán una seguridad extra de múltiples capas a medida que los propios algoritmos evolucionen, se vean comprometidos y sean reemplazados.

Nuevos dispositivos y tecnologías diluirán cada vez más las barreras entre vida física y virtual

* Identidad descentralizada

Los usuarios también deberemos involucrarnos más en la protección de nuestra información. Si pasamos más tiempo en entornos virtuales, será cada vez más importante que tomemos consciencia de ello.

Unos sistemas de identificación descentralizados bien gestionados y estructurados nos proporcionarán la independencia que necesitaremos para gobernar nuestra privacidad sin depender de terceros.

Las soluciones de identidad basadas en *blockchain* ofrecen una alternativa a los actuales sistemas centralizados. Los usuarios no solo evitarán que unas pocas empresas gestionen su información, sino que decidirán quién y bajo qué condiciones podrá acceder a ella. Por otro lado, estas soluciones solamente comparten los datos imprescindibles en cada transacción. Una información que, además, es inmutable y portable gracias a la cadena de bloques.

* ¿Qué ven mis ojos?

La inteligencia artificial, por su parte, se volverá imprescindible para combatir los ataques generados con sus propias herramientas. No solo los basados en *malware*: la democratización de las herramientas de IA generativa está facilitando tanto la suplantación de identidad de personas como la creación de *deepfakes*.

Se trata de una importante amenaza tanto para las personas como para las empresas y la propia sociedad. El uso de aprendizaje automático, redes neuronales y análisis forense permiten ya la detección de inconsistencias propias de los *deepfakes*, así como la verificación de la identidad de las personas para comprobar la autenticidad de un contenido.

El reto ahora consiste en llevar estas herramientas a su aplicación en línea y en tiempo real. Por su parte, la inteligencia artificial facilitará el desarrollo de nuevas medidas de detección avanzadas, a la vez que mejorará cada vez más los *deepfakes*.

* Un nuevo marco preventivo

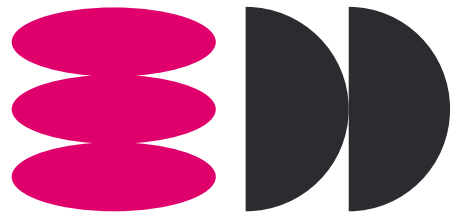
En cualquier caso, será necesario desarrollar otras contramedidas específicas para prevenir este problema. El mejor punto de partida será la concienciación de los propios ciudadanos, que son el principal punto vulnerable de este tipo de ataques.

La educación temprana y la toma de consciencia para una vida digital segura son herramientas necesarias tanto para neutralizar la amenaza de los *deepfakes* como el resto de los riesgos relacionados con los nuevos paradigmas de la seguridad digital.

En un contexto en el que las amenazas digitales surgirán y se actualizarán constantemente, será imprescindible desarrollar un marco regulatorio robusto que acompañe estas medidas.

Habrà que establecer nuevas reglas para este interminable juego digital del gato y el ratón. Esas normas deberán ser capaces tanto de abordar los riesgos como de establecer estándares globales para su prevención.

TENDENCIA 10



AVANCES CUÁN- TICOS

Transformar industrias con la computación de próxima generación y el rol de los semiconductores

La máquina de vapor de Watt desencadenó la Revolución Industrial. Sin embargo, no fue la primera. Siglo y medio antes, el español Jerónimo de Ayanz ya había patentado una. ¿Por qué triunfó la máquina de Watt y no la de Ayanz?

La respuesta hay que buscarla en Mathew Boulton, un industrial inglés muy interesado en aumentar la eficiencia en sus fábricas. Encontró la oportunidad en la propuesta de Watt y se asoció con él para desarrollarla. El resto es historia: la industria manufacturera de la época adoptó rápidamente el invento y comenzó una nueva era en la historia de la humanidad.

La aplicación práctica de las tecnologías cuánticas a la industria será también el acelerador definitivo para su comercialización, según los expertos. Una aplicación que, eso sí, no esperan que llegue en un "momento GPT", sino de la naturaleza iterativa de los avances tecnológicos. Es decir, de aprovechar las ventajas que aporta ese proceso en cada una de esas iteraciones.

* Computación clásica y datos cuánticos

Uno de los pasos en ese camino son los modelos cuantitativos a gran escala (LQMs). Estos sistemas de inteligencia artificial generativa se apoyan en la computación clásica para sacar partido a datos complejos y a la escurridiza lógica cuántica.

Se trata de sistemas avanzados que utilizan datos cuantitativos procedentes de campos como la física, la química, la biología o las finanzas. Se diseñan para procesar, analizar y generar ese tipo de datos, en lugar de lenguaje natural.

Los LQMs son capaces de usar ecuaciones cuánticas para generar nuevos datos sintéticos que permitan encontrar soluciones innovadoras a problemas que parecían irresolubles. A diferencia de los LLMs, estos modelos producen conocimiento basado en simulaciones científicas precisas.

Por eso son capaces de utilizar tanto datos financieros complejos para mejorar las decisiones de inversión como los principios de la mecánica cuántica para predecir interacciones subatómicas.

Estos modelos ultraprecisos ya se prueban en distintas industrias. En ello está una *spin-off* de Alphabet, que los usa en un sistema de navegación para interpretar las señales magnéticas de la Tierra que captan los sensores cuánticos. Otros campos en los que ya se prueban estos modelos son el desarrollo de fármacos, el de materiales, el cuidado de la salud o las finanzas.

* Un pie en la puerta... con realismo

Las primeras aplicaciones prácticas de estos avances podrían ser el pie en la puerta que necesitará la computación cuántica para entrar en la industria, al mostrar la utilidad de este enfoque para resolver problemas específicos.

Sin embargo, un desarrollo tan disruptivo como la computación cuántica requiere cautela. El software cuántico, la corrección de errores y la creación de chips capaces de soportar altas escalas de cúbits son grandes retos que no se resolverán de la noche a la mañana.

Ya hemos comentado que la combinación de computación cuántica y sensores cuánticos hipersensibles con inteligencia artificial puede acelerar la innovación de forma exponencial. También que el principal reto consistirá en trasladar esos avances de los entornos experimentales a aplicaciones reales, escalables y robustas.

Estos enfoques ya impulsan la búsqueda de soluciones en industrias como la automoción, a través del diseño de nuevas baterías, o la energética. Al mismo tiempo, el continuo perfeccionamiento de chips y semiconductores será determinante para que la computación clásica siga complementando —o finalmente integrando— la cuántica.

Los LQMs son capaces de usar ecuaciones cuánticas para generar nuevos datos sintéticos

* Aplicaciones aceleradoras

Algunas posibles aplicaciones que acelerarán la adopción de la computación cuántica tienen que ver con la simplificación de los ensayos farmacéuticos. El uso de simulaciones ultraprecisas basadas en datos cuantitativos puede acortar algunas de sus etapas más problemáticas, como la elección de candidatos.

Algo similar ocurre en campos como la criptografía o la climatología: predecir ataques y catástrofes con gran precisión ayudará a empresas de muy diversas industrias a paliar e incluso evitar sus costosas consecuencias.

Son problemas cotidianos que encontrarán una solución gracias a la promesa de la computación cuántica: su habilidad para simular y proyectar escenarios complejos.

Por su parte, el uso de computación híbrida, que destacaba Megatrends 2024, será otro de los aceleradores que facilitarán la adopción de la cuántica para transformar industrias. De hecho, ya ayuda a la computación clásica a descubrir la próxima generación de baterías para coches eléctricos.

.

* Siguientes pasos

Para que la computación cuántica se vuelva práctica, hay varios aspectos que todavía deben mejorar significativamente. Uno de los principales es la gestión de errores, que está logrando avances prometedores.

Entre esos progresos se encuentra Willow, el chip cuántico de Google capaz de corregir errores de manera exponencial a medida que aumenta. Es un sistema que se vuelve más cuántico cuanto mayor se hace y abre la puerta a la futura computación cuántica a gran escala.

El entrelazamiento de cúbits lógicos, más fiables que los físicos, también ha progresado de la mano de Microsoft y lo ha hecho antes de tiempo. Igualmente, las mejoras en la estabilidad de las redes cuánticas registran avances prometedores. IBM ya ha conectado por primera vez dos chips cuánticos distintos para que trabajen juntos.

Eso sí, esa fase no estará exenta de retos tanto para el desarrollo de software como para el de hardware. Especialmente a partir de ahora, cuando se han abierto las puertas de la producción industrial de cúbits semiconductores. Se trata de materiales claves en electrónica por los que competirán varias tecnologías a la vez.

La industria y la regulación deberán ser capaces de poner orden en la creciente demanda de semiconductores, así como en la competencia por ellos. La educación deberá preparar al talento necesario para desarrollar el software capaz de sacarles partido. ¿De qué serviría una tecnología cuántica avanzada si no hay personas preparadas para sacarle partido?

Estas iniciativas, junto con la investigación en semiconductores de nueva generación, representan pasos clave para trasladar la tecnología de los laboratorios a la industria.

¿Podrán las próximas generaciones de semiconductores y materiales novedosos mantener el ritmo de la computación cuántica y contribuir a su escalabilidad?, ¿o serán necesarias nuevas arquitecturas aún por imaginar para desatar su auténtico potencial?

EDITORIAL

2025
ESCE-
*NAS
FUTU-
RISTAS
↑

La innovación científica y tecnológica suele aterrizar suavemente en nuestras vidas. El resultado es que nos vemos sumergidos en escenas futuristas sin apenas darnos cuenta.

Megatrends 2025 así lo refleja: ya es habitual secuenciar el genoma de una persona para encontrarle tratamientos a medida y hay quienes ya controlan dispositivos electrónicos con su mente. Son solo dos ejemplos de esas escenas que hace poco solo transcurrían en nuestra imaginación y que hoy ya nos cambian la vida.

Lo advertía Megatrends 2024: el futuro se construye ya en una rápida sucesión de descubrimientos y avances. Gracias a ellos, trabajaremos codo con codo con robots y agentes autónomos capaces de adaptarse al entorno y tomar decisiones.

La neurotecnología nos facilitará una conexión más profunda con otras personas y abrirá la puerta a una era de mayor conexión entre personas y máquinas. Su fusión con otras tecnologías nos permitirá integrarnos en mundos digitales que deberán extremar su seguridad. También **mejorar las experiencias de aprendizaje, al conectar directamente los procesos cognitivos del alumno con plataformas digitales.**

No solo nuestra vida cotidiana, sino también las industrias se transformarán gracias a los avances en distintas disciplinas. La evolución de la computación cuántica llevará la predicción de escenarios en química o criptografía a niveles de precisión y velocidad nunca vistos. Una habilidad que adquirirán incluso los lugares en los que vivimos: las ciudades serán **capaces de predecir y evitar problemas antes de que surjan, tanto en lo referente a fenómenos climáticos como al flujo de personas, vehículos y energía.**

Las startups nos ayudarán a mantener a raya la amenaza de la contaminación espacial. Nuevos materiales que diseñaremos a medida nos ayudarán a preservar recursos escasos gracias a sus capacidades a la carta. La sostenibilidad que necesitamos dará pasos de gigante gracias al desarrollo tecnológico y científico.

El futuro que nos espera es apasionante, pero no lo es menos el presente. Es hoy cuando establecemos los cimientos sobre los que se apoyará nuestra vida cotidiana. Que sea mejor que la actual depende, en gran medida, de la solidez con que los construyamos.

La neurotecnología nos
facilitará una conexión más
profunda con otras personas
y abrirá la puerta a una era
de mayor conexión entre
personas y máquinas

AGRADECIMIENTOS

César Pérez-Chirinos
Alberto Bernal
Alejandro Jiménez
Alejandro Sturniolo
Alfonso Vegara
Alper Utku
Álvaro Silva Teira
Andrew Hessel
Ángel Cabrera
Antonio Damasio
Araceli Venegas Gómez
Artur Ekert
Calum Chace
Carlos Cordero
Carmen
Charles Bolden
Cindy Gallop
Daniel Granados
Dongmin Chen
Eden Shochat
Emilio Méndez
Emilio Viñas
Esperanza Cuenca G
Esther Dyson
Fabio Assolini
Fernando Torrico
Gotzon Bernaola
Grace Xin Ge

Ian Barker
James Olds
Jens Schulte-Bockum
John Hoffman
José Manuel Páez
Juan Aguiriano
Juan Carlos López
Juan Zufiria
Karen Wilson
Lucas Lamata
Marc Güell
Natalia de Estevan-Ubeda
Nieves Cifuentes
Philip Lader
Po Chi Wu
Radboud Vlaar
Randy Shuken
Raúl Rojas
Richard Kivel
Rolf Tarrach
Scott Simon
Sergio Gago
Sheila Stamps
Soumitra Dutta
Tan Chin Nam
Víctor Canivell
Víctor H. Sáez
Wilfried Vanhonacker

