

McKinsey  
& Company

# Tendencias tecnológicas Perspectivas para 2025

Julio de 2025

Quinta edición



# ¿Qué tecnologías de vanguardia son más importantes para las empresas en 2025? Nuestro informe anual de tendencias tecnológicas destaca los últimos avances tecnológicos, las tendencias de talento, los casos de uso y su posible impacto en empresas de todos los sectores.

por Lareina Yee, Michael Chui, Roger Roberts y Sven Smit

Derechos de autor © 2025 McKinsey & Company.

Reservados todos los derechos.

Imagen de portada © Andriy Onufriyenko/Getty Images.

Todas las imágenes de interiores © Getty Images.

Ninguna parte de esta publicación puede copiarse o redistribuirse en ninguna forma sin el consentimiento previo por escrito de McKinsey & Company.

# Contenido

Introducción	2
--------------	---



Revolución de la IA	10
01 IA agente	11
02 Inteligencia artificial	18



Fronteras de computación y conectividad	26
03 Semiconductores específicos de la aplicación	27
04 Conectividad avanzada	34
05 Computación en la nube y en el borde	41
06 Tecnologías de realidad inmersiva	48
07 Confianza digital y ciberseguridad	55
08 Tecnologías cuánticas	63



Ingeniería de vanguardia	69
09 El futuro de la robótica	70
10 El futuro de la movilidad	76
11 El futuro de la bioingeniería	83
12 El futuro de las tecnologías espaciales	90
13 Futuro de las tecnologías energéticas y de sostenibilidad	97

# Introducción

El panorama tecnológico global está experimentando cambios significativos, impulsados por innovaciones tecnológicas de rápida evolución. Estas están incrementando exponencialmente la demanda de potencia informática, captando la atención de los equipos directivos y del público, y acelerando la experimentación. Estos avances se producen en un contexto de creciente competencia global, a medida que países y corporaciones compiten por asegurar el liderazgo en la producción y aplicación de estas tecnologías estratégicas.

El informe de Tendencias Tecnológicas de McKinsey de este año ofrece perspectivas detalladas sobre 13 tendencias tecnológicas de vanguardia —una docena de ellas— con el potencial de transformar los negocios globales. Los ejecutivos actuales se enfrentan al reto de gestionar la creciente complejidad, escalar soluciones emergentes y generar confianza en un mundo donde las fronteras entre lo digital y lo físico, entre lo centralizado y lo descentralizado, siguen difuminándose. Los conocimientos de este informe pueden ayudar a los líderes empresariales a decidir cuáles de estas tecnologías de vanguardia son más relevantes para sus empresas al demostrar

Cómo otros están empezando a aplicarlos hoy. Estos hallazgos surgen de nuestro análisis de las medidas cuantitativas de interés, innovación, inversión de capital y talento que sustentan cada una de las 13 tendencias y exploran las tecnologías subyacentes, las incertidumbres y las preguntas que las rodean. (Para más información sobre nuestra investigación, consulte el recuadro «Metodología de la investigación»).

Esta perspectiva destaca las tendencias transformadoras que impulsan la innovación y abordan desafíos críticos en todos los sectores. La inteligencia artificial destaca no solo como una poderosa ola tecnológica por sí sola, sino también como un amplificador fundamental de las demás tendencias. Su impacto se produce cada vez más mediante la combinación con otras tendencias, ya que la IA acelera el progreso en cada dominio y abre nuevas posibilidades en las intersecciones. Acelerando el entrenamiento de robots, impulsando los descubrimientos científicos en bioingeniería, optimizando los sistemas energéticos y mucho más. La evolución de las soluciones de IA en el mercado combina cada vez más...

## Acerca del McKinsey Global Institute



Este informe anual es elaborado por el McKinsey Global Institute (MGI) para profundizar nuestra comprensión de cómo la ciencia y la tecnología pueden impulsar la productividad económica y la innovación. Trabajamos en colaboración con el departamento de Tecnología, Medios y Telecomunicaciones de McKinsey; QuantumBlack, AI by McKinsey; y McKinsey Technology para ofrecer información sobre cómo las empresas están aplicando estas nuevas tecnologías para transformar sus negocios.

MGI se estableció en 1990. Nuestra misión es proporcionar una base de hechos para ayudar a la toma de decisiones sobre las cuestiones económicas y comerciales más críticas. A las empresas y líderes políticos del mundo.

Nos beneficiamos de la amplia gama de conocimientos, habilidades y experiencia regional, sectorial y funcional de McKinsey, pero la dirección y las decisiones editoriales son responsabilidad exclusiva de los directores y socios de MGI. Nuestro objetivo es realizar investigaciones y análisis independientes y basados en hechos. Ninguno de nuestros trabajos es encargado ni financiado por ninguna empresa, gobierno ni institución; compartimos nuestros resultados públicamente de forma gratuita; y estamos financiados íntegramente por los socios de McKinsey. Para obtener más información sobre MGI y descargar todos los informes gratuitamente, visite [McKinsey.com/mgi](https://www.mckinsey.com/mgi).

Aspectos de las tendencias que anteriormente analizamos por separado como IA aplicada e IA generativa, por lo que este año las examinamos juntas.

A medida que crece el entusiasmo por las aplicaciones de IA y sus casos de uso, es evidente que...

El potencial total de la IA en todos los sectores requerirá innovaciones continuas para gestionar la intensidad de la computación, reducir los costos de implementación e impulsar la infraestructura. inversión. Esto también exigirá

enfoques reflexivos sobre la seguridad, la gobernanza y la adaptación de la fuerza laboral, creando una amplia gama de oportunidades para líderes de la industria, formuladores de políticas y empresarios por igual.

## Nuevo y notable

Además del creciente alcance de la IA, Otra nueva tendencia que hemos elegido

Lo más destacado del informe de este año es la IA [agentiva](#), que ha surgido rápidamente como un importante foco de interés y experimentación en tecnología empresarial y de consumo.

La IA agéntica combina la flexibilidad y la generalidad de los modelos básicos de IA con la capacidad de actuar en el mundo mediante la creación de "compañeros de trabajo virtuales" capaces de planificar y ejecutar de forma autónoma flujos de trabajo multipaso. Si bien las mediciones cuantitativas de interés y los niveles de inversión de capital son aún relativamente bajos en comparación con las tendencias más consolidadas, la IA agéntica se encuentra entre las de mayor crecimiento de este año, lo que indica sus posibilidades potencialmente revolucionarias.

La IA también es el principal catalizador de otra tendencia que destacamos este año: los semiconductores para aplicaciones específicas. Si bien la Ley de Moore y la capa de semiconductores de la pila tecnológica han sido durante mucho tiempo factores clave de otras tendencias tecnológicas, las innovaciones en semiconductores han aumentó, como se refleja en métricas cuantitativas como el número de patentes. Estas innovaciones han llegado

Respuesta a demandas exponencialmente mayores de capacidad computacional, memoria y redes para entrenamiento e inferencia de IA, así como a la necesidad de gestionar costos, calor y energía eléctrica.

consumo. Esto ha dado lugar a una gran cantidad de nuevos productos, nuevos competidores y nuevos ecosistemas.

Las tendencias tecnológicas también presentan diversos perfiles según las dimensiones que analizamos. La IA es una tecnología de uso general y ampliamente aplicable, con casos de uso en todos los sectores y negocios. función—y por lo tanto mucha innovación e interés, y se está expandiendo rápidamente en el panorama empresarial. Las tecnologías cuánticas tienen un perfil diferente.

La computación cuántica tiene el potencial de tener un impacto transformador en ciertos dominios críticos, como la criptografía y la ciencia de los materiales, y la tecnología básica continúa desarrollándose.

Anuncios recientes, en particular de gigantes tecnológicos, han despertado un mayor interés, pero el impacto real en las empresas requerirá aún más avances tecnológicos para que la computación cuántica sea práctica. Otras tendencias y subtendencias varían en las múltiples dimensiones analizadas, ofreciendo diferentes enfoques —desde la espera vigilante hasta la implementación agresiva— para los líderes empresariales, según sus sectores y posiciones competitivas.

Desde el auge de la robótica y Desde los sistemas autónomos hasta la necesidad imperiosa de innovaciones responsables en IA, los avances tecnológicos de este año subrayan un futuro donde la tecnología es más adaptativa, colaborativa e integral para la solución de problemas globales. Esto se ilustra mediante temas que atraviesan las tendencias de este año:

— El auge de los sistemas autónomos.

Los sistemas autónomos, incluyendo robots físicos y agentes digitales, están pasando de proyectos piloto a aplicaciones prácticas. Estos sistemas no solo ejecutan tareas; están empezando a aprender, adaptarse y colaborar. La autonomía se está expandiendo, ya sea mediante la coordinación de la logística de última milla, la navegación en entornos dinámicos o la actuación como compañeros de trabajo virtuales, entre otras habilidades.

\$1.1

mil millones

inversión de capital  
en IA agencial, 2024

+985 %

Diferencia en las publicaciones de empleos  
en inteligencia artificial (IA) de Agentic, 2023-24

— Nuevos modelos de colaboración hombre-máquina.

La interacción hombre-máquina está entrando en una nueva fase definida por interfaces más naturales, entradas multimodales e inteligencia adaptativa.

Desde entornos de entrenamiento inmersivos y robótica háptica hasta copilotos controlados por voz y wearables con sensores, la tecnología se está volviendo más sensible a las intenciones y el comportamiento humanos. Esta evolución está cambiando la narrativa [del reemplazo humano a la mejora](#).

Permitiendo una colaboración más natural y productiva entre personas y sistemas inteligentes. A medida que las máquinas mejoran su capacidad para interpretar el contexto, la frontera entre operador y cocreador se difumina cada vez más.

— Desafíos de escalamiento. La creciente demanda de

Las cargas de trabajo que requieren un uso intensivo de recursos informáticos, especialmente las provenientes de la inteligencia artificial, la robótica y los entornos inmersivos, están creando nuevas demandas en la infraestructura global.

Las limitaciones de energía de los centros de datos, las vulnerabilidades de la red física y las crecientes demandas de procesamiento han dejado al descubierto grietas en la infraestructura global.

Pero el desafío no es solo técnico: los retrasos en la cadena de suministro, la escasez de mano de obra y las fricciones regulatorias en torno al acceso a la red y la obtención de permisos están ralentizando las implementaciones. Como resultado, escalar ahora implica abordar no solo la arquitectura técnica y el diseño eficiente, sino también los complejos desafíos reales en cuanto a talento, políticas y ejecución.

— Competencia regional y nacional. La competencia global por

tecnologías críticas se ha intensificado. Países y corporaciones han redoblado sus esfuerzos en infraestructura soberana, fabricación local de chips y financiación de iniciativas tecnológicas como laboratorios cuánticos.

Este impulso hacia la autosuficiencia no se limita a la seguridad;

Se trata de reducir la exposición al riesgo geopolítico y liderar la próxima ola de creación de valor. El resultado es una nueva era de competencia impulsada por la tecnología, donde las naciones tienen participación en industrias críticas.

— La escala y la especialización están creciendo

Simultáneamente. El crecimiento en estos vectores se ve impulsado por la innovación en servicios en la nube y la conectividad avanzada. Por un lado, observamos un rápido crecimiento de la infraestructura de entrenamiento de modelos de propósito general en centros de datos extensos y de alto consumo energético, mientras que, por otro, observamos una aceleración de la innovación en el borde, con tecnología de bajo consumo integrada en teléfonos, automóviles, controles domésticos y dispositivos industriales.

Esto está creando ecosistemas que ofrecen modelos de lenguaje masivos con un número asombroso de parámetros, así como una gama creciente de herramientas de IA específicas para cada dominio que pueden ejecutarse prácticamente en cualquier lugar. Los líderes equilibrarán la escala centralizada con el control localizado: piensen en microrredes modulares para energía limpia o en robótica a medida para la fabricación especializada.

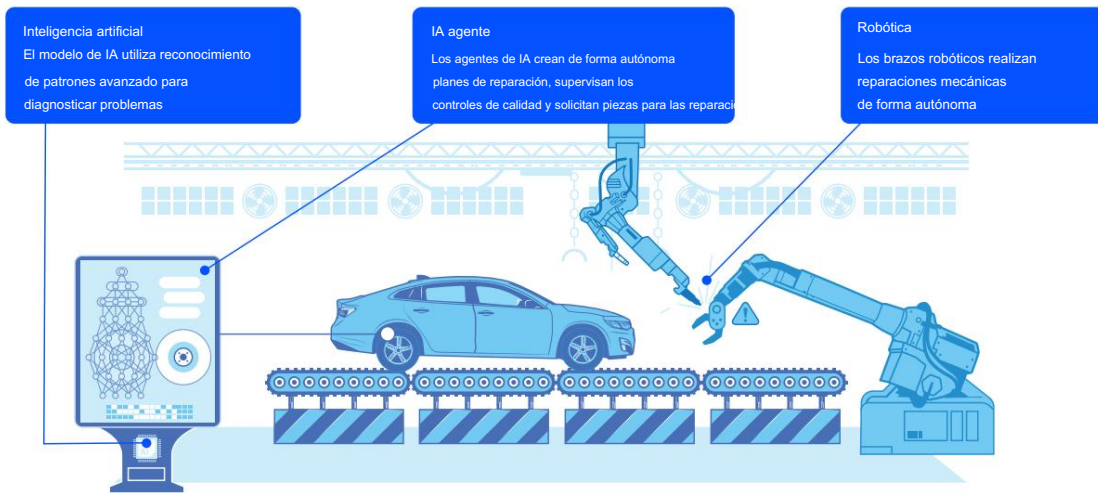
— Imperativos de innovación responsable. Como

A medida que las tecnologías se vuelven más poderosas y personales, la confianza se convierte cada vez más en el factor determinante de su adopción. Las empresas se enfrentan a una creciente presión para demostrar transparencia, equidad y responsabilidad, ya sea en modelos de IA, procesos de edición genética o plataformas inmersivas. La ética ya no es solo lo correcto, sino palancas estratégicas en la implementación que pueden acelerar, o frenar, el escalamiento, la inversión y el impacto a largo plazo.

Las siguientes ilustraciones muestran cómo diferentes tecnologías de vanguardia pueden trabajar juntas para brindar soluciones innovadoras en el futuro:

## Tres ejemplos ilustran el poder combinatorio de las tendencias tecnológicas.

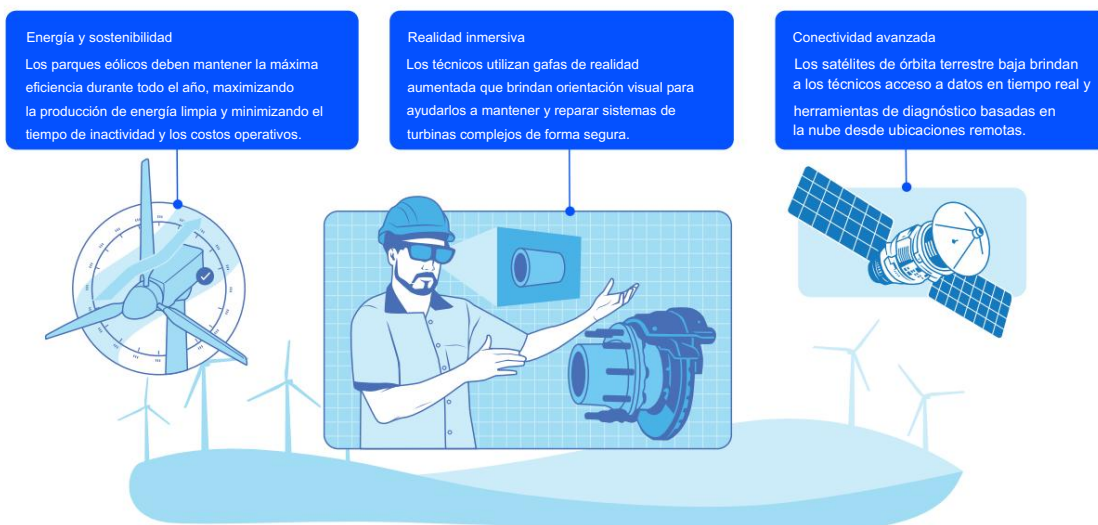
### Reparación de máquinas de fábrica



### Entrega de medicamentos personalizados



### Equipo de mantenimiento de parques eólicos



Ilustraciones: TM Detwiler

Después de un año en el que el entorno macroeconómico y la debilidad más amplia del mercado provocó caídas significativas en el financiamiento de capital para tecnología en varias de nuestras tendencias, el clima de inversión para tecnologías de frontera se estabilizó y, en muchos casos, se recuperó en 2024.

Los niveles de inversión de capital en tendencias como la computación en la nube y de borde, la bioingeniería y las tecnologías espaciales aumentaron a pesar de la caída más amplia del mercado en 2023, mientras que las inversiones en otras tendencias, como la IA y la robótica, disminuyeron solo para recuperarse a niveles más altos.

niveles en 2024 que los alcanzados dos años antes.

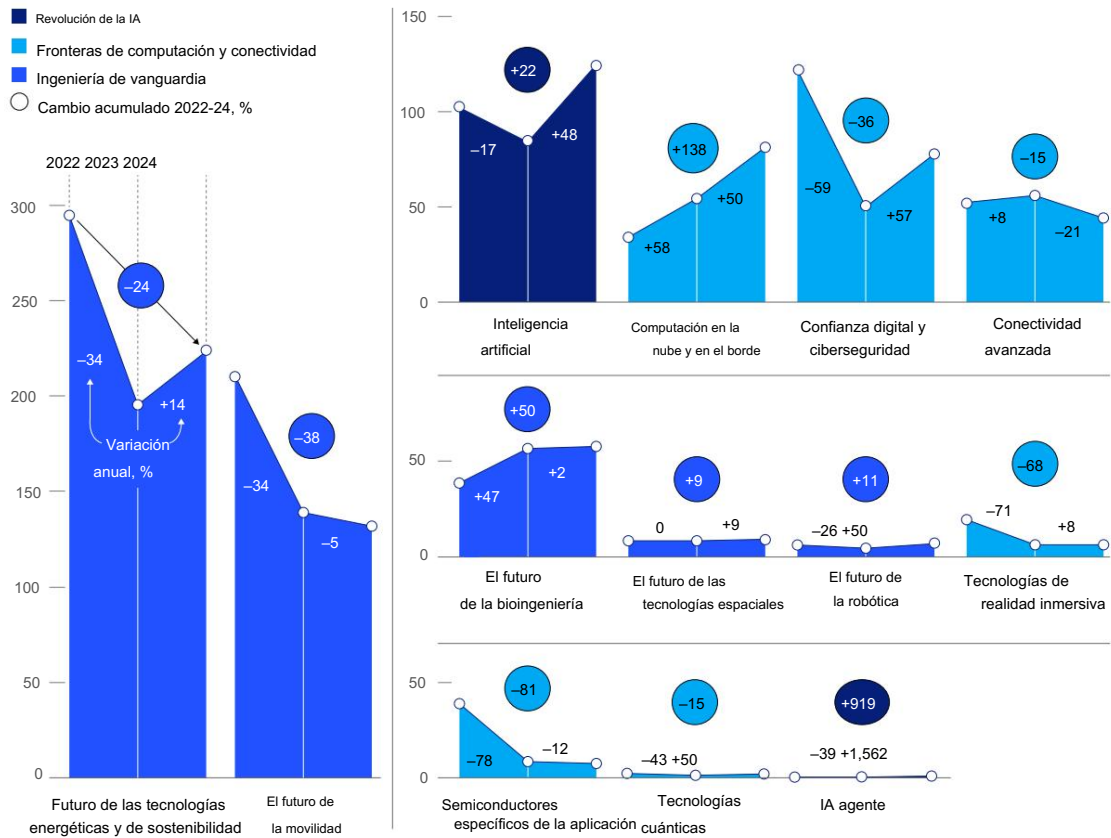
Las dos tendencias con los niveles más altos de inversión de capital, el futuro de las tecnologías energéticas y de sostenibilidad y el futuro de la movilidad, declinaron en general en 2023, pero la primera se recuperó en 2024 (Gráfico 1).

Nuestra docena de tendencias tecnológicas que darán forma al año 2025 subraya el enorme potencial de las tecnologías emergentes y la necesidad de una alineación estratégica en un futuro impulsado por la IA.

Anexo 1

Las inversiones de capital aumentaron en diez de las trece tendencias tecnológicas en 2024.

Inversiones de tendencia, 2022-24, mil millones de dólares



Nota: Los datos incluyen captaciones de capital en los mercados privado y público, incluyendo capital de riesgo, fusiones y adquisiciones corporativas y estratégicas (incluidas las empresas conjuntas), inversiones de capital privado (incluidas las adquisiciones e inversiones privadas en capital público) e inversiones públicas (incluidas las OPV). Excluye capital corporativo y gastos operativos.  
Fuente: PitchBook; análisis de McKinsey

Para los ejecutivos, el éxito dependerá de identificar áreas de alto impacto donde puedan aplicar estas tendencias, invertir en el talento y la infraestructura necesarios, y abordar factores externos como los cambios regulatorios y la preparación del ecosistema. Al fomentar la colaboración, cerrar brechas en el ecosistema y mantener una visión a largo plazo, los líderes pueden acelerar la adopción y posicionar a sus organizaciones para impulsar la próxima ola de transformación tecnológica. Quienes actúen con enfoque y agilidad no solo generarán nuevo valor, sino que también moldearán el futuro de sus industrias y el futuro de las tecnologías de vanguardia emergentes.

### Las 13 tendencias tecnológicas

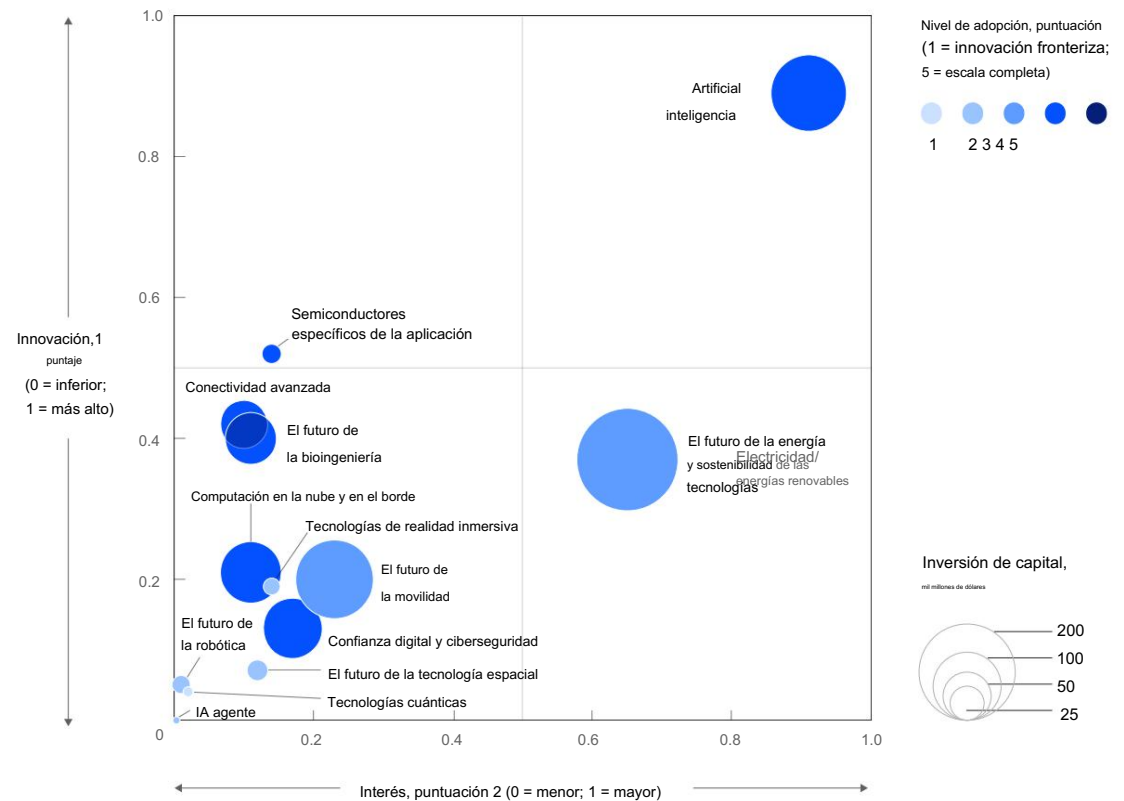
Este informe presenta consideraciones para las 13 tendencias tecnológicas. Para facilitar la comprensión de las tendencias relacionadas, las agrupamos en tres categorías más amplias: la revolución de la IA, las fronteras de la computación y la conectividad, y la ingeniería de vanguardia. Sin duda, analizar estas agrupaciones ofrece un gran potencial al considerar combinaciones de tendencias.

Para describir el estado de cada tendencia, desarrollamos puntuaciones de innovación (basadas en patentes y publicaciones de investigación) e interés (basadas en noticias y búsquedas web). También estimamos el nivel de inversión de capital en tecnologías relevantes y calificamos su grado de adopción por parte de las organizaciones (Gráfico 2).

### Anexo 2

Cada tendencia se califica en función de su nivel de innovación, interés, inversión de capital y adopción.

### Innovación, interés, inversión y adopción, por tendencia tecnológica, 2024



Nota: Los puntajes de innovación e interés de las 13 tendencias son relativos entre sí. Las 13 tendencias muestran altos niveles de innovación e interés en comparación con otros temas y también están atrayendo una inversión significativa.

1 La puntuación de innovación combina las puntuaciones de 0 a 1 para patentes e investigación, que son relativas a las tendencias estudiadas. La puntuación de patentes se basa en una medida de patentes y la puntuación de investigación se basa en una medida de publicaciones de investigación.

2 La puntuación de interés combina las puntuaciones de 0 a 1 para noticias y búsquedas, que son relativas a las tendencias estudiadas. La puntuación de noticias se basa en una medida de noticias, publicaciones, y la puntuación de búsquedas se basa en una medida de consultas de motores de búsqueda.

## Metodología de la investigación

Para evaluar el desarrollo de cada una de las 13 tendencias tecnológicas destacadas en este informe, recopilamos datos sobre seis indicadores tangibles de actividad: consultas en motores de búsqueda, artículos periodísticos, patentes, publicaciones de investigación, inversión de capital y demanda de talento. Para cada indicador o vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las tendencias, filtrándolas por ocurrencias de menciones válidas de actividad e indexó los números resultantes de menciones en una escala de puntuación de 0 a 1 en relación con las tendencias estudiadas. El índice de innovación combina las patentes y las puntuaciones de investigación; la puntuación de interés combina las noticias y puntuaciones de búsqueda. (Si bien reconocemos que una puntuación de interés puede inflarse por esfuerzos deliberados para estimular las noticias y (actividad de búsqueda, creemos que cada puntuación refleja bastante bien el grado de discusión y debate sobre una tendencia determinada.) La inversión mide los flujos de financiación de los mercados de capitales a las empresas vinculadas con la tendencia. Las fuentes de datos para las puntuaciones incluyen la siguiente:

— Patentes. Los datos sobre solicitudes de patentes son procedente de Google Patents, que destaca datos sobre el número de patentes concedidas.

— Investigación. Datos sobre investigación Las publicaciones provienen de La lente.

— Noticias. Los datos sobre los artículos de noticias son procedente de Factiva.

— Búsquedas. Datos sobre búsquedas Las consultas del motor provienen de Google Trends.

— Inversión de capital. Los datos sobre captaciones de capital, tanto en el mercado privado como en el público, en capital riesgo y fusiones y adquisiciones corporativas y estratégicas, incluyendo empresas conjuntas; inversiones de capital privado, incluyendo adquisiciones e inversión privada en capital público; e inversiones públicas, incluyendo salidas a bolsa, proceden de PitchBook.

Los datos de inversión excluyen el capital corporativo y los gastos operativos.

— Demanda de talento. Número de puestos de trabajo Las publicaciones provienen de la Plataforma de Datos Organizacionales de McKinsey, que almacena datos autorizados y anónimos sobre perfiles profesionales y ofertas de empleo disponibles públicamente. Los datos provienen principalmente de países de habla inglesa.

Además, actualizamos la selección y definición de tendencias del último

Informe del año para reflejar la evolución de las tendencias tecnológicas:

— Una inteligencia artificial global Esta categoría reemplaza estas cuatro tendencias: IA aplicada, IA generativa, industrialización del aprendizaje automático y desarrollo de software de próxima generación.

— La IA agente y específica de la aplicación Las tendencias en semiconductores han sido añadido desde la publicación del año pasado.

— Dos tendencias distintas del año pasado: electrificación y energías renovables y las tecnologías climáticas más allá de la electrificación, se han combinado en una única tendencia: el futuro de las tecnologías energéticas y de sostenibilidad.

Se han actualizado las fuentes de datos y las palabras clave. Para obtener información sobre inversión en renta variable.

En el futuro de las tecnologías espaciales y cuánticas, nos basamos en la investigación del Instituto Aeroespacial de McKinsey.

& Práctica de Defensa y lo Cuántico

Monitor de tecnología.

Los conocimientos recopilados de las entrevistas con expertos de McKinsey se utilizaron para asignar puntuaciones de adopción en toda la empresa (en una escala del 1 al 5), escala) para cada tendencia, definida de la siguiente manera:

— 1—Innovación de vanguardia. Esta

La tecnología aún es incipiente y pocas organizaciones invierten en ella o la aplican. Su eficacia en el ámbito empresarial es escasa.

— 2—Experimentación. Las organizaciones están probando la funcionalidad y viabilidad de la tecnología con prototipos a pequeña escala, generalmente sin

un enfoque en el retorno de la inversión (ROI) a corto plazo. Pocos

Las empresas están escalando o han escalado completamente la tecnología.

— 3—Piloto. Las organizaciones son implementar la tecnología en los primeros casos de uso comercial, a través de proyectos piloto o implementación limitada, para probar su viabilidad y eficacia.

— 4—Escalamiento en progreso. Organizaciones están escalando la implementación y adopción de la tecnología en toda la empresa.

— 5—Escalado completo. Las organizaciones han implementado e integrado completamente la tecnología en toda la empresa. Se ha convertido en el estándar y Se está utilizando a gran escala a medida que las empresas han reconocido el valor y los beneficios de la tecnología.

# Acerca de los autores



Lareina Yee

Director, McKinsey Global  
Instituto y socio principal  
del Área de la Bahía



Michael Chui

Miembro senior,  
QuantumBlack, IA por  
McKinsey, Área de la Bahía



Roger Roberts

Pareja,  
QuantumBlack, IA por  
McKinsey, Área de la Bahía



Sven Smit

Presidente del McKinsey  
Instituto Global y senior  
socio, Ámsterdam

Los autores desean agradecer

A los siguientes colegas y ex  
alumnos de McKinsey por sus  
contribuciones a

Esta investigación:

Aamer Baig

Ahsan Saeed

Alex Singla

Alex Zhang

Alexander Sukharevsky

Alizee Acket-Goemaere

Amishi Bharti

Amy Silverstein

Andrea Del Miglio

Andreas Breiter

Andreas Schlosser

Ani Kelkar

Anna Heid

Anu Madgavkar

Arjita Bhan

Bernd Heid

Bharat Aiyer

Bill Gregg

Bill Wiseman

Brooke Stokes

Bryan Richardson

Charlie Lewis

Christian Staudt

Clint Wood

Daniel Herde

Daniel Wallance

David Naney

Delphine Nain Zurkiya

Diana Tang

Egor Kiselev

Eliza Spinna

Emily Shao

Erika Stanzl

Fabián Queder

Gabriel Morgan Asaftei

Giacomo Gatto

Godart van Gendt

Hamza Khan

Henning Soller

Ichirō Otobe

Jacob Achenbach

Jacob Fleischmann

Jawad Mourabet

Jeffrey Caso

Jenny Tran

Jesse Noffsinger

Jim Adams

Jim Boehm

Jonathan Tilley

Josué Katz

Justin Greis

Karl Grosselin

Kersten Heineke

Kevin F. Lu

Kitti Lakner

Klaus Pototzky

Klemens Hjartar

Luca Bennici

Marc Sorel

Mark Patel

Markus Wilthaner

Martín Harrysson

Martín Kellner

Martín Wrulich

Matt Higginson

Medha Bankhwal

Mekala Krishnan

Michael Bogobowicz

Nandika Komirisetti

Naveen Sastry

Olivia White

Paolo Spranzi

Prasad Ganorkar

Ryan Brukart

Sebastián Mayer

Sian Griffiths

Sonja Lindberg

Soumya Banerjee

Stefan Burghardt

Esteban Xu

Tapio Melgin

Tarik Alatovic

Thomas Hundertmark

Tom Brennan

Wendy Zhu

Yaman Tandon

Yvonne Ferrier

Zina Cole

Un agradecimiento especial a los

colegas de McKinsey Global

Publishing: Daniel Eisenberg,

Diane Rice, Janet Michaud, Juan

M. Velasco, Kanika Punwani,

LaShon Malone, Mary Gayen,

Michael Goesele, Nayomi

Chibana, Rachel Robinson,

Regina Small, Stephanie Strom,

Stephen Landau y Victor L.

Gracias a Cuevas por hacer realidad  
este informe.

# Revolución de la IA



# IA agente

La IA Agentic es un sistema de inteligencia artificial capaz de planificar y ejecutar de forma independiente tareas complejas de varios pasos. Basados en modelos de base, estos agentes pueden realizar acciones de forma autónoma, comunicarse entre sí y adaptarse a la nueva información. Han surgido avances importantes, desde plataformas de agentes generales hasta agentes especializados diseñados para una investigación profunda.

## La tendencia y por qué es importante

La IA agénica ha pasado rápidamente de ser un concepto marginal a uno de los cambios más comentados en la tecnología empresarial. Está ganando terreno a medida que las organizaciones exploran nuevas formas de automatizar flujos de trabajo y delegar tareas a "compañeros de trabajo virtuales", en lugar de simplemente conversar con chatbots. ¿Qué [distingue a la IA agénica](#) ? es su capacidad de actuar en el mundo, a menudo utilizando herramientas digitales, en lugar de simplemente proporcionar resultados. Estos sistemas se basan en modelos básicos de IA y pueden planificar y ejecutar de forma autónoma tareas de varios pasos.

Imagine un agente de IA de atención al cliente que pueda responder preguntas sobre productos, procesar pedidos y gestionar devoluciones conectándose a los sistemas logísticos de una empresa. Varias empresas han lanzado agentes de investigación profunda que diseñan sus propios flujos de trabajo para investigar temas en la web y generar informes. Cada vez más empresas utilizan agentes de programación de software, aplicando sus...

razonamiento de varios pasos para escribir, implementar y probar código, dada una descripción escrita en inglés u otro idioma natural.

Los beneficios que ofrecen los agentes de IA en comparación con otros sistemas anteriores incluyen las siguientes capacidades:

- Atender una larga lista de tareas impredecibles. Para crear software que actuara de forma autónoma, los desarrolladores debían programar minuciosamente sistemas paso a paso basados en reglas. Muchas de estas aplicaciones presentaban una larga lista de excepciones a sus reglas, que un humano debía abordar. Por el contrario, los modelos de lenguaje extensos (LLM) son eficaces para responder correctamente a entradas que nunca antes habían encontrado, lo que permite a un agente basado en LLM gestionar una larga lista de tareas que no se pueden codificar fácilmente en reglas preestablecidas.
  - Utilizar herramientas digitales diseñadas para una persona. Anteriormente, enviar o recibir datos requería un código personalizado que conectara cada nuevo Sistema digital. Sin embargo, los agentes de IA pueden usar las mismas herramientas que una persona, como un navegador web, para leer sitios web con sus LLM y completar formularios.
  - Recibir instrucciones en lenguaje natural. Debido a que los LLM pueden procesar lenguaje natural, los agentes de IA pueden gestionarse como compañeros de trabajo virtuales, lo que incluye darles instrucciones y capacitarlos sobre cómo hacer mejor su trabajo, utilizando el mismo tipo de lenguaje que usaría para interactuar con un compañero de trabajo humano.
  - Generación de planes de trabajo comprensibles y modificables. Los agentes de IA basados en LLM generan planes de trabajo y, según su diseño, pueden comunicarse entre sí. Debido a que estos agentes utilizan un lenguaje que los humanos pueden leer, pueden describir lo que están haciendo y recibir orientación a través de comentarios sobre su plan de trabajo.
- El potencial de la IA agencial ha persuadido a muchas industrias a explorar la posibilidad de contratar compañeros de trabajo virtuales agenciales para una variedad de funciones y roles.

LA REVOLUCIÓN DE LA IA

# IA agente

## Puntuación de la tendencia

Si bien el interés en la IA agente (medida a través de noticias y búsquedas) fue relativamente bajo en 2024, está creciendo más rápido que cualquier otra tendencia tecnológica. Las patentes de IA agente también están aumentando rápidamente en una base pequeña, lo que refleja un desarrollo rápido y una mayor inversión en este campo emergente.

Inversión de capital, 2024

**\$1.1** mil millones

Oferas de trabajo, 2023–24, % de diferencia

**+985%**

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos avances El desarrollo

de agentes de IA capaces de tomar decisiones autónomas y comunicarse entre agentes presenta posibilidades apasionantes.

Sin embargo, el rápido progreso de la IA agentic subraya la necesidad crucial de marcos de gobernanza sólidos para abordar las cuestiones de confianza, responsabilidad y ética. Los últimos avances en IA agentic incluyen lo siguiente:

Los desarrolladores están creando plataformas de agentes de propósito general basadas en IA. Algunas empresas están añadiendo capacidades de agente a sus plataformas existentes.

Las ofertas de IA, mientras que otros están desarrollando estas capacidades para crear aplicaciones específicas para cada tarea.<sup>1</sup> Estas capacidades adicionales permiten el desarrollo de agentes que pueden interactuar con los usuarios mediante lenguaje natural y realizar diversas tareas. El progreso es más rápido en campos que cuentan con conjuntos de datos más robustos para el entrenamiento y la evaluación, como la programación de software y las matemáticas.

— Las cadenas cada vez más largas de razonamiento efectivo de varios pasos reflejan un progreso significativo en la IA agencial. Durante el último año, nuevas técnicas...

<sup>1</sup> Blog de Google, «Gemini 2.0 ya está disponible para todos», entrada de blog de Koray Kavukcuoglu, 5 de febrero de 2025; «Presentamos Operator», OpenAI, 23 de enero de 2025; «Presentamos el uso de la computadora, un nuevo Claude 3.5 Sonnet y Claude 3.5 Haiku», Anthropic, 22 de octubre de 2024.

Han mejorado la capacidad de la IA para abordar tareas complejas y novedosas dividiéndolas en pasos más pequeños. En lugar de depender únicamente de modelos de base escalables, los desarrolladores ahora implementan flujos de trabajo multiagente en los que un agente "administrador" crea un plan de trabajo y delega tareas a subagentes especializados. Si bien aún queda mucho por hacer para garantizar la confianza y la seguridad, este cambio permite obtener resultados más precisos y contextualizados, un gran avance en el razonamiento y funcionamiento de los sistemas de IA.<sup>2</sup>

- Existe un nuevo enfoque en la IA agéntica para soluciones empresariales específicas. Los agentes de IA se desarrollan cada vez más para abordar problemas empresariales específicos y de alto valor. Al ser más especializados y estar adaptados a sus tareas específicas, estos agentes reducen la necesidad de que los usuarios creen instrucciones complejas. La atención inicial se ha centrado en el uso de la IA agéntica para el desarrollo de software, donde las capacidades han avanzado rápidamente. Además, existe un gran interés en las aplicaciones de IA que puedan ofrecer mejoras mensurables en las métricas empresariales clave, en particular la optimización de ventas y la automatización de la atención al cliente. A medida que esta tendencia evoluciona, las empresas deberán equilibrar el uso de agentes especializados en los flujos de trabajo con la posibilidad de que agentes más generales ejecuten diversas tareas.

El impulso a los agentes de conocimiento de investigación profunda está creciendo. Múltiples proveedores están desarrollando herramientas que pueden realizar exploraciones de múltiples pasos de forma autónoma para...

Contenido, realizar búsquedas, evaluar cientos de fuentes y sintetizar información en informes completos. Estos agentes reflejan una transición más amplia hacia el uso de la IA no solo para la recuperación, sino también para el razonamiento, gracias a una generación de conocimiento más rápida y escalable.<sup>3</sup>

- Los agentes de IA pueden "hablar" entre sí. Reciente Los avances en IA incluyen modelos que pueden comunicarse entre sí y crear sus propios idiomas.<sup>4</sup> Las redes neuronales ahora pueden aprender tareas y describirlas a otros sistemas de IA. Procesar esta comunicación de IA a IA cuesta menos que procesar la interacción de IA a humano. Estos avances en la comunicación entre IA tienen implicaciones para la robótica, la resolución de problemas complejos y otros campos, aunque también plantean inquietudes sobre la transparencia y el control.<sup>5</sup>
- Crecientes preocupaciones sobre la confianza y la gobernanza, y la responsabilidad están influyendo en el desarrollo y la implementación de la IA agéntica. A medida que los agentes de IA asumen roles más autónomos que incluyen Al ejecutar transacciones financieras e interactuar a través de plataformas digitales, las empresas se enfrentan cada vez más a la rendición de cuentas y los marcos legales. Implementaciones piloto recientes de alto perfil han puesto de relieve estos riesgos, especialmente a medida que los sistemas de IA actúan de forma independiente en distintas jurisdicciones. Diseñar medidas de seguridad sólidas y proporcionar el contexto operativo adecuado para los agentes será esencial para garantizar la fiabilidad y la rendición de cuentas.



**Los agentes de IA no solo automatizarán tareas, sino que transformarán la forma de trabajar. Las organizaciones que aprendan a formar equipos que integren a personas y agentes alcanzarán nuevos niveles de velocidad, escalabilidad e innovación.**

—Lareina Yee, socio principal y director del McKinsey Global Institute, Área de la Bahía

<sup>2</sup> "Por qué los agentes son la próxima frontera de la IA generativa", McKinsey, 24 de julio de 2024.

<sup>3</sup> Blog de Google, «Prueba la investigación profunda y nuestro nuevo modelo experimental en Gemini, tu asistente de IA», entrada de Dave Citron, 11 de diciembre de 2024; «Presentamos Perplexity Deep Research», Perplexity, 14 de febrero de 2025; «Presentamos la investigación profunda», OpenAI, 2 de febrero de 2025.

<sup>4</sup> "Dos inteligencias artificiales se comunican entre sí", ScienceDaily, 18 de marzo de 2024.

<sup>5</sup> "Los modelos de IA trabajan más rápido juntos cuando hablan su propio idioma", New Scientist, 15 de noviembre de 2024.

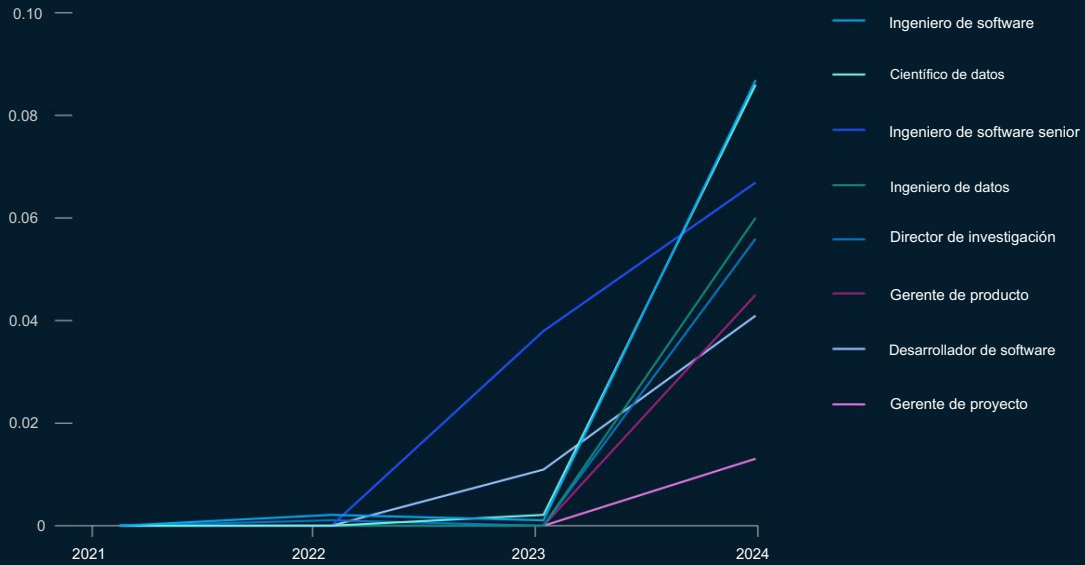
TALENTO Y MERCADO LABORAL

# IA agente

## Demanda

El volumen de ofertas de empleo relacionadas con la IA agencial sigue siendo bajo, pero ha crecido significativamente desde 2021, especialmente para puestos como ingenieros de software, científicos de datos e ingenieros de datos. Este crecimiento sugiere un creciente interés e inversión en el desarrollo de sistemas de IA capaces de tomar decisiones y actuar de forma autónoma.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



## Disponibilidad de habilidades

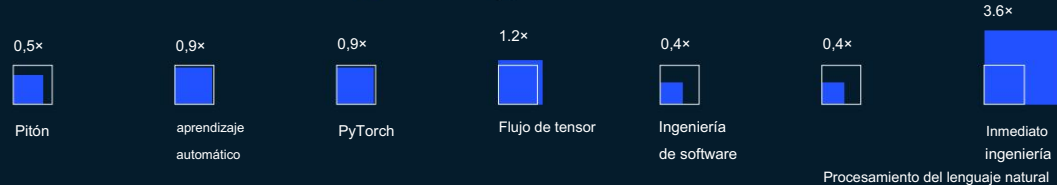
El desarrollo de IA con agentes se basa en una combinación de habilidades técnicas, como programación en Python, aprendizaje automático e ingeniería de software, así como áreas emergentes como la ingeniería rápida y el procesamiento del lenguaje natural. Si bien la demanda de talento es alta, el panorama es heterogéneo. Algunas habilidades, como el uso de TensorFlow, son más fáciles de encontrar en relación con la demanda, mientras que otras, como la experiencia en Python, son más escasas.

Más allá de la mera disponibilidad, la IA agencial está transformando la naturaleza misma del trabajo, trasladando responsabilidades de tareas de codificación deterministas a actividades de orden superior como la planificación de tareas, la orquestación de herramientas y la toma de decisiones contextual. Esta evolución está transformando la forma en que se definen los roles, las habilidades que se valoran y la forma en que las organizaciones estructuran los equipos técnicos.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



## Evolución de la adopción en todo el mundo

### Puntuación de adopción: 2—Experimentación.

Las organizaciones están probando la funcionalidad y viabilidad de la IA agencial con prototipos a pequeña escala, generalmente sin centrarse en el retorno de la inversión (ROI) a corto plazo. Pocas empresas están escalando o han escalado completamente la tecnología.

A pesar del gran interés e inversión en la IA agentic, esta tecnología aún no se ha probado en contextos empresariales reales. Muchas empresas están probando activamente las funcionalidades de los agentes de IA mediante prototipos a pequeña escala, pero su adopción a gran escala sigue siendo limitada. Dados los rápidos avances tecnológicos, conviene seguir de cerca la IA agentic, ya que su implementación y su impacto podrían acelerarse rápidamente.

## En la vida real

Las empresas líderes en IA están desarrollando avances que facilitan la implementación de IA agente en escenarios del mundo real.

Algunos ejemplos del mundo real que involucran plataformas de agentes de propósito general impulsadas por IA incluyen los siguientes:

OpenAI Operator, lanzado en enero de 2025, es un agente de IA que puede realizar de forma autónoma diversas tareas web, como reservar vuelos, hacer reservas y pedir comestibles. El operador puede navegar por sitios web, completar formularios y gestionar interacciones complejas.

Manus AI, lanzada en marzo de 2025, es una plataforma de agentes de propósito general. Gestiona de forma autónoma tareas como investigación, redacción y gestión de tareas, actuando como un compañero de equipo digital flexible.

— El 17 de junio de 2025, Google lanzó Gemini 2.5 Flash para la API de Gemini en Google AI Studio y Vertex AI. Gemini 2.5 Flash permite

Los desarrolladores pueden crear aplicaciones de producción con funciones de automatización del navegador (por ejemplo, gestionar visitas a sitios web, hacer clic en botones, escribir consultas y extraer datos en función de un

indicaciones en lenguaje natural), que respaldan casos de uso emergentes en flujos de trabajo de agentes.<sup>8</sup>

El siguiente es un ejemplo del mundo real que implica un razonamiento de varios pasos:

QuantumBlack Labs de McKinsey implementó flujos de trabajo agénticos para automatizar la redacción de notas de crédito para un banco. Los resultados iniciales mostraron un aumento de la productividad de los analistas de crédito de hasta un 60 %. Un LLM, que actuaba como administrador de sistemas multiagente, creó planes de trabajo y asignó tareas a subagentes especializados para el análisis, la verificación y la generación de resultados de datos.

Algunos ejemplos reales de IA agente diseñada para soluciones comerciales específicas incluyen los siguientes:

— Darktrace utiliza agentes de IA autónomos para Detectan y responden a ciberamenazas complejas en tiempo real. Los agentes de IA de Darktrace monitorizan continuamente el tráfico de la red empresarial, identifican anomalías y deciden la mejor estrategia para mitigar posibles daños.<sup>10</sup> Este enfoque se basa en el sistema inmunitario humano, lo que permite respuestas inmediatas a ciberataques nunca antes vistos sin intervención humana. Al automatizar las tareas rutinarias de vigilancia y detección de amenazas, estos sistemas de IA con agentes permiten a los equipos de seguridad humanos centrarse en desafíos estratégicos e intervenciones críticas.

— La plataforma Agentforce de Salesforce permite Las organizaciones implementan agentes de IA autónomos en diversas funciones empresariales, mejorando así la eficiencia y la escalabilidad. Estos agentes pueden gestionar de forma autónoma tareas como la resolución de tickets de soporte, la programación de reuniones, el envío de correos electrónicos de seguimiento y la calificación de clientes potenciales.<sup>11</sup>

— Cursor, desarrollado por Anysphere, es uno de los Herramientas que revolucionan la industria del desarrollo de software al automatizar las tareas de codificación mediante el procesamiento del lenguaje natural. La plataforma permite a los desarrolladores generar código simplemente describiendo la funcionalidad deseada en lenguaje sencillo, acelerando significativamente el proceso de desarrollo de software.<sup>12</sup>

<sup>6</sup> "Presentamos a Operator", OpenAI, 23 de enero de 2025.

<sup>7</sup> Sajid Khan, "Presentamos a Manus: el agente de IA general que está redefiniendo la inteligencia", Medium, 11 de marzo de 2025.

<sup>8</sup> Blog de Google, "Estamos ampliando nuestra familia de modelos Gemini 2.5", entrada de blog de Tulsee Doshi, 17 de junio de 2025.

<sup>9</sup> "Generando un impacto empresarial tangible a partir de la IA generativa", Medium, 27 de febrero de 2025.

<sup>10</sup> Sophie Rice, "La IA de Darktrace transforma el panorama global de la ciberseguridad", Cyber Magazine, 22 de abril de 2025.

<sup>11</sup> "Salesforce lanza Agentforce 2dx con nuevas capacidades para integrar IA proactiva en cualquier flujo de trabajo, crear experiencias multimodales y extender la gestión digital a toda la empresa", comunicado de prensa de Salesforce, 5 de marzo de 2025.

<sup>12</sup> Anna Tong y Krystal Hu, "Las startups de IA revolucionan la industria de la codificación, generando valoraciones altísimas", Reuters, 3 de junio de 2025.



La IA Agentic transforma la IA de una herramienta pasiva a un colaborador activo en los flujos de trabajo empresariales. A medida que estos sistemas ganan autonomía y capacidad de toma de decisiones, también es fundamental invertir más en descubrir cómo trabajar con la IA cuando se la considera un compañero en lugar de una herramienta. Al mismo tiempo, necesitaremos una gobernanza sólida, transparencia y garantías éticas para garantizar que estos agentes operen con responsabilidad y generen una confianza duradera.

— Delphine Nain Zurkiya, socio principal, Boston

Algunos ejemplos del mundo real que involucran comunicaciones entre agentes incluyen los siguientes:

— Anthropic introdujo el Contexto Modelo Protocolo (MCP) como marco de código abierto y estándar para estandarizar la forma en que los modelos de IA, como los LLM, integran y comparten datos con herramientas, sistemas y fuentes de datos externos. Google, Microsoft, Open AI y muchos otros han anunciado su adopción de MCP.

Google introdujo el protocolo Agent2Agent (A2A), un estándar abierto que facilita la colaboración segura entre agentes de IA de distintos proveedores. Con el respaldo de más de 50 socios, A2A facilita casos prácticos como la búsqueda de candidatos y la coordinación de la cadena de suministro, complementando iniciativas como MCP para impulsar ecosistemas escalables y multiagente.

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías que impulsan la IA agente incluyen las siguientes:

- Aprendizaje automático (ML). Estos modelos realizan predicciones tras ser entrenados con datos, en lugar de seguir reglas programadas.
- Procesamiento del lenguaje natural. Este tipo de ML analiza y genera datos basados en el lenguaje, como texto y voz.
- Capa de aplicación. Normalmente, esta es la interfaz con la que interactúa el usuario final— por ejemplo, chatear.
- Capa de integración/herramientas. Situado entre una capa de aplicación y un modelo de base. Esta capa se integra con otros sistemas para recuperar información, filtrar respuestas, guardar entradas y salidas, distribuir el trabajo y habilitar nuevas funciones. Algunos ejemplos incluyen

<sup>13</sup> Blog de Google, "Anuncio del protocolo Agent2Agent (A2A)", entrada de blog de Rao Surapaneni et al., 9 de abril de 2025.

el marco de programación de lenguaje grande LangChain y bases de datos vectoriales como Pinecone y Weaviate.

- Modelos de cimentación. Estos son profundos modelos de aprendizaje entrenados en grandes cantidades de datos no estructurados y no etiquetados que pueden usarse para una amplia gama de tareas listas para usar o adaptarse a tareas específicas mediante un ajuste fino.
- Modelos de razonamiento. Estos son los fundamentos modelos que han sido entrenados específicamente para ejecutar tareas de razonamiento de múltiples pasos, como resolver problemas que involucran lógica y hacer inferencias más allá del reconocimiento de patrones.
- Herramientas de observabilidad. Son herramientas (para Por ejemplo, LangSmith) que permiten la observabilidad (para obtener información sobre el comportamiento, el rendimiento y los procesos de toma de decisiones). Monitorean y analizan los modelos de IA a lo largo de su ciclo de vida para garantizar la fiabilidad, la transparencia y la rendición de cuentas.
- Marcos de programación. Estos marcos son conjuntos completos de herramientas de software diseñados para facilitar el desarrollo y la implementación de aplicaciones de IA como Autogen y CrewAI.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan a la IA agente incluyen las siguientes:

- Modos de falla de la IA agente, como tomar decisiones erróneas o tomar decisiones no deseadas.

Las acciones pueden generar riesgos operativos. Otros riesgos adicionales están asociados con la calidad de los datos utilizados para entrenar a estos agentes, la desviación de los modelos de toma de decisiones, los ataques adversarios y la necesidad constante de supervisión humana para gestionar sistemas cada vez más autónomos.

- El grado en que los agentes podrán alcanzar la autonomía sigue siendo incierto y es un tema de investigación y debate constante en el campo de la IA.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al avanzar con la IA agente:

- ¿Cuáles son las implicaciones de la agencia en la fuerza laboral? IA a escala, que incluirá una combinación de ¿Trabajo humano y digital?
  - ¿Qué herramientas y técnicas de confianza y seguridad serán necesarias para mitigar los riesgos a medida que las empresas adopten una IA agente?
  - ¿Es más probable que la IA agente eleve el talento experto al automatizar tareas rutinarias o que desplace a grandes segmentos de la fuerza laboral cuyos roles se basan en la estructura y la repetición?
- ¿Hasta qué punto debería permitirse que la IA agente opere de forma independiente? ¿Cómo logramos un buen equilibrio entre la autonomía de la IA y la supervisión humana?
- ¿Cómo pueden las empresas adelantarse a sus competidores? ¿Competidores y capturar el valor a escala, ya sea en ingresos o beneficios de costos, asociado con la IA agente?



# Inteligencia artificial

La inteligencia artificial se refiere a sistemas informáticos diseñados para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Estos sistemas aprovechan algoritmos, datos y capacidad computacional para reconocer patrones, tomar decisiones y aprender de la experiencia.

## La tendencia y por qué es importante

La inteligencia artificial ya no es solo una curiosidad tecnológica. Hoy en día, impulsa cambios tangibles en todos los sectores y en la vida cotidiana. Desde la facilitación de conversaciones naturales y la automatización de análisis complejos hasta el control de sistemas físicos como robots y drones, la influencia de la IA es amplia y profunda. Las soluciones más eficaces suelen combinar múltiples formas de IA: modelos generativos para el lenguaje, motores analíticos para obtener información basada en datos y, cada vez más, sistemas capaces de tomar decisiones y actuar de forma autónoma, conocidos como IA agencial (tratados en la sección anterior del informe). Esta convergencia está transformando silenciosamente la forma en que las empresas operan y las personas interactúan con la tecnología.

El setenta y ocho por ciento de las organizaciones encuestadas en el informe El estado de la IA de McKinsey están usando IA en al menos una función comercial, y el 92 por ciento de los ejecutivos planean invertir más en los próximos tres años, como se destaca en nuestro informe Superagencia en el lugar de trabajo sobre IA.<sup>1</sup> Dicho esto, todavía es una tendencia temprana, ya que solo el 1 por ciento de los líderes dice que sus empresas están completamente maduras en sus implementaciones de IA.<sup>2</sup>

Avances rápidos en las capacidades subyacentes de la IA a lo largo de

El último año ha hecho que el potencial a largo plazo de la IA sea aún más prometedor para las empresas. El coste de implementar modelos potentes está disminuyendo drásticamente, y una nueva generación de modelos más pequeños y específicos para cada dominio ofrece a más organizaciones y a una gama más amplia de dispositivos acceso a la IA que nunca.

La IA multimodal, capaz de procesar y generar texto, imágenes, vídeo y audio, ha abierto nuevas fronteras creativas y científicas, mejorando la calidad y la versatilidad de los resultados generados por IA.

Como resultado, empresas y consumidores ahora encuentran más fácil integrar la IA en sus flujos de trabajo y rutinas diarias. El impacto en los flujos de trabajo es especialmente visible en el desarrollo de software. El auge de las herramientas basadas en lenguaje natural ha democratizado la programación, permitiendo que tanto profesionales como aficionados puedan crear prototipos.

software más rápido que nunca. Sin embargo, esta aceleración también trae consigo nuevos desafíos, como la gestión de la deuda técnica y la garantía de la calidad del código a medida que se acelera el ritmo de desarrollo.

El uso de la IA generativa, ampliamente disponible comercialmente hace menos de tres años, ha crecido con gran rapidez: la mayoría de las empresas que informan que utilizan IA también afirman utilizarla regularmente. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las organizaciones tienen un largo camino por recorrer para alcanzar todo el potencial de la IA generativa. La gran brecha entre el potencial y el progreso se explica por el tiempo que necesitan las organizaciones para adaptarse, desarrollar innovaciones complementarias y capacitar a su personal. Por lo tanto, los verdaderos beneficios económicos de la IA generativa solo podrán hacerse visibles después de que se hayan implementado cambios organizativos y estructurales sustanciales.

Al mirar hacia el próximo año, surgen varias preguntas cruciales: ¿Seguirán los menores costos de inferencia de modelos y la proliferación de modelos pequeños y especializados transformando el acceso a la IA y sus beneficios? ¿Qué estrategias empresariales generarán el mayor valor a medida que las organizaciones se apresuran a pasar de la experimentación a la adopción a gran escala? Y, a medida que la innovación se acelera, ¿cómo pueden los líderes garantizar que las prácticas responsables — en torno a la ética, la transparencia y la gobernanza— sigan el ritmo de la rápida integración de la IA en las empresas y la sociedad?

<sup>1</sup> "El estado de la IA: Cómo se reconfiguran las organizaciones para captar valor", McKinsey, 12 de marzo de 2025; "Superagencia en el lugar de trabajo: Cómo empoderar a las personas para liberar todo el potencial de la IA", McKinsey, 28 de enero de 2025.

<sup>2</sup> "Superagencia en el lugar de trabajo: empoderar a las personas para liberar todo el potencial de la IA", McKinsey, 28 de enero de 2025.

LA REVOLUCIÓN DE LA IA

# Inteligencia artificial

## Puntuación de la tendencia

La inteligencia artificial experimentó un auge en innovación e interés entre 2023 y 2024, ya que el despliegue de la IA general impulsó el interés en toda la IA. La IA lideró las tendencias tecnológicas en la actividad de patentes, las búsquedas en Google y las publicaciones de investigación, lo que refleja su rápida adopción en todos los sectores y disciplinas. En el primer trimestre de 2025, las empresas de IA recaudaron 52 000 millones de dólares, incluyendo la inversión de 40 000 millones de dólares en OpenAI, liderada por SoftBank, que marcó la mayor operación de financiación de capital riesgo (VC) jamás registrada.<sup>1</sup>

Inversión de capital, 2024

**\$124.3** mil millones

Ofertas de trabajo, 2023-24, % de diferencia

**+35%**

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

<sup>1</sup>Swagath Bandhakavi, "Las empresas de IA obtienen al menos 52 000 millones de dólares en financiación global durante el primer trimestre de 2025", Tech Monitor, 17 de abril de 2025; "Nueva financiación para avanzar hacia la IAG", OpenAI, 31 de marzo de 2025; Hayden Field y Kate Rooney, "OpenAI cierra una ronda de financiación de 40 000 millones de dólares, el mayor acuerdo tecnológico privado registrado", CNBC, 1 de abril de 2025.

## Últimos desarrollos

La innovación en IA en 2025 se está acelerando en torno a la mejora de las capacidades del modelo, la eficiencia y las aplicaciones en el mundo real, impulsada por la competencia entre gigantes tecnológicos y empresas emergentes, mientras que el campo lidia cada vez más con la implementación responsable, la regulación y la ampliación de la comercialización.

Los recientes avances en IA incluyen una mayor competencia y una disminución de los costos de inferencia, una explosión de modelos pequeños, avances en IA multimodal y capacidades de razonamiento de múltiples pasos, una aceleración del desarrollo de software, preocupaciones en torno a una IA responsable y una creciente inversión global:

—Ha proliferado los modelos de cimentación.

mayor competencia y menores costos.

Muchos competidores ofrecieron acceso gratuito y precios reducidos para resultados de texto de alta calidad, y la aparición de startups impulsó aún más la innovación. El número de modelos de código abierto de alta calidad también ha aumentado.

El panorama de la IA experimentó una explosión de modelos pequeños, ya que las técnicas de destilación y cuantificación permitieron la creación de modelos de IA de alta capacidad y específicos de dominio, derivados de modelos "principales" más grandes. Estos modelos más pequeños ofrecen resultados de alta calidad y requieren mucha menos potencia de procesamiento, lo que reduce drásticamente los costos y la energía.



'El desarrollo de la tecnología de IA ha seguido avanzando a un ritmo acelerado y casi el 80 por ciento de las empresas que participaron en nuestra encuesta global sobre el estado de la IA dicen que están usando IA. Pero captar valor a escala de la IA es todo un proceso. Solo el 1 % de las empresas que participaron en una encuesta complementaria afirmó que su uso de la IA está plenamente desarrollado. Aún queda mucho margen para la transformación de empresas e industrias.

—Michael Chui, investigador principal del Área de la Bahía

Consumo. Anteriormente, las empresas solían utilizar modelos más grandes, muchos de los cuales podían gestionar más de un billón de parámetros, pero ahora muchas reconocen que los modelos más pequeños, que gestionan diez mil millones o menos de parámetros, son comparablemente eficaces. Como resultado, la IA se está integrando en una amplia gama de dispositivos y aplicaciones, desde teléfonos inteligentes y electrodomésticos hasta camiones y equipos industriales.

— Las empresas están redoblando sus esfuerzos para

Desarrollar modelos de IA gen multimodales para integrar y procesar múltiples tipos de datos de entrada y generar resultados, como texto, imágenes, video, y audio. Estos modelos multimodales mejoran

Interacciones en lenguaje natural para una estimulación más eficaz y mejores resultados. Los resultados multimodales también están mejorando, abarcando vídeo y resultados científicos de mayor complejidad, como la identificación de correlaciones sutiles entre el plegamiento de proteínas y la eficacia de los fármacos. Gartner proyecta que para 2027, el 40 % de las soluciones de IA general serán multimodales, frente a tan solo el 1 % en 2023.

— La IA está mejorando en tareas complejas de varios pasos.

razonamiento, un cambio significativo en sus capacidades. Los avances recientes permiten modelos de cimentación

Para planificar estratégicamente, adaptarse a la variabilidad y generalizar el conocimiento entre tareas, aumentando su eficiencia y fiabilidad. Algoritmos de entrenamiento optimizados, herramientas de investigación profunda y otros.

Las técnicas demuestran cómo la IA puede razonar más rápidamente y aplicar conocimientos a nuevos desafíos,<sup>4</sup> incluida la ingeniería de software.

— La industria está pasando de los principios a la

Acción sobre IA responsable. A medida que se acelera la adopción de la IA general, persisten las preocupaciones sobre el plagio, la rendición de cuentas, la contaminación de datos, el sesgo y la imparcialidad.

El uso de material protegido por derechos de autor para entrenar modelos de IA gen ha generado debates sobre los derechos de propiedad intelectual y el uso legítimo. La preocupación por la falta de transparencia en la determinación de los resultados, especialmente los no matemáticos, ha aumentado el interés en la "IA explicable", que puede articular su razonamiento. Para abordar estos desafíos, las organizaciones están implementando plataformas de gobernanza de la IA y buscando la colaboración de terceros.

evaluaciones de confianza y riesgo.

— La inversión global se está expandiendo, pero su

La distribución varía según la región. La IA soberana, que tiene el potencial de impulsar la innovación local, el crecimiento económico y los intereses nacionales, ha cobrado una importancia considerable a nivel mundial. Francia, Italia, España y el Reino Unido se encuentran entre los países que desarrollan infraestructura nacional de IA mediante el fomento de un ecosistema de empresas tecnológicas y proveedores de servicios de nube y telecomunicaciones.<sup>5</sup>

En Vietnam, Nvidia está colaborando con el gobierno en un nuevo centro de investigación de IA, mientras que Japón, Singapur y Tailandia están

<sup>3</sup> "Gartner predice que el 40% de las soluciones de IA generativa serán multimodales para 2027", Gartner, 9 de septiembre de 2024.

<sup>4</sup> Daya Guo et al., DeepSeek-R1: Incentivo a la capacidad de razonamiento en LLM a través del aprendizaje de refuerzo, DeepSeek, 22 de enero de 2025.

<sup>5</sup> "Europa construye infraestructura de IA con Nvidia para impulsar la próxima transformación industrial de la región", comunicado de prensa de Nvidia, 11 de junio de 2025.

Fomentar el desarrollo de modelos de IA localizados y adaptados a las prioridades nacionales, como la atención sanitaria y la gestión de desastres naturales.<sup>6</sup>

En Oriente Medio, algunos países, entre ellos los Emiratos Árabes Unidos, se están posicionando rápidamente a través de proyectos de infraestructura a gran escala y asociaciones transfronterizas, como la reciente colaboración de Emirates NBD Bank con

BlackRock.<sup>7</sup> Por el contrario, regiones como África están rezagadas en la adopción debido a la falta de digitalización, los altos costos y otros desafíos.<sup>8</sup>

— La inversión de capital riesgo en IA ha aumentado drásticamente, impulsada principalmente por las startups de IA de última generación. Esta afluencia de capital está impulsando la innovación en toda la gama de IA, desde pioneros del hardware como SambaNova Systems que desarrollan soluciones avanzadas.

Desde chips hasta empresas centradas en aplicaciones, como Writer, que crean soluciones a medida para diversos sectores. La inversión corporativa en IA ha alcanzado una escala sin precedentes, con gigantes tecnológicos y empresas líderes en IA destinando, en conjunto, cientos de miles de millones de dólares anuales a infraestructura, modelos e implementaciones. Se proyecta que Alphabet, la empresa matriz de Google, Amazon, Meta y Microsoft invertirán entre 70 000 y más de 100 000 millones de dólares cada una en inversiones de capital relacionadas con la IA en 2025, impulsadas por la expansión de centros de datos y el desarrollo de silicio a medida.<sup>9</sup> Este gasto masivo, que supera con creces las inversiones iniciales en la nube, subraya la importancia estratégica de la IA e impulsa la rápida innovación.



'El ritmo de la innovación en IA se está acelerando, con avances en sistemas generativos y autónomos que expanden rápidamente lo que es posible en todas las industrias. Hoy en día, el verdadero diferenciador no es sólo la capacidad técnica; es la capacidad de reconfigurar los modelos operativos, el talento y la gobernanza, integrando la IA profundamente en los flujos de trabajo para ofrecer un impacto comercial medible. Las organizaciones que pasen decididamente de la experimentación a la adopción a gran escala, al tiempo que construyen barreras sólidas para la confianza y la responsabilidad, estarán mejor posicionadas para capturar el potencial transformador de la IA.

—Alex Singla, socio principal y colider de QuantumBlack, AI by McKinsey, Chicago

<sup>6</sup> Blog de Nvidia, «Tailandia y Vietnam adoptan la IA soberana para impulsar el crecimiento económico», entrada de Isha Salián, 6 de diciembre de 2024; Blog de Nvidia, «Nvidia ayudará a elevar los esfuerzos de Japón en IA soberana mediante el desarrollo de una infraestructura de IA generativa», entrada de Masataka Osaki, 14 de mayo de 2024; Blog de Macquarie Data Centres, «IA soberana», Macquarie Technology Group, 16 de septiembre de 2024.

<sup>7</sup> 'El gasto en IA en Oriente Medio, Turquía y África se disparará a medida que la región se compromete con un futuro digital impulsado por la IA', IDC, 21 de enero de 2025; 'Emirates NBD de Dubái se asocia con BlackRock para ofrecer acceso a los mercados privados', Reuters, 26 de marzo de 2025.

<sup>8</sup> Tuhu Nugraha, '¿Por qué la adopción de IA es más lenta en el Sur Global y cómo puede avanzar?', Modern Diplomacy, 4 de marzo de 2025.

<sup>9</sup> Samantha Subin, «Las megacapitalizaciones tecnológicas planean invertir más de 300.000 millones de dólares en 2025 a medida que se intensifica la carrera por la IA», CNBC, 8 de febrero de 2025; Jaspreet Singh y Aditya Soni, «Zuckerberg de Meta promete cientos de miles de millones para centros de datos de IA en un impulso a la superinteligencia», Reuters, 15 de julio de 2025.

TALENTO Y MERCADO LABORAL

# Inteligencia artificial

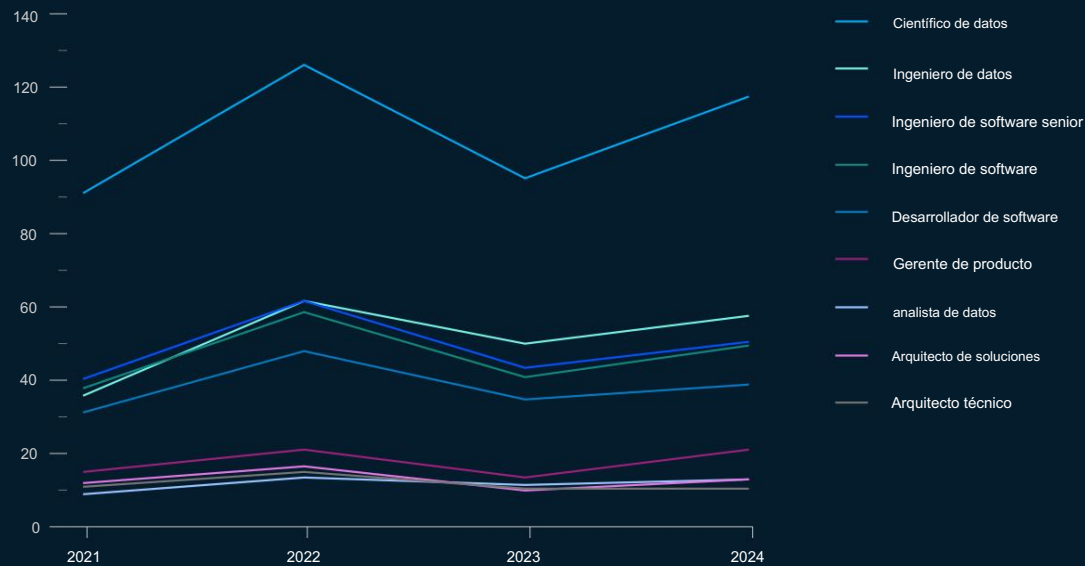
## Demanda

La demanda de talento en IA continúa evolucionando a medida que las organizaciones pasan de la experimentación inicial a una implementación más amplia. Si bien en 2023 se registró una reducción considerable, en 2024 se renovaron las contrataciones, especialmente de científicos e ingenieros de datos, a medida que las empresas buscan integrar la IA más profundamente en sus flujos de trabajo principales. La demanda de puestos de software se ha estabilizado, mientras que el crecimiento de los puestos centrados en productos y soluciones sugiere un mayor énfasis en impulsar la integración empresarial y el impacto en el usuario.

Si bien el 46 % de los líderes menciona la falta de habilidades en su fuerza laboral como un obstáculo importante para la adopción de la IA, y más del 20 % de los empleados encuestados reportan una capacitación mínima, abordar las necesidades actuales de capacitación es solo una parte de la ecuación. A medida que los agentes de IA se integren más en los flujos de trabajo empresariales, el panorama del talento seguirá evolucionando, orientándose hacia capacidades que fomenten la colaboración entre humanos e IA. Con el tiempo, esta relación simbiótica entre los trabajadores y la IA se volverá menos excepcional y más fundamental, transformando gradualmente el funcionamiento de los equipos, la toma de decisiones y la creación de valor dentro de las organizaciones.

1

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



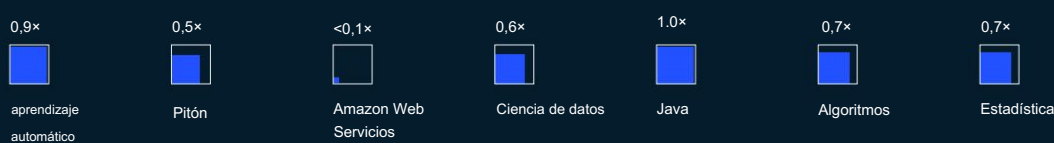
## Disponibilidad de habilidades

La cantera de talento en IA está bajo presión. Habilidades clave como aprendizaje automático, Python y ciencia de datos tienen una alta demanda, aunque la oferta de estas dos últimas aún es baja. La experiencia en infraestructura en la nube es especialmente escasa, sobre todo en plataformas como Amazon Web Services. Si bien algunas capacidades de programación y matemáticas están más disponibles, las carencias en habilidades fundamentales de IA podrían frenar el impulso si no se abordan mediante la capacitación y el desarrollo específicos.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



<sup>1</sup> "El estado de la IA: cómo las organizaciones se están reconfigurando para capturar valor", McKinsey, 12 de marzo de 2025; "Superagencia en el lugar de trabajo: empoderar a las personas para liberar todo el potencial de la IA", McKinsey, 28 de enero de 2025.

## Evolución de la adopción en todo el mundo Puntuación

### de adopción: 4—Escalamiento en progreso.

Las organizaciones están ampliando la implementación y la adopción de IA en todas sus empresas.

La propuesta de valor de las soluciones de IA está ampliamente consolidada, como lo demuestra la gran cantidad de personas que utilizan IA genérica en su día a día. Por ello, la integración de las capacidades de IA genérica se considera cada vez más un requisito para que las empresas mantengan su competitividad. Su implementación se ve obstaculizada por los continuos desafíos relacionados con la privacidad de los datos, la calidad de los resultados y las consideraciones éticas, lo que impulsa a las organizaciones a adoptar plataformas de gobernanza de IA y a solicitar evaluaciones externas.

## En la vida real

La creciente competencia entre los proveedores de IA está reduciendo los costos:

— Una amplia gama de actores de la industria, como Anthropic, Google y OpenAI, y nuevos participantes, como DeepSeek, han reducido significativamente los precios de sus servicios de inteligencia artificial general.

A través de un conjunto de puntos de referencia y umbrales de rendimiento, Epoch AI descubrió que los costos de inferencia están disminuyendo entre nueve y 900 veces al año, con una mediana de 50 veces al año.<sup>10</sup>

Los precios más bajos de los proveedores de modelos propietarios, combinados con la innovación constante entre las alternativas de código abierto, aumentan la disponibilidad para desarrolladores y empresas.<sup>11</sup>

Algunos ejemplos reales del auge de modelos de IA más pequeños y eficientes incluyen los siguientes:

— Inflection 3.0, un modelo de lenguaje más pequeño y grande (LLM), según se informa logró un rendimiento comparable a los modelos de frontera pero utilizando menos recursos computacionales, lo que podría brindar a las empresas asistentes de IA rentables. Las versiones perfeccionadas de este modelo pueden impulsar chatbots de servicio al cliente que manejan consultas específicas con respuestas conversacionales y empáticas.<sup>12</sup> Anthropic, Google y OpenAI también ofrecen modelos más pequeños, denominados "haiku", "flash" y "mini", respectivamente.

Los modelos cuantizados Llama 3 8B de Meta permiten la conversión de idiomas en tiempo real directamente en los teléfonos de los usuarios. Meta afirma que estos modelos más pequeños, utilizados en aplicaciones de traducción, han mejorado la precisión al operar sin conexión, lo que reduce los costos de la nube y la latencia.<sup>13</sup>

Algunos ejemplos reales de empresas que están redoblando esfuerzos para desarrollar modelos de IA genómica multimodal incluyen los siguientes:

— El último modelo insignia de OpenAI, GPT-4.1, Lanzado en abril de 2025, se basa en la sólida base multimodal de GPT-4o con un manejo mejorado de entradas multimodales extendidas. Optimizada para la eficiencia y la codificación front-end de alto volumen, esta herramienta mejorada también sigue instrucciones de manera confiable y presenta generación de imágenes sólidas e interacciones de voz naturales en tiempo real.

— Claude 4, el último modelo de IA de Anthropic La familia se lanzó en mayo de 2025. Gracias a sus avanzadas capacidades para integrar texto y datos, esta herramienta multimodal destaca especialmente en la codificación y el análisis de documentos. Sus habilidades de razonamiento multipaso, su profunda comprensión del contexto y sus modelos de pensamiento híbrido (respuestas casi instantáneas frente a pensamiento extendido) la hacen ideal para la resolución de problemas complejos, incluyendo, entre otros, desafíos de programación de alto nivel.

— Gemini 2.5, el último modelo de IA de Google, ofrece Multimodalidad nativa con una ventana de contexto de un millón de tokens para un razonamiento mejorado y tareas de codificación avanzadas. Utiliza diversas fuentes de entrada, como texto, audio, imágenes, vídeo e incluso repositorios de código.

Los avances significativos en AlphaFold 3 de Google DeepMind pueden impulsar avances en productos farmacéuticos, biotecnológicos e incluso alimentarios. Esta herramienta de IA multimodal acelera... Proceso de identificación y optimización de fármacos candidatos mediante la predicción precisa de las estructuras proteicas y las interacciones moleculares. La herramienta... Se puede utilizar para diseñar proteínas y enzimas.

<sup>10</sup> Ben Cottier, Ben Snodin, David Owen y Tom Adamszewski, "Los precios de inferencia de LLM han caído rápidamente pero de manera desigual en todas las tareas", Epoch AI, 12 de marzo de 2025.

<sup>11</sup> "Tecnología de código abierto en la era de la IA", McKinsey, 22 de abril de 2025.

<sup>12</sup> "Inflection AI presenta una oferta empresarial con los nuevos modelos Inflection 3.0", Maginative, 7 de octubre de 2024.

<sup>13</sup> "Presentamos modelos Llama cuantizados con mayor velocidad y menor consumo de memoria", Meta, 24 de octubre de 2024; "Meta LLaMA 3: Casos de uso, benchmarks y cómo empezar", Acorn Labs, 6 de junio de 2024.

Algunos ejemplos reales de IA que realiza un razonamiento complejo de varios pasos incluyen los siguientes:

Investigadores del MIT han desarrollado un algoritmo más eficiente, MBTL, que entrena modelos de aprendizaje por refuerzo para tareas variables y complejas. MBTL selecciona un subconjunto de tareas para entrenar y maximizar el rendimiento general de un algoritmo en un conjunto de tareas relacionadas. MBTL modela el rendimiento de un algoritmo de forma independiente en una tarea y cuánto se degrada su rendimiento al aplicarse a otras tareas (rendimiento de generalización). Para ello, primero selecciona la tarea que ofrece el mayor rendimiento y luego selecciona tareas adicionales para obtener mejoras marginales.

MBTL es entre cinco y cincuenta veces más eficiente que los enfoques estándar.<sup>14</sup>

— A partir de finales de 2024, gigantes tecnológicos como Anthropic, Google, OpenAI y Perplexity comenzaron a introducir una "investigación profunda" avanzada Herramientas de IA. Estos asistentes de IA pueden navegar rápidamente por la web, analizar grandes cantidades de datos y generar informes completos, lo que reduce significativamente el tiempo de investigación. Este potencial para transformar el trabajo cognitivo tiene implicaciones para los trabajadores del conocimiento, aumentando la preocupación por la verificación y el desplazamiento de resultados.

— Los productos más nuevos de Anthropic (Claude Code), Google (Gemini Code) y OpenAI (Codex) demuestran sólidas habilidades de razonamiento multipaso que van más allá de la comprensión y generación de código. Esto les permite gestionar escenarios de codificación complejos mediante deducciones lógicas, desglosando tareas y produciendo código que demuestra una comprensión más profunda de un problema y los pasos necesarios para resolverlo. Estos agentes pueden actuar de forma semiautónoma, ampliando sus capacidades a lo largo del ciclo de vida del desarrollo de un producto.

Algunos ejemplos reales del impulso que lleva a la industria a pasar de los principios a la acción en materia de IA responsable incluyen los siguientes:

— En Estados Unidos se están realizando esfuerzos para promulgar una legislación que establecería límites para la IA, lo que refleja un movimiento dentro de la industria tecnológica conocido como "IA responsable".

Por ejemplo, la Ley de Transparencia de la IA de California (Proyecto de ley 942 del Senado), vigente a partir del 1 de enero de 2026, ha sentado un precedente al exigir a los proveedores de sistemas de IA de generación amplia adoptados que ofrezcan servicios gratuitos Herramientas de detección de IA e incluyen divulgaciones en Contenido generado por IA.

El 12 de agosto de 2024, el juez federal de distrito William Orrick dictaminó que varias empresas de IA almacenaban ilegalmente obras de artistas visuales en sus sistemas de generación de imágenes. El fallo sentó un precedente en la legislación sobre derechos de autor aplicable al contenido generado por IA, lo que podría influir en futuros casos relacionados con la IA y los derechos de propiedad intelectual.

Algunos ejemplos reales de innovaciones impulsadas por inversiones corporativas y de capital riesgo en IA incluyen los siguientes:

— GitLab, un completo DevSecOps La plataforma de IA (desarrollo, seguridad y operaciones) está impulsando los procesos de desarrollo de software. Al integrar las capacidades de IA en todo el ciclo de vida del software, la plataforma permite a los desarrolladores automatizar tareas repetitivas y optimizar los flujos de trabajo. Por ejemplo, cuando Ally Bank implementó GitLab, aumentó su capacidad de actualizar e implementar aplicaciones de software en un 55 por ciento y logró ahorros de costos significativos.<sup>15</sup>

— Regrello, una plataforma de planificación de recursos empresariales (ERP) basada en IA, genera aplicaciones de flujo de trabajo complejas en minutos. Al optimizar los flujos de trabajo y la colaboración, Regrello afirma reducir las tareas manuales hasta en un 45 %.<sup>16</sup>

Bolt.new, desarrollado por StackBlitz, ayuda a los usuarios a crear e implementar aplicaciones web rápidamente mediante IA. Integrado en el entorno de navegador de StackBlitz, facilita la instalación de paquetes y la configuración de backends, lo que lo hace ideal para la creación rápida de prototipos.<sup>17</sup>

## Tecnologías subyacentes

Múltiples tipos de software y hardware impulsan la IA en toda la pila tecnológica. Estos incluyen

la siguiente:

Capa de aplicación. Normalmente, se trata de una interfaz con la que interactúa el usuario final, como un chat.

<sup>14</sup> Adam Zewe, "Investigadores del MIT desarrollan una forma eficiente de entrenar agentes de IA más confiables", MIT News, 22 de noviembre de 2024.

<sup>15</sup> "Ally Financial reduce las interrupciones del flujo de trabajo y facilita el análisis de seguridad con GitLab", GitLab, consultado el 19 de marzo de 2025; Blog de GitLab, "GitLab recibe el premio Ally Technology Partner por su excelencia operativa", entrada de blog de Sandra Gittlen, 17 de junio de 2024.

<sup>16</sup> "Regrello", Crunchbase, consultado el 19 de marzo de 2025.

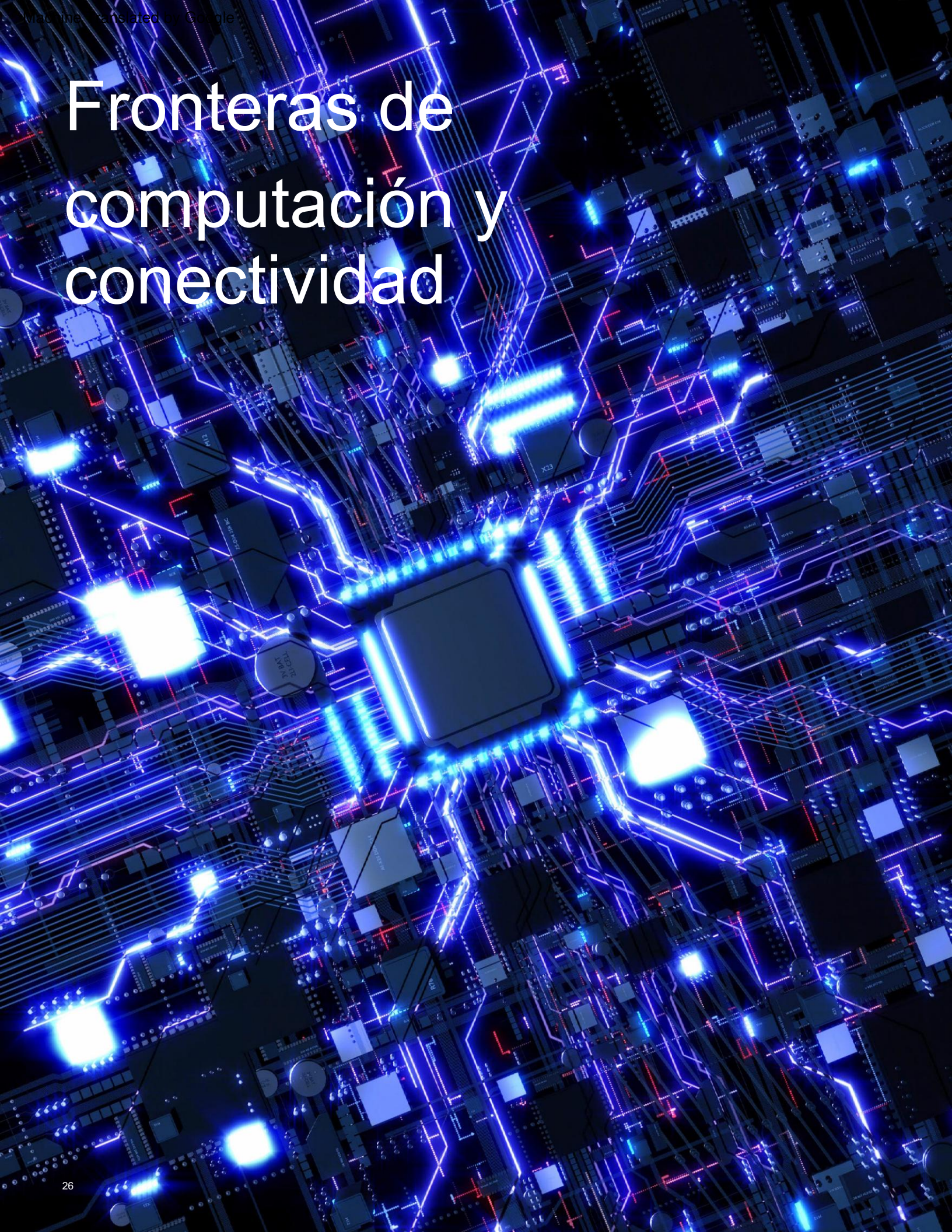
<sup>17</sup> "Bolt.new", StackBlitz, consultado el 4 de junio de 2025.

- Capa de integración o de herramientas. Ubicada entre la capa de aplicación y el modelo base, esta capa recupera información, filtra respuestas, guarda entradas y salidas, distribuye el trabajo y habilita nuevas funciones en el sistema.
  - Modelos de base. Estos modelos de aprendizaje profundo... Los modelos, entrenados con grandes cantidades de datos no estructurados y no etiquetados, pueden realizar una amplia gama de tareas de forma inmediata o pueden adaptarse a tareas específicas.
  - Infraestructura física. Esto abarca hardware, como centros de datos y chips aceleradores de IA, que permite la computación, el almacenamiento de datos y la conexión en red.
  - Infraestructura digital. Implica el uso de la abstracción digital de la infraestructura física para respaldar el almacenamiento, el procesamiento y la computación de datos. La infraestructura digital incluye bases de datos (por ejemplo, SQL y NoSQL) y servicios tecnológicos esenciales (por ejemplo, computación, almacenamiento y redes).
  - IA explicable. Este modelo de IA aumenta la transparencia e interpretabilidad de las entradas, ponderaciones y razonamientos que sustentan la salida de los algoritmos de aprendizaje automático.
  - Aprendizaje automático (ML). El ML es el proceso de entrenar modelos con datos en lugar de seguir reglas de programación.
  - Visión artificial. Este tipo de aprendizaje automático funciona con datos visuales, como imágenes, videos y señales 3D.
- Procesamiento del lenguaje natural.** Este es un tipo de aprendizaje automático que analiza y genera texto y voz.
- Aprendizaje por refuerzo profundo. Este tipo de aprendizaje automático se entrena mediante redes neuronales artificiales para realizar predicciones mediante ensayo y error.
  - Modelos de razonamiento. Estos son los fundamentos de modelos entrenados específicamente para ejecutar tareas de razonamiento de varios pasos, como resolver problemas que involucran lógica y hacer inferencias más allá del reconocimiento de patrones.

## Incertidumbres clave

Las incertidumbres más importantes que afectan a la IA incluyen las siguientes:

- La posibilidad de fuga de datos y otras vulnerabilidades, incluidas las de los clientes y los datos protegidos, sigue generando preocupaciones en materia de ciberseguridad y privacidad.
  - La IA sigue generando preocupaciones éticas sobre los datos de gobernanza, justicia y equidad, rendición de cuentas y explicabilidad.
  - Un esfuerzo creciente por diseñar regulaciones y el cumplimiento de la IA podría afectar la investigación sobre la IA general y sus posibles aplicaciones.
  - La propiedad de los derechos de autor y la protección del contenido siguen siendo una cuestión abierta para los modelos de código abierto.
  - A medida que los modelos de entrenamiento se expanden exponencialmente y requieren más recursos computacionales, su impacto ambiental también puede aumentar, lo que plantea problemas de sostenibilidad que también podrían obstaculizar la innovación.
- ## Grandes preguntas sobre el futuro
- Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al avanzar con la IA:
- A medida que continúan los avances tecnológicos en IA, modelos, aceleradores y rendimiento, ¿qué casos de uso principales deberían priorizar las empresas y cómo deberían posicionarse para impulsar la innovación, adaptar soluciones líderes o desarrollar capacidades propias?
  - ¿Cómo pueden las organizaciones evolucionar sus modelos operativos, talento y gobernanza lo suficientemente rápido para escalar la adopción y capturar el valor de la IA, en lugar de simplemente implementar la tecnología?
  - ¿Cómo se verá afectada la economía de las empresas más pequeñas y especializadas? ¿Y los modelos de IA de código abierto pueden cambiar el equilibrio de poder alejándolo de los modelos fronterizos monolíticos en la toma de decisiones empresariales?
  - ¿Cuál es la respuesta corporativa adecuada a los riesgos que plantea la IA, incluida la privacidad y seguridad de los datos, la equidad, la justicia, el cumplimiento y las protecciones de la propiedad intelectual?
  - ¿Cómo limitarán los cuellos de botella en el suministro, las necesidades energéticas de la infraestructura de IA y la disminución de los datos de entrenamiento de alta calidad el desarrollo y la implementación de los sistemas de IA?
  - ¿Cómo pueden los modelos de IA y sus procesos de toma de decisiones ser más transparentes para los usuarios y los reguladores?



# Fronteras de computación y conectividad

03

## Semiconductores específicos de la aplicación

Los semiconductores específicos de aplicación son chips diseñados específicamente para realizar tareas especializadas. A diferencia de los semiconductores de propósito general, están diseñados para gestionar cargas de trabajo específicas (como entrenamiento de IA a gran escala y tareas de inferencia), optimizando al mismo tiempo las características de rendimiento, ofreciendo mayor velocidad, eficiencia energética y rendimiento.

### La tendencia y por qué es importante

Pocas tecnologías son tan cruciales para el crecimiento empresarial futuro como los semiconductores, que ahora dan forma

Trayectorias de innovación en sectores que van desde la informática hasta la automoción. Los semiconductores específicos de aplicación son chips optimizados para realizar tareas específicas, como unidades de procesamiento gráfico (GPU), circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC) y, potencialmente, fotónica basada en silicio para arquitecturas computacionales y neuromórficas.

Para sus cargas de trabajo especializadas, estos semiconductores personalizados brindan mayor potencia informática y eficiencia de costos que lo que pueden ofrecer las arquitecturas informáticas de propósito general, como las CPU.

Las cargas de trabajo de IA han impulsado gran parte del desarrollo reciente

Innovación en semiconductores para aplicaciones específicas.

Estos chips altamente personalizados han proporcionado el procesamiento especializado necesario para el entrenamiento de IA, y la inferencia a escala y para la inmensa

Demandas computacionales de los algoritmos de IA. Con el correspondiente crecimiento exponencial de la demanda energética de la IA, la eficiencia energética también se ha convertido en un factor crítico de rendimiento, al igual que la gestión térmica. En el futuro, es probable que los semiconductores específicos de cada aplicación se utilicen cada vez más en la memoria de computación y las redes.

A medida que la IA continúa avanzando, la relación simbiótica entre la IA y las aplicaciones específicas

Los semiconductores seguirán impulsando las innovaciones

en el diseño de chips, con tecnologías emergentes como la fotónica de silicio.



Si bien la industria de semiconductores se ha basado durante mucho tiempo en la interdependencia global, las diferentes prioridades geopolíticas están acelerando un cambio hacia la regionalización y la diversificación de la cadena de suministro. Sin embargo, esto llevará tiempo, dada la naturaleza intensiva en capital del sector y la concentración de puntos de suministro. Adaptarse a este panorama cambiante será esencial para mantener la resiliencia, la continuidad y la innovación a largo plazo en todo el sector.

—Bill Wiseman, socio principal, Seattle

INGENIERÍA DE VANGUARDIA

# Semiconductores específicos de la aplicación

## Puntuación de la tendencia

La innovación floreció en todas las tendencias tecnológicas entre 2023 y 2024, lo que se reflejó en un amplio aumento de la actividad de patentes, y la industria de los semiconductores lideró el camino con el mayor número de patentes en general. De hecho, el patentamiento de semiconductores se está acelerando rápidamente, marcando el ritmo del progreso tecnológico en todos los sectores. Esto refleja la creciente importancia de los semiconductores para abordar necesidades especializadas en diversas industrias, como la automotriz, la IA y las telecomunicaciones. La tendencia también experimentó un fuerte crecimiento entre 2023 y 2024 en las búsquedas de Google, con un crecimiento de más del 38%, mientras que las menciones de la tecnología en publicaciones aumentaron un 68% y las inversiones de capital un 97%. El valor total de las inversiones de capital que estimamos podría considerarse conservador. Si bien hemos observado que algunas empresas líderes expanden sus ecosistemas mediante fusiones y adquisiciones en otras capas de la pila tecnológica (como software, sistemas de servidores y servicios en la nube), nos centramos en las inversiones en empresas que diseñan o construyen componentes semiconductores para aplicaciones específicas.

Inversión de capital, 2024

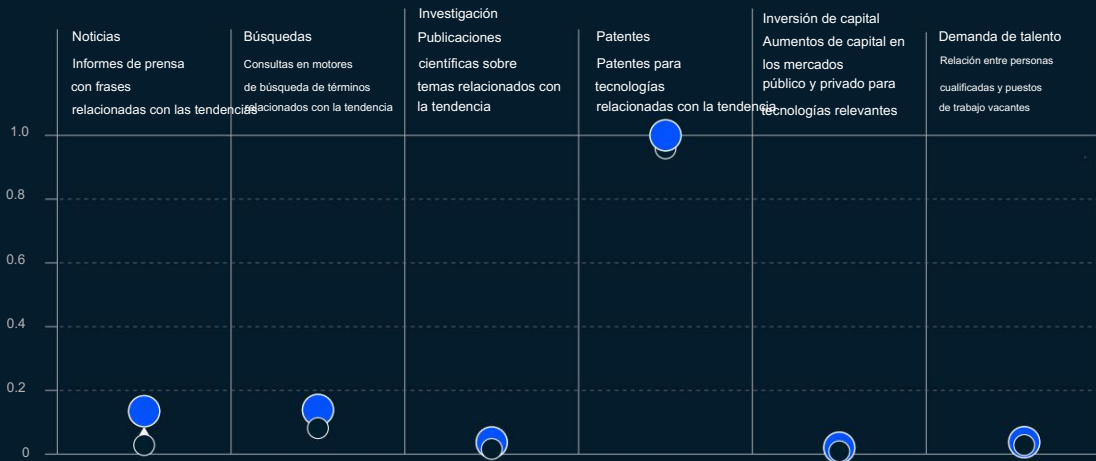
\$7.5 mil millones

Ofertas de trabajo, 2023-24, % de diferencia

+22%

○ 2020 ● 2024

## Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Con la creciente demanda de semiconductores específicos para aplicaciones diseñados para inteligencia artificial, el panorama de la industria está siendo remodelado por participantes disruptivos, la rápida expansión de los centros de datos globales y la compleja dinámica geopolítica que influye en las cadenas de suministro y las estrategias de la industria.

Los desarrollos recientes que involucran semiconductores para aplicaciones específicas incluyen los siguientes:

El rápido avance de la IA ha impulsado a las empresas a desarrollar chips optimizados específicamente para el entrenamiento y la inferencia. Los chips de entrenamiento, como las GPU, son potentes procesadores diseñados

utilizar el procesamiento paralelo en grandes conjuntos de datos. Los aceleradores de IA basados en ASIC, que se utilizan para inferencia, implementan de manera eficiente modelos de IA entrenados, lo que mejora su eficiencia operativa y ejecución en tiempo real. Estos semiconductores También tienen como objetivo mejorar la eficiencia energética, aumentar la escalabilidad y reducir los costos.

— Los nuevos proveedores de hardware de IA suponen un desafío Líderes consolidados. Con el objetivo de reducir la dependencia de proveedores externos como Nvidia, empresas tecnológicas como Amazon, Google, Meta y Microsoft han invertido considerablemente en ASIC personalizados y otras tecnologías de semiconductores propietarias. Esto les permite optimizar el rendimiento para cargas de trabajo específicas.



El auge de la IA de última generación no es solo una revolución de software; es un cambio radical en la demanda de hardware. A medida que los modelos escalan exponencialmente, los avances en computación acelerada, silicio personalizado, interconexiones de alto ancho de banda y diseño de sistemas con optimización energética no son opcionales. Son la nueva base de la innovación.

— Diana Tang, socia asociada, Área de la Bahía

(como entrenamiento e inferencia), reducir costos operativos, mejorar la eficiencia energética y mantener una integración más estrecha con sus paquetes de software propietarios. Simultáneamente, estamos presenciando el surgimiento de startups especializadas en el diseño de chips para cargas de trabajo específicas, como Cerebras, Groq y SambaNova Systems.

Los proveedores de CPU también están desarrollando ofertas de GPU competitivas, aunque Nvidia sigue siendo el líder del mercado.<sup>1</sup>

— La demanda de una mayor capacidad de computación es impulsando la expansión de los centros de datos y el aumento de la oferta de fabricación. La evolución de la IA y el crecimiento exponencial de la demanda de potencia informática han incrementado la necesidad de mayor innovación en todas las áreas tecnológicas.

El análisis de McKinsey sugiere que, en un escenario de rango medio, la demanda de capacidad de centros de datos preparados para IA aumentará a una tasa promedio del 33 por ciento anual entre 2023 y 2030.<sup>2</sup> Esto significa que alrededor del 70 por ciento de la demanda total de capacidad de centros de datos será para centros de datos equipados para alojar cargas de trabajo de sistemas de IA para 2030. Si bien la capacidad de los centros de datos está aumentando, necesita suministros de semiconductores adecuados.

Para escalar eficazmente. La expansión de la capacidad de fabricación requiere una planificación e inversión significativas, pero la tecnología evoluciona rápidamente, lo que genera inquietud sobre cómo se cubrirá la demanda en un par de años y su sostenibilidad, dado que mantener estos centros de datos abiertos y vacíos no es viable.

— Las tensiones geopolíticas afectan las cadenas de suministro globales. En 2024, el mercado mundial de semiconductores alcanzó un máximo histórico, con ventas anuales que superaron los 600 000 millones de dólares por primera vez, y se espera que este crecimiento continúe este año. Estos chips, cruciales para los avances informáticos, se fabrican principalmente en Asia. Algunas empresas tecnológicas líderes importan chips, mientras que otras, como Intel, mantienen la fabricación interna. Las interrupciones en la cadena de suministro debido a restricciones comerciales, aranceles y fragmentación del mercado podrían afectar el suministro global de semiconductores. Esto es especialmente cierto a medida que regiones como Estados Unidos y Europa priorizan la soberanía tecnológica.

El desarrollo de la IA y las operaciones informáticas a gran escala dependen del suministro global de semiconductores para obtener materias primas y fabricarlos.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> "El ascenso meteórico de NVIDIA: ¿puede el gigante de los chips de IA mantener su dominio?", EOS Intelligence, 17 de octubre de 2024.

<sup>2</sup> "El poder de la IA: ampliar la capacidad de los centros de datos para satisfacer la creciente demanda", McKinsey, 29 de octubre de 2024.

<sup>3</sup> "Las ventas globales de semiconductores aumentan un 19,1 % en 2024; se proyecta un crecimiento de dos dígitos en 2025", Asociación de la Industria de Semiconductores, 3 de marzo de 2025.

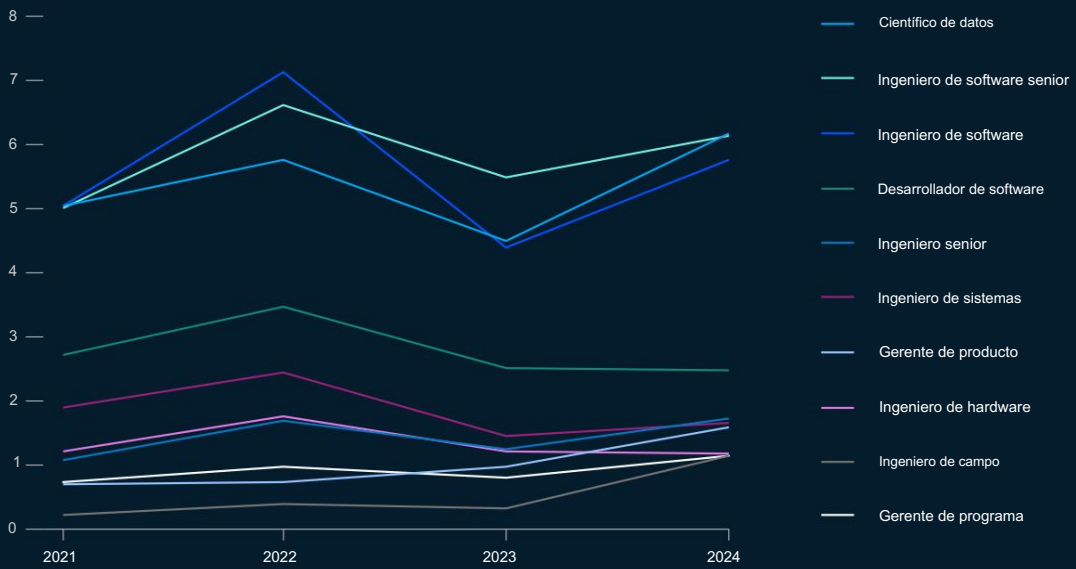
TALENTO Y MERCADO LABORAL

# Semiconductores específicos de la aplicación

## Demanda

Las ofertas de empleo para semiconductores de aplicación específica experimentaron un crecimiento sustancial en 2024, especialmente para puestos como científicos de datos e ingenieros de software. Este aumento pone de relieve la creciente importancia estratégica del software en el ecosistema de semiconductores para la IA y otras aplicaciones especializadas, lo que impulsa la demanda de profesionales capaces de innovar en este campo en rápida evolución.

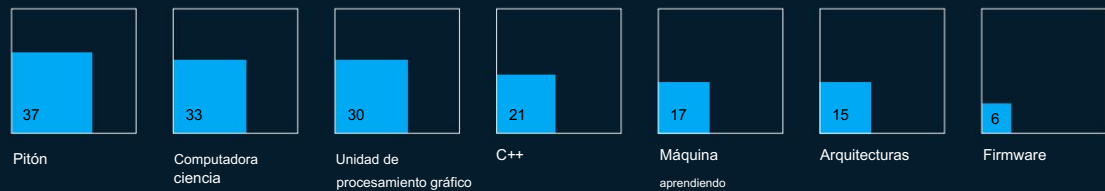
Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



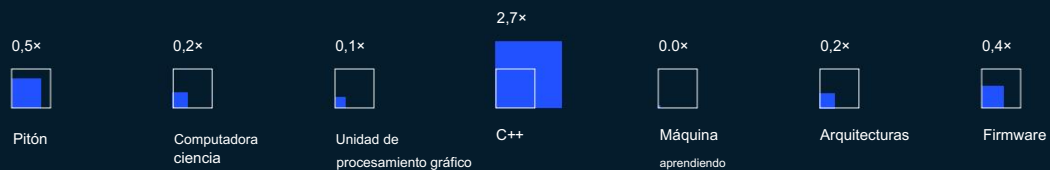
## Disponibilidad de habilidades

Los semiconductores para aplicaciones específicas se enfrentan a una escasez de talento, especialmente para habilidades críticas como el aprendizaje automático y la experiencia en GPU. La disponibilidad de talento para estas habilidades es significativamente menor que la demanda, lo que genera un entorno de contratación competitivo donde las empresas tienen dificultades para encontrar profesionales capaces de desarrollar estas soluciones especializadas de semiconductores.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



## Evolución de la adopción en todo el mundo

### Puntuación

#### de adopción: 4—Escalamiento en progreso.

Las organizaciones están ampliando la implementación y adopción de la tecnología en toda la empresa.

La adopción de semiconductores específicos para cada aplicación está estrechamente alineada con la adopción a gran escala de la inteligencia artificial, y estas tecnologías dependen en gran medida del hardware de estos semiconductores. Las principales empresas han logrado establecer posiciones de liderazgo en el ecosistema, mientras que otras empresas y startups en etapas iniciales aún están experimentando y realizando pruebas piloto, centrándose en necesidades específicas (por ejemplo, el entrenamiento de IA a gran escala y la optimización de inferencias).

### En la vida real

Algunos ejemplos del mundo real que implican el desarrollo de chips específicamente optimizados para el entrenamiento y la inferencia de IA incluyen los siguientes:

— Nvidia está realizando la transición de su compleja tecnología de empaquetado chip-on-wafer-on-sustrato (COWOS) (ofrecida por Taiwan Semiconductor Manufacturing [TSMC]), pasando de la tecnología COWOS-short a la COWOS-long para las nuevas GPU. Esta transición a COWOS-long permite la integración de múltiples chips, incluyendo núcleos de GPU y memoria de alto ancho de banda (HBM), en un solo sustrato, lo que resulta en un mejor rendimiento y eficiencia.<sup>4</sup> También permite el apilamiento de hasta 12 dispositivos HBM3 a un menor costo y utiliza puentes de interconexión de silicio locales y un intercalador orgánico que funciona como una capa de redistribución para aumentar las densidades de interconexión, además de proporcionar un ancho de banda de diez terabytes por segundo entre chiplets de cómputo. Estas características son particularmente cruciales.

para la arquitectura Blackwell de Nvidia como

La empresa aumenta la eficiencia y la potencia de sus diseños de chips de IA.<sup>5</sup>

— Los grandes proveedores de servicios en la nube están desarrollando sus propios chips de IA, compitiendo con actores establecidos, como Nvidia, en el mercado de semiconductores de IA. Semiconductores Trainium3 de

Amazon Web Services (AWS), que ayuda en el entrenamiento de IA, ha mejorado el rendimiento y la eficiencia energética y, en 2024, AWS mejoró el chip Inf2 utilizado en la inferencia de modelos de IA.<sup>6</sup>

Google continuó desarrollando nuevas versiones de unidades de procesamiento tensorial (TPU) optimizadas para tareas de aprendizaje automático. Su TPU de séptima generación (Ironwood) ofrece cinco veces más capacidad de cómputo y seis veces más capacidad de HBM en comparación con la generación anterior (Trillium).<sup>7</sup> Microsoft lanzó Maia 100 como parte de una estrategia para optimizar su infraestructura de IA, desde el silicio hasta el software.

sistemas, lo que permite una mejor integración y rendimiento de sus servicios de IA.<sup>8</sup> Esta tendencia de desarrollo interno de chips entre los hiperescaladores responde a sus deseos de reducir la dependencia

En proveedores externos, se adapta el rendimiento a cargas de trabajo de IA específicas y se reducen los costos. La iniciativa de estas empresas está transformando el panorama de los semiconductores para aplicaciones específicas al generar mayor competencia, diversificar las cadenas de suministro e impulsar la innovación en el diseño y el rendimiento del hardware de IA.

El mercado de aceleradores de centros de datos, que incluye estos chips hiperescaladores personalizados, podría experimentar un crecimiento considerable en los próximos años.

Algunos ejemplos del mundo real que reflejan el aumento de la demanda de infraestructura de IA y la expansión de los centros de datos incluyen los siguientes:

— En marzo de 2024, Micron Technology vendió fuera de su HBM para el resto de 2024 y tenía asignado la mayor parte de su suministro para 2025 debido a la intensa demanda de las empresas de IA.<sup>9</sup> Esta demanda sin precedentes aumenta el potencial de cuellos de botella en la producción de GPU de IA, para la cual HBM es un componente crítico.

<sup>4</sup> Wen-Yee Lee, "El CEO de Nvidia afirma que sus necesidades de tecnología de empaquetado avanzado están cambiando", Reuters, 16 de enero de 2025.

<sup>5</sup> Majeed Ahmad, "Nvidia, TSMC y la realineación avanzada del embalaje en 2025", EDN, 20 de enero de 2025.

<sup>6</sup> AWS re:Invent 2024, Las Vegas, NV, del 2 al 6 de diciembre de 2024; Steven Dickens, "AWS lanza instancias Inf2 para IA generativa de alto rendimiento", Futurum, 14 de abril de 2023.

<sup>7</sup> Google Cloud Compute, "Presentamos las TPU de Ironwood y nuevas innovaciones en hipercomputadoras de IA", entrada de blog de Mark Lohmeyer y George Eliassaios, 9 de abril de 2025.

<sup>8</sup> Blog de infraestructura de Azure, "Dentro de Maia 100: Revolucionando las cargas de trabajo de IA con el acelerador de IA personalizado de Microsoft", entrada de blog de Sherry Xu y Chandru Ramakrishnan, Microsoft, 27 de agosto de 2024.

<sup>9</sup> Satya Kumar, "Comentarios preparados para la conferencia telefónica sobre los resultados del segundo trimestre fiscal de 2024", Micron Technology, 20 de marzo de 2024.



Observamos dos tendencias principales en el mercado actual de chips de IA: un rápido crecimiento del mercado y una innovación a un ritmo acelerado. Ambos han progresado más rápido de lo previsto, y prevemos que las empresas impulsarán con fuerza ambos frentes en los próximos años. Esto favorece a las grandes empresas ya establecidas, mientras que las pequeñas empresas y los nuevos participantes deben especializarse para generar valor.

— Klaus Pototzky, socio asociado, Múnich

— Marvell, en una demostración en vivo, ejecutó un motor fotónico de silicio 3D a 6,4 terabits por segundo y con 32 canales, cada uno con capacidad de 200 gigabits por segundo para interfaces eléctricas y ópticas.<sup>10</sup> Este motor integra cientos de componentes en sus chips, incluyendo amplificadores y controladores de transimpedancia en el mismo dispositivo. Este motor, pionero en su tipo, es modular, lo que le permite escalar de 1,6 terabits a 6,4 terabits y más. En comparación con las soluciones discretas, este motor integrado tiene un menor coste por bit y ofrece una opción más escalable para satisfacer la creciente demanda de ancho de banda.

El siguiente es un ejemplo real del impacto de los cambios geopolíticos en la cadena de suministro de semiconductores:

— TSMC está expandiendo la fabricación a la Estados Unidos. Se prevé que la inversión total de TSMC en Estados Unidos alcance los 165 mil millones de dólares, basándose en su compromiso actual de 65 mil millones de dólares con las operaciones de fabricación avanzada de semiconductores en Phoenix.<sup>11</sup> La expansión incluye planes para tres nuevas plantas de fabricación, dos instalaciones de empaquetado avanzado y un importante centro de equipo de I+D, lo que establece este proyecto como la mayor inversión extranjera directa independiente en la historia de Estados Unidos.

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías relacionadas con los semiconductores específicos de la aplicación incluyen las siguientes:

- GPU. Están optimizadas para el procesamiento paralelo y la renderización de imágenes.
- Aceleradores de IA personalizados. Están diseñados para tareas específicas de IA como inferencia o entrenamiento.
- Memoria de alto ancho de banda (HBM). HBM proporciona memoria rápida y de alta capacidad para datos.
- Interconexiones avanzadas en chip. Este cableado Los sistemas facilitan el movimiento eficiente de datos dentro del chip.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan a los semiconductores para aplicaciones específicas incluyen las siguientes:

- Tensiones geopolíticas. Las disputas comerciales en curso y los posibles aranceles amenazan las cadenas de suministro globales, lo que podría provocar una fragmentación del mercado y la nacionalización de los ecosistemas tecnológicos.
- Escasez de mano de obra. Una escasez mundial de trabajadores cualificados de semiconductores que podrían provocar un déficit significativo para 2030 está retrasando la producción y amenazando la estabilidad de la cadena de suministro.

<sup>10</sup> Blogs de Marvell, "La fotónica de silicio alcanza su madurez", 6 de junio de 2024.

<sup>11</sup> "TSMC pretende ampliar su inversión en Estados Unidos a 165 mil millones de dólares para impulsar el futuro de la IA", comunicado de prensa de Taiwan Semiconductor Manufacturing, 4 de marzo de 2025.

— Rápida obsolescencia tecnológica. La

La rápida demanda de chips de IA avanzados acelera la obsolescencia de los chips, lo que complica los ciclos de producción y la planificación a largo plazo en la industria.

— Oferta versus demanda. Fabricación

La construcción requiere largos plazos de entrega y un capital considerable, mientras que la demanda a largo plazo es incierta. La industria aún no se ha dado cuenta. Monetización sostenible del mercado final y costos

Ahorros gracias a la IA de última generación.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al avanzar con semiconductores para aplicaciones específicas:

- ¿Cómo puede el aumento de la demanda de arquitecturas específicas de IA transformar el mercado de semiconductores?

- ¿Cómo puede la industria de los semiconductores abordar  
¿La creciente demanda de IA por HBM y aplicaciones informáticas de alto rendimiento en medio de los desafíos de la cadena de suministro?

- ¿Qué estrategias seguirán las empresas de semiconductores?  
¿Cómo podemos emplear para superar la escasez de talento y la brecha de habilidades a medida que las tecnologías evolucionan rápidamente?

- A medida que la demanda de energía en la informática continúa aumentando, ¿qué innovaciones en el diseño y fabricación de semiconductores tendrán mayor impacto en la mejora de la eficiencia energética y el apoyo a la sostenibilidad?

- ¿Cómo las cambiantes alianzas geopolíticas y las políticas industriales nacionales transformarán la huella global del diseño, la fabricación y la resiliencia de la cadena de suministro de semiconductores?



# Conectividad avanzada

La conectividad avanzada abarca un conjunto de tecnologías en evolución que mejoran y amplían las redes de comunicación digital. Esto incluye redes inalámbricas de bajo consumo, sistemas celulares 5G y 6G emergente, estándares Wi-Fi 6 y 7 y satélites de órbita terrestre baja (LEO).

## La tendencia y por qué es importante

Las tecnologías de conectividad avanzada siguen evolucionando la experiencia del consumidor. La innovación está mejorando las tecnologías existentes y convirtiendo los conceptos tecnológicos en realidad, optimizando aún más la infraestructura de conectividad, por ejemplo, al permitir la integración con redes no terrestres.

A medida que la IA revoluciona industrias en todo el mundo, la conectividad se vuelve aún más importante. Las empresas de telecomunicaciones, o telcos, tienen oportunidades de desarrollar nuevos flujos de valor, aunque aún está por verse si se convertirán cada vez más en creadoras de valor o seguirán siendo conectores de valor.

### FRONTERAS DE LA COMPUTACIÓN Y LA CONECTIVIDAD

## Conectividad avanzada

#### Puntuación de la tendencia

La conectividad avanzada ha seguido creciendo en términos de interés e innovación entre 2023 y 2024, y lidera las tendencias en cuanto a número de patentes concedidas. Las inversiones de capital se moderaron en 2024 tras las importantes inversiones en infraestructura de fibra en 2022 y 2023.

Inversión de capital, 2024

**\$44.2** mil millones

Ofertas de trabajo, 2023-24, % de diferencia

**-14%**

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)

○ 2020 ● 2024



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los avances recientes en conectividad avanzada incluyen lo siguiente:

### — El lanzamiento de 5G ha creado una base

Para 6G. En 2024, se comercializó 5G-Advanced, o 5.5G.<sup>1</sup> Su tecnología integrada de detección y comunicaciones está diseñada para sentar las bases para que las redes 6G funcionen como sistemas de sensores a gran escala.<sup>2</sup> Mientras que el 5G conecta dispositivos, centrándose en el ancho de banda, la latencia y la fiabilidad, el 6G pretende ir un paso más allá y habilitar la detección para la generación de datos. La implementación técnica aún no ha comenzado, aunque los estudios de estandarización han cobrado impulso.<sup>3</sup>

El mercado de segmentación de red crece a medida que las redes 5G maduran. Se proyecta que el mercado global de segmentación de red, que proporciona características de rendimiento específicas en cada segmento de una red, alcance los 1690 millones de dólares en 2025, un aumento del 49,6 % en comparación con los 1130 millones de dólares de 2024. La segmentación de red utiliza tecnologías de vanguardia, como las redes definidas por software y la virtualización de funciones de red, que permiten una gestión de red más dinámica, flexible y eficiente. Al adaptar cada segmento a los requisitos específicos, la segmentación de red puede reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia. La demanda de los clientes de conectividad de alta velocidad y mejores soluciones de red, que impulsa a los actores clave a colaborar y combinar recursos, habilidades y tecnología, está impulsando este crecimiento.

Simultáneamente, el mercado de redes inalámbricas privadas está cobrando impulso. Se proyecta que el tamaño del mercado aumente de 6270 millones de dólares en 2024 a 32860 millones de dólares en 2032, con una tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC) del 23 %.<sup>4</sup> Junto con la segmentación de red, las redes inalámbricas privadas ofrecen soluciones de conectividad flexibles y personalizadas que pueden ampliar la cobertura más allá de las instalaciones locales donde se implementan redes privadas, aprovechando las redes públicas cuando sea necesario. Industrias clave como la manufactura, la atención médica, el transporte y la logística están impulsando el crecimiento mediante la búsqueda de servicios de comunicación inalámbrica seguros, confiables y dedicados.

Sin embargo, los altos costos de inversión y la complejidad de la implementación dificultan el lanzamiento de la tecnología 5G6 privada.

La proliferación de centros de datos de IA ha incrementado la demanda de fibra. Desde centros de datos hasta edge computing y aplicaciones inteligentes, la fibra óptica permite una IA de alta velocidad, fiable y escalable. infraestructura.

### — Redes directas a satélite y no terrestres

Las redes de telecomunicaciones inalámbricas (NTN) se han convertido en una realidad. Las NTN son sistemas de comunicación inalámbrica que operan sobre la superficie terrestre mediante plataformas como satélites en órbita baja (LEO), órbita media y órbita geostacionaria, así como plataformas de gran altitud (HAP) y drones. Las NTN mejoran la cobertura de las comunicaciones globales y la extienden a zonas remotas, aunque no se espera que reemplacen la conectividad móvil debido a la considerable inversión inicial que requieren.

Los operadores utilizan gemelos digitales para implementar soluciones dinámicas e inteligentes de monitorización, optimización, sostenibilidad e innovación. Estas réplicas virtuales de activos y sistemas físicos permiten la monitorización y simulación en tiempo real de sistemas complejos, como redes de fibra óptica y configuraciones inalámbricas privadas. Integradas con la IA y el Internet de las Cosas (IoT), facilitan la navegación en sistemas modernos complejos y la conectividad.

### — AI-RAN (inteligencia artificial–acceso por radio)

La red móvil (network) es un enfoque innovador para la infraestructura de red móvil que reemplaza las CPU tradicionales, los circuitos integrados específicos de la aplicación y las matrices de puertas programables en campo con unidades de procesamiento de gráficos (GPU). Esta transformación permite una infraestructura multipropósito capaz de soportar cargas de trabajo de RAN e IA, lo que genera oportunidades para que las empresas de telecomunicaciones monetizen las cargas de trabajo de IA a la vez que optimizan la eficiencia y el rendimiento de la red. Si bien la IA-RAN requiere virtualización y fibrización de la red, su implementación no es prohibitiva, especialmente en zonas urbanas.

<sup>1</sup> "5G-Advanced listo para despegar en 2024", Mobile World Live, 9 de abril de 2024.

<sup>2</sup> Sarah LaSelva, "Los estándares 6G se verán impulsados por 5G Advanced en 2024", RCR Wireless News, 12 de enero de 2024.

<sup>3</sup> Zina Cole, Tomás Lajous, Fabian Queder y Martin Wrulich, "Dando forma al futuro del 6G", McKinsey, 28 de febrero de 2024.

<sup>4</sup> "Tamaño, participación y pronóstico del mercado de segmentación de red hasta 2033", Straits Research, consultado el 14 de mayo de 2025.

<sup>5</sup> Mercado inalámbrico privado global: análisis y pronóstico de la industria (2025-2032), tendencias, estadísticas, dinámica, segmentación por tipo, aplicación, Maximize Market Research, marzo de 2025.

<sup>6</sup> James Blackman, "La tecnología 5G privada no alcanzará su potencial, incluso cuando el gasto aumente un 800% hasta los 9.000 millones de dólares en 2028", RCR Wireless News, 23 de enero de 2024.

TALENTO Y MERCADO LABORAL

# Conectividad avanzada

## Demanda

El mercado de talento en conectividad avanzada ha pasado de una rápida expansión a una consolidación. Tras un repunte en 2022, las ofertas de empleo en puestos de ingeniería y proyectos han disminuido de forma constante, lo que refleja un cambio generalizado en la industria, que ha pasado del despliegue al perfeccionamiento. El impulso inicial para escalar las redes 5G y BER impulsó la demanda de ingenieros de redes y técnicos de campo, pero para 2023-24, la contratación se desaceleró a medida que la infraestructura maduraba.

Mientras tanto, los roles de software y sistemas experimentaron contracciones más pronunciadas en los últimos dos años, lo que sugiere un menor interés en el desarrollo de nuevas plataformas. El sector parece centrarse en optimizar los activos existentes, mejorar la eficiencia de la red y formar equipos más eficientes y resilientes para impulsar la próxima ola de innovación en conectividad.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



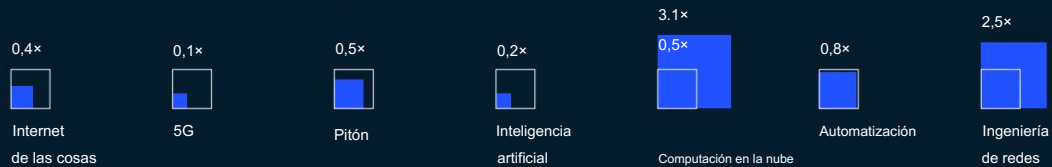
## Disponibilidad de habilidades

A medida que la conectividad avanzada escala, las empresas se enfrentan a una escasez de talento en áreas críticas como el IoT, el 5G y la IA. Si bien los puestos en computación en la nube e ingeniería de redes son más fáciles de cubrir, persisten carencias en automatización y otras capacidades emergentes. Cerrar estas brechas será clave para alcanzar el máximo potencial de las redes de próxima generación.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda





El 6G se basa en la estandarización e introducirá nuevas capacidades como la detección. Esto ofrecerá a las empresas de telecomunicaciones una nueva posibilidad de monetización, en lugar de limitarse a transportar datos. Con la detección, podrán convertirse en productores de datos.

—Martín Wrulich, socio principal, Viena

Evolución de la adopción en todo el mundo

Puntuación de

adopción: 4—Escalamiento en progreso.

Las organizaciones están ampliando la implementación y adopción de la tecnología en toda la empresa.

La adopción de la conectividad avanzada se está acelerando rápidamente en todo el mundo, con la tecnología 5G a la cabeza. Para 2025, había 2250 millones de conexiones 5G a nivel mundial, un crecimiento cuatro veces más rápido que la adopción del 4G en una etapa comparable.<sup>7</sup> Norteamérica está a la vanguardia, con una cobertura poblacional del 77 % y una tasa de adopción prevista del 89 % para 2030, seguida de cerca por la Gran China con un 88 %.<sup>8</sup> Una conectividad más eficiente y rápida será fundamental para mejorar las comunicaciones y apoyar la innovación continua en tecnologías emergentes como los vehículos autónomos, las ciudades inteligentes y la computación con IA. Las tecnologías más recientes, como la AI-RAN y el 6G, se encuentran en la fase de "innovación de vanguardia" de adopción temprana y, por ahora, son experimentales.

### En la vida real

Algunos ejemplos reales del lanzamiento de 5G, que sentó las bases para 6G, incluyen los siguientes:

- China sigue liderando la tecnología 5G independiente Despliegue, habiendo logrado un amplio

despliegues multioperador que ampliaron el alcance en un 77 por ciento en 2024.<sup>9</sup> El año pasado se lanzaron diez nuevas redes 5G en siete mercados de África subsahariana, la región líder en nuevos despliegues ese año.<sup>10</sup> Brasil expandió su red 5G a todas las capitales estatales para fines de 2024, y Telcel y AT&T México desplegaron servicios 5G en las principales ciudades mexicanas.<sup>11</sup>

#### — La Asociación de Tercera Generación

El proyecto (3GPP) ha avanzado en el desarrollo de 6G, estableciendo un cronograma para la estandarización de 6G alineado con el objetivo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) de lanzar sistemas comerciales para 2030.<sup>12</sup> 3GPP planea que su Versión 21, la primera en incluir trabajo normativo para 6G, esté finalizada para junio de 2026.<sup>13</sup>

Corea del Sur avanza rápidamente en su cronograma de despliegue de 6G. Su estrategia K-Network 2030 busca comercializar servicios 6G para 2028, dos años antes del plazo global establecido por la UIT. El gobierno surcoreano está invirtiendo 625.300 millones de wones surcoreanos (481,7 millones de dólares) en investigación y desarrollo de tecnologías clave como las comunicaciones por satélite LEO y la criptografía cuántica.<sup>14</sup>

Las asociaciones público-privadas son elementos centrales de esta estrategia, destinada a fomentar la innovación en redes basadas en software y

<sup>7</sup> "La adopción global de 5G se dispara a 2.250 millones, cuatro veces más rápido que la de 4G", Business Wire, 27 de marzo de 2025.

<sup>8</sup> "Participación de 5G en el total de conexiones móviles de 2023 a 2030, por región", Statista, agosto de 2023.

<sup>9</sup> Luke Kehoe, "Ilustrando el estado global de 5G SA", OOKLA, 24 de febrero de 2025.

<sup>10</sup> Stephen Burton, "Los operadores en regiones emergentes continuaron implementando 5G NSA en 2024, mientras que los lanzamientos de 5G SA se desaceleraron a nivel mundial", Analysys Mason, 25 de febrero de 2025.

<sup>11</sup> Maciej Biegajewski, "El estado de la implementación de 5G en el mundo (2024)", RFBenchmark, 19 de septiembre de 2024.

<sup>12</sup> Informe de movilidad de Ericsson, Ericsson, noviembre de 2024.

<sup>13</sup> "Se lanzó oficialmente el cronograma 6G del 3GPP", Concept, 25 de abril de 2024.

<sup>14</sup> Ricky Tu, "La estrategia South K-Network 2030 impulsa la modernización de la red troncal para una infraestructura mejorada, afirma DIGITIMES Research", DIGITIMES Asia, 25 de agosto de 2023.

Fortalecer la cadena de suministro necesaria para construir redes de alta capacidad.<sup>15</sup>

Algunos ejemplos recientes de segmentación de red incluyen los siguientes:

- Cisco demostró la primera verificación de la historia de su servicio de segmentación de transporte Cisco Network Controller en nodos de múltiples proveedores. Este hito simplifica la implementación de la segmentación de red al permitir la interoperabilidad y optimizarla en plataformas de diversos proveedores.<sup>16</sup>

Con su red 5G independiente, T-Mobile ha ampliado su alcance empresarial mediante servicios de segmentación de red. T-Priority, una segmentación de red dedicada a la seguridad pública, está diseñada exclusivamente para personal de primera respuesta y se promociona por ofrecer una latencia más baja y velocidades 5G más rápidas de forma más consistente que otros proveedores. El personal de primera respuesta tiene prioridad para los servicios de voz y datos en la red 5G de T-Mobile, recibiendo hasta cinco veces más ancho de banda y capacidad que un usuario típico.<sup>17</sup>

- Nokia ha estado colaborando con e& (etisalat and) con sede en los Emiratos Árabes Unidos y du, el negocio de pagos y telefonía móvil de Dubai, en una prueba de la primera solución de segmentación de red de extremo a extremo fija del mundo para juegos.<sup>18</sup> Con du, Nokia completó la primera implementación de segmentación de red de transporte en vivo de los Emiratos Árabes Unidos, lo que permite una asignación de recursos en función de la demanda y patrones de tráfico.<sup>19</sup>

Algunos ejemplos recientes de redes inalámbricas privadas incluyen los siguientes:

- Airbus y Ericsson expandieron las redes 5G privadas del fabricante aeroespacial en sus sedes europeas. Por ejemplo, la red de Airbus cubría una superficie de 3,6 kilómetros cuadrados.

campus en Hamburgo, Alemania, que utiliza 63 antenas, significativamente menos que las que requiere el Wi-Fi tradicional.<sup>20</sup>

- Las ventas de redes 5G privadas de Ericsson y Nokia establecieron un récord en 2024, lo que respalda su desempeño general de ventas empresariales. Nokia cuenta ahora con 850 clientes de redes privadas en todo el mundo. Los ingresos de la unidad de soluciones inalámbricas empresariales de Ericsson aumentaron un 17 % desde... 2023 a 2024.<sup>21</sup>

- El Puerto de Barcelona y MasOrange Implementaron una red 5G privada para optimizar las operaciones portuarias. Conectaron más de 400 cámaras de CCTV para mejorar la seguridad y la conciencia operativa.<sup>22</sup>

Otros ejemplos reales de avances en conectividad avanzada incluyen los siguientes:

- Apple lanzó C1, un chip que se comunica directamente con el procesador del dispositivo para mejorar el rendimiento de la red y priorizar los datos durante periodos de congestión. C1 redujo la dependencia de Apple de proveedores externos de módems 5G. Además, C1 es el módem de mayor eficiencia energética de Apple, lo que permite una mayor duración de la batería en dispositivos como el iPhone 16e.

La estrecha integración permite que un módem informe a un procesador sobre las condiciones de la red, lo que permite tomar decisiones de conmutación de red más inteligentes. Sin embargo, su uso está limitado a sub-6.

redes 5G de gigahercios, ya que prioriza la eficiencia energética sobre la compatibilidad con ondas milimétricas (mmWave).<sup>23</sup>

- Nvidia presentó la fotónica Spectrum-X conmutadores que permiten conexiones entre Millones de GPU en diferentes ubicaciones. Diseñados para fábricas de IA, la fotónica de silicio de estos conmutadores ofrece 3,5 veces más potencia.

<sup>15</sup> Juan Pedro Tomás, "Corea presenta nueva iniciativa para impulsar la cooperación 6G", RCR Wireless News, 22 de julio de 2024.

<sup>16</sup> "Prueba de interoperabilidad SDN MPLS de múltiples proveedores 2024", EANTC, consultado el 1 de abril de 2025.

<sup>17</sup> "T-Mobile lanza formalmente T-Priority para personal de emergencias, con tecnología de segmentación de red 5G", Urgent Communications, 25 de febrero de 2025.

<sup>18</sup> "Nokia y e& UAE presentan la primera solución de segmentación de red fija de extremo a extremo del mundo para aplicaciones de juegos", comunicado de prensa de Nokia, 19 de diciembre de 2024.

<sup>19</sup> "Nokia y du concluyen con éxito una prueba de segmentación de la red de transporte en los Emiratos Árabes Unidos", comunicado de prensa de Nokia, 26 de noviembre de 2024.

<sup>20</sup> Satyajit Sinha, "Estado del 5G privado en 2024: tendencias clave de crecimiento, casos de uso y pronóstico", IoT Analytics, 17 de septiembre de 2024.

<sup>21</sup> James Blackman, "Trimestre récord y 'fuerte crecimiento': Nokia y Ericsson elogian las ventas privadas de 5G", RCR Wireless News, 30 de enero de 2025.

<sup>22</sup> Juan Pedro Tomás, "MasOrange afirma que la red 5G SA del Puerto de Barcelona está operativa", RCR Wireless News, 10 de julio de 2024.

<sup>23</sup> "El módem C1 de Apple es una innovación silenciosa que en su mayor parte pasa desapercibida", AppleInsider, 13 de marzo de 2025.

eficiencia y una integridad de señal 63 veces mejor que los métodos tradicionales, lo que es ideal para la infraestructura de IA a hiperescala.<sup>24</sup>

Starlink de SpaceX lanzó su servicio de conexión directa a celular, que permite que los teléfonos inteligentes se conecten directamente a los satélites sin necesidad de hardware especializado. Este servicio permite a los usuarios enviar mensajes y realizar llamadas de emergencia en zonas remotas sin cobertura celular tradicional.<sup>25</sup>

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías que impulsan la conectividad avanzada incluyen las siguientes:

- Fibra óptica. Se trata de hilos físicos de vidrio que proporcionan la conectividad más confiable, de alto rendimiento y baja latencia.
- Redes de área amplia de baja potencia. Estas redes inalámbricas, como IoT de banda estrecha, LoRa (largo alcance) y Sigfox, se centran en proporcionar conectividad para IoT. Cubren grandes áreas de forma más eficiente y consumen menos energía en los puntos finales.
- Wi-Fi 6 y 7. El Wi-Fi de próxima generación otorga un mayor rendimiento, más control sobre la calidad del servicio y un nivel de seguridad celular al aprovechar bandas de frecuencia menos congestionadas.
- Celulares 5G y 6G. Estas tecnologías de próxima generación Las tecnologías celulares proporcionan servicios de conectividad de gran ancho de banda y baja latencia con acceso a bandas de frecuencia de mayor espectro capaces de manejar una gran cantidad de puntos finales conectados, además de brindar conectividad de bajo consumo adecuada para IoT.

- Detección 6G. Utilizando señales de alta frecuencia. Al igual que las ondas de sub-terahercios y mmWave, los conjuntos de antenas masivas y la IA, las redes 6G pueden rebotar señales en los objetos para determinar su ubicación, movimiento, composición e incluso estados fisiológicos.
- Sistemas de plataformas de gran altitud. Estos sistemas aéreos Las estaciones de radio están ubicadas en un punto fijo de 20 a 50 kilómetros sobre la Tierra y pueden desplegarse en aeronaves livianas para proporcionar capacidad flexible y acceso en ubicaciones remotas.
- Conectividad satelital directa al teléfono. Las asociaciones de empresas de telecomunicaciones con actores satelitales permiten el acceso directo del teléfono al satélite, ampliando la cobertura de la red más allá del alcance de las torres celulares tradicionales.
- Internet de las cosas. Esta red colectiva de dispositivos físicos conectados cuenta con sensores y capacidades de procesamiento para monitorizar o controlar digitalmente objetos físicos.
- Satélites LEO. Una constelación de satélites orbitando a altitudes relativamente bajas sobre la Tierra La superficie puede conectar áreas remotas o inaccesibles. ubicaciones con Internet de alta velocidad y tienen otros casos de uso como imágenes satelitales.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres con respecto a las tecnologías de conectividad avanzada incluyen las siguientes:

- Alcanzar un consenso durante el proceso de estandarización de 6G presenta desafíos importantes, ya que las diferentes prioridades regionales y agendas tecnológicas pueden llevar a algunos países o regiones a buscar una implementación temprana.

<sup>24</sup> "Nvidia anuncia Spectrum-X Photonics, conmutadores de red óptica encapsulados para escalar fábricas de IA a millones de GPU", comunicado de prensa de Nvidia, 18 de marzo de 2025.

<sup>25</sup> Próximo Gran Futuro, "La FCC permite que la conexión Starlink de SpaceX se conecte directamente a la alimentación del teléfono móvil para velocidades 4G/5G", entrada de blog de Brian Wang, 10 de marzo de 2025.



Una de las tendencias de conectividad más pronunciadas del último año fue el crecimiento significativo de la demanda de conectividad de los centros de datos, impulsado por la IA. Observamos que los hiperescaladores buscan construir o comprar mucha más fibra que antes, fusiones y adquisiciones muy interesantes, y la aparición de nuevos participantes que implementan fibra en el mercado.

El interés del capital privado también está aumentando.

— Zina Cole, socia, Nueva York

estrategias en lugar de esperar a que se establezca un estándar global unificado.<sup>26</sup>

A medida que las redes se expanden para dar soporte a aplicaciones basadas en IA y al IoT masivo, lo que se refiere a la explosión de nuevos dispositivos conectados como wearables y hogares inteligentes, garantizar la eficiencia energética se está convirtiendo en un desafío crucial. Desarrollar diseños de redes sostenibles y técnicas de gestión energética es esencial para el crecimiento en este ámbito, pero las perspectivas... siguen siendo inciertas.<sup>27</sup>

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes deberían considerar algunas

Preguntas al proceder con tecnologías de conectividad avanzada:

— ¿Qué oportunidades ofrece la conectividad avanzada, combinada con otras tendencias, para mejorar el crecimiento y la rentabilidad de la industria de las telecomunicaciones?

— ¿Qué debe suceder a nivel tecnológico y financiero para que los actores de equipos de red, las compañías de telecomunicaciones, las empresas y los fabricantes de chips inviertan en 6G y lo comercialicen?

— ¿Cómo será el auge de las constelaciones LEO y ¿La conectividad satelital directa al dispositivo está transformando la infraestructura de comunicaciones globales y la dinámica competitiva en las telecomunicaciones y la tecnología?

— ¿Cómo desarrollará la industria de las telecomunicaciones métodos de cifrado avanzados y protocolos de autenticación para salvaguardar la infraestructura crítica, la atención médica y las aplicaciones financieras en las redes 6G?

— ¿Cómo deberían las organizaciones abordar las preocupaciones geopolíticas sobre los cables submarinos?

<sup>26</sup> Zina Cole, Tomás Lajous, Fabian Queder y Martin Wrulich, "Dando forma al futuro del 6G", McKinsey, 28 de febrero de 2024.

<sup>27</sup> Imane Cheikh, Sébastien Roy, Essaid Sabir y Rachid Aouami, Energía, escalabilidad, datos y seguridad en la IoT masiva: panorama actual y direcciones futuras, arXiv, 5 de mayo de 2025.

## ■ Computación en la nube y en el borde

La computación en la nube y en el borde implica distribuir las cargas de trabajo entre ubicaciones, desde centros de datos remotos a gran escala hasta centros regionales y nodos locales.

Este enfoque optimiza el rendimiento al abordar factores como la latencia, los costos de transferencia de datos, la soberanía de los datos y la seguridad de los mismos.

### La tendencia y por qué es importante

La rápida evolución de la IA está transformando todo el panorama de la infraestructura de la nube, desde los semiconductores hasta el diseño de los centros de datos.

Las empresas implementan cada vez más cargas de trabajo impulsadas por IA, pero las limitaciones energéticas y las cadenas de suministro cambiantes se han convertido en desafíos clave. La creciente demanda de computación con IA ha impulsado una colaboración más estrecha entre desarrolladores de chips, proveedores de nube y fabricantes de infraestructura. Además, se proyecta que la capacidad del centro de datos a hiperescala se triplicará para 2030, lo que subraya la necesidad de una distribución escalable y eficiente de los recursos.<sup>1</sup>

Para abordar estas limitaciones informáticas, las organizaciones se están expandiendo a zonas con infraestructura energética más robusta y trabajan para desarrollar una computación más eficiente. Si bien los clústeres masivos y centralizados aún dominan el panorama, las empresas están entrenando e implementando modelos de IA en múltiples ubicaciones, incluidos entornos edge, para optimizar el rendimiento, reducir la latencia y mejorar la disponibilidad de recursos. Este enfoque distribuido no solo alivia los cuellos de botella computacionales, sino que también mejora la resiliencia al reducir la dependencia.

en infraestructura concentrada.



'De todas las cosas que no esperaba este año, el resurgimiento del debate sobre la nube soberana en Europa encabeza la lista. Sin embargo, la actual incertidumbre geopolítica ha reavivado la preocupación por la autonomía digital, ralentizando la adopción de la nube, especialmente en sectores regulados donde la planificación de contingencias ahora incluye la posible repatriación de la carga de trabajo. Lo que antes parecía un capítulo cerrado ahora se está reescribiendo: los proveedores de tecnología e inversores europeos perciben una renovada, y quizás breve, oportunidad de recuperar el terreno que muchos ya habían cedido.

— Andrea Del Miglio, socio principal, Milán

<sup>1</sup> "El costo de la computación: una carrera de 7 billones de dólares para escalar los centros de datos", McKinsey Quarterly, 28 de abril de 2025.

FRONTERAS DE LA COMPUTACIÓN Y LA CONECTIVIDAD

Computación en la nube y en el borde

Puntuación de la tendencia

La computación en la nube y en el borde crecieron de manera constante entre 2023 y 2024, y las patentes aumentaron un 4 por ciento.

Las búsquedas de este término en Google crecieron un 17 por ciento, mientras que las menciones en artículos de noticias crecieron un 18 por ciento.

Inversión de capital, 2024

\$80.8 mil millones

Ofertas de trabajo, 2023–24, % de diferencia

+2%

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los desarrollos recientes relacionados con la computación en la nube y el borde incluyen lo siguiente:

La evolución de la IA ha revolucionado todas las capas de la nube, incluyendo semiconductores, servidores y centros de datos.

A lo largo de la cadena de valor, las limitaciones energéticas han aumentado debido a la alta demanda de computación.

El análisis de McKinsey sugiere que la demanda global de capacidad de centros de datos podría aumentar entre un 19 y un 22 por ciento anualmente entre 2023 y 2030, más del triple de la demanda actual y alcanzar entre 171 y 219 gigavatios al año.<sup>2</sup>

— Para superar las limitaciones computacionales, las empresas se están trasladando a nuevas ubicaciones, explorando soluciones energéticas innovadoras y distribuyendo las cargas de trabajo. A medida que la demanda de IA crece exponencialmente, las empresas se están reubicando o expandiendo a zonas con mejor infraestructura y suministro de energía para satisfacer sus necesidades informáticas. Los centros de datos están adoptando soluciones energéticas sostenibles; por ejemplo, en lugar de depender principalmente de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) como respaldo, utilizan baterías para desplazar el consumo energético a las horas valle. Las empresas también están optimizando los sistemas de refrigeración mediante innovaciones en refrigeración líquida.

<sup>2</sup> "El poder de la IA: ampliar la capacidad de los centros de datos para satisfacer la creciente demanda", McKinsey, 29 de octubre de 2024.

Refrigeración y gestión térmica habilitada por IA para mejorar la eficiencia energética. Al mismo tiempo, los modelos de IA más pequeños ayudan a reducir la demanda computacional y, a menudo, pueden ejecutarse localmente o en dispositivos periféricos. El entrenamiento y la inferencia para modelos más grandes y complejos también pueden distribuirse entre múltiples clústeres para distribuir las cargas de procesamiento, reducir la latencia y mejorar la resiliencia al estar más cerca de las fuentes de datos o los usuarios finales.

— El panorama de los proveedores de la nube continúa... evolucionar. Los avances de los hiperescaladores<sup>3</sup> en accesibilidad de hardware y las inversiones de las grandes organizaciones han permitido a los actores más pequeños ingresar al mercado de la nube y crecer rápidamente. La disponibilidad de chips informáticos avanzados, como unidades de procesamiento gráfico (GPU) y aceleradores de IA especializados (descritos en la tendencia "Semiconductores para aplicaciones específicas"), ha permitido a estos proveedores emergentes innovar y destacar en áreas específicas. Gracias a hardware de vanguardia, los nuevos participantes pueden ofrecer servicios diferenciados, como plataformas en la nube optimizadas para IA o soluciones de computación en el borde.

que atienden las necesidades específicas de los clientes. Este cambio está creando nuevas oportunidades de mercado y fomentando la competencia, impulsando una mayor innovación en la industria de la nube.<sup>4</sup> Al mismo tiempo, algunos hiperescaladores planean ampliar la frontera de los centros de datos de alta capacidad (de dos a cinco gigavatios).

— La creciente preocupación por la seguridad de los datos, La privacidad y los riesgos geopolíticos han incrementado la demanda de datos y computación alojados localmente. La infraestructura local y las nubes soberanas garantizan que el almacenamiento y el procesamiento de datos se realicen dentro de límites nacionales o regionales específicos, lo que ayuda a proteger los intereses regionales. Esto simplifica el cumplimiento de las leyes y normativas locales de protección de datos, especialmente cruciales en el sector público y en sectores como el sanitario y el aeroespacial. Las instituciones más grandes, como las del sector financiero, suelen gestionar una nube privada, pero las organizaciones más pequeñas pueden necesitar seguir recurriendo a grandes proveedores de servicios en la nube.<sup>5</sup>



**'Las inversiones anteriores en la nube están allanando el camino para la IA. Los aprendizajes de la implementación de la nube a escala son lecciones que se pueden aplicar a la IA. Al contar con un marco que primero respalde a la comunidad de desarrolladores, integre la seguridad para garantizar su seguridad y facilidad de uso, y extienda la plataforma a los usuarios, veremos despegar su adopción.'**

—Amer Baig, socio principal, Chicago

<sup>3</sup> Ejemplos de hiperescaladores: Alibaba, Amazon Web Services (AWS), Baidu, Google, Huawei, Microsoft y Tencent.

<sup>4</sup> Elizabeth Wallace, "Cómo satisfacer las demandas computacionales de la IA con entrenamiento distribuido", RTInsights, 8 de noviembre de 2024.

<sup>5</sup> "El mercado de la nube soberana crece a pesar de las definiciones divididas del sector, según un estudio de Broadcom", Broadcom, 17 de febrero de 2025.

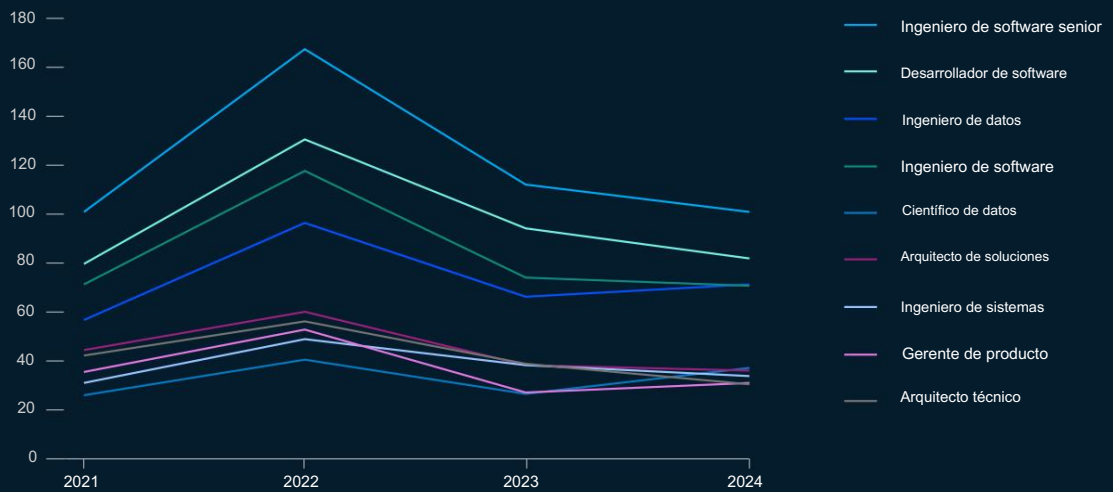
TALENTO Y MERCADO LABORAL

Computación en la nube y en el borde

Demanda

Las ofertas de empleo en computación en la nube y edge computing han fluctuado desde 2021, con puestos como ingeniero de software sénior, desarrollador de software y arquitecto técnico alcanzando su máximo en 2022, antes de descender en 2024 a niveles cercanos a los de 2021. Este patrón refleja el impulso pospandemia para acelerar la transformación a la nube. A medida que estas bases consolidadas maduraron, la contratación se desplazó hacia puestos centrados en la optimización y la creación de valor basado en datos. La demanda de gerentes de producto, ingenieros de datos y científicos de datos ha crecido durante el último año, tras un período de ajuste macroeconómico, lo que refleja la creciente importancia de desarrollar y gestionar canales de datos nativos de la nube y cargas de trabajo de IA y aprendizaje automático.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



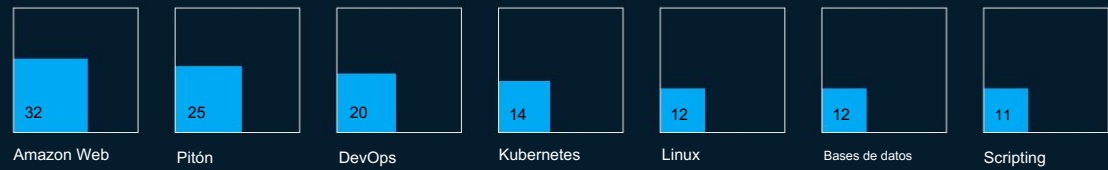
Disponibilidad de habilidades

La demanda de habilidades en computación en la nube y edge es alta, pero la disponibilidad de talento varía considerablemente. La experiencia en plataformas como Amazon Web Services (AWS) es especialmente escasa, con muchos menos profesionales cualificados que vacantes. Las habilidades en DevOps (desarrollo de software y operaciones de TI), Kubernetes y Python también enfrentan una escasez significativa, lo que refleja la creciente necesidad de automatización y gestión eficiente de la nube.

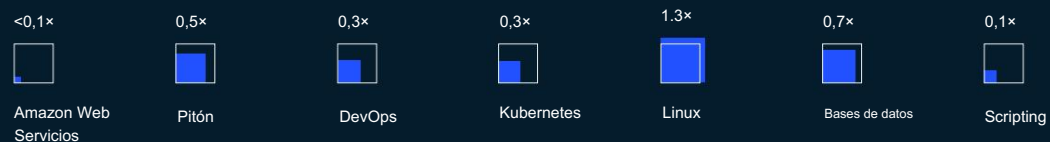
Mientras tanto, las habilidades en Linux y bases de datos son más accesibles, lo que demuestra un mejor equilibrio entre la oferta y la demanda.

En general, este panorama de talento desigual crea un mercado competitivo, ya que las empresas buscan especialistas para apoyar la expansión de la infraestructura en la nube y las tecnologías emergentes de computación de borde.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



## Evolución de la adopción en todo el mundo Puntuación

### de adopción: 4—Escalamiento en progreso.

Las organizaciones están ampliando la implementación y adopción de la tecnología en toda la empresa.

Muchas organizaciones de todo el mundo han adoptado tecnologías en la nube, con Estados Unidos y Europa Occidental a la cabeza. Sin embargo, a medida que la demanda de computación sigue creciendo, escalar completamente la tecnología será un desafío.

Mientras tanto, persisten los cuellos de botella en el suministro de energía, la cadena de suministro de hardware y las redes. Algunas zonas del mundo donde la computación de borde no ha tenido mucho impulso, como África, se están quedando atrás.

## En la vida real

Las evoluciones en la computación en la nube y en el borde están habilitando la IA en toda la pila de nube, abordando las limitaciones de computación y energía y dando lugar a proveedores de nube especializados y a la expansión de la nube soberana.

Algunos ejemplos del mundo real en los que la IA altera la pila de nube incluyen los siguientes:

Meta ha desarrollado redes especializadas de centros de datos que utilizan clústeres de GPU para respaldar el entrenamiento distribuido de IA a escala. Se utilizó RDMA sobre Ethernet Convergente versión 2 (RoCEv2) como transporte de comunicación entre nodos para la capacidad de IA de Meta. La red de la empresa admite una amplia gama de tareas de entrenamiento de IA fiables y prácticas, como la clasificación, la recomendación de contenido y el procesamiento del lenguaje natural, que se ejecutan en sus clústeres de GPU.

El Proyecto Stargate se anunció en enero de 2025 con una inversión de 500 000 millones de dólares durante los próximos cuatro años para construir una nueva infraestructura de IA para OpenAI. Entre los financiadores se encuentran MGX, OpenAI, Oracle y SoftBank .

Algunos ejemplos reales de empresas que superan las limitaciones informáticas incluyen los siguientes:

Las estrategias de refrigeración híbrida se vuelven cada vez más esenciales a medida que aumenta la demanda de potencia de procesamiento. Los centros de datos ahora combinan la refrigeración por aire para aplicaciones menos intensivas con la refrigeración líquida para racks de alta densidad. Microsoft ha introducido un sistema de refrigeración por agua.

Sistema de enfriamiento de circuito cerrado a nivel de chip eficiente que elimina la evaporación del agua y ofrece un control preciso de la temperatura.<sup>8</sup> Tecnologías como HyperCool utilizan enfriamiento directo al chip, de dos fases y sin agua para manejar GPU de IA de hasta 2800 vatios, utilizando entre un 10 y un 20 por ciento menos de energía que los métodos tradicionales.<sup>9</sup>

— A medida que se construyen más centros de datos, el aumento de la energía necesaria para operarlos se está convirtiendo en un problema en mercados que tradicionalmente albergan grupos de centros de datos, como el norte de Virginia y Santa Clara en Estados Unidos. Muchas empresas de servicios públicos no han podido construir infraestructura de transmisión con la suficiente rapidez y, con el tiempo, podrían no ser capaces de generar suficiente energía.<sup>10</sup> Se están construyendo centros de datos dedicados a modelos de IA en lugares más remotos de Estados Unidos, donde la energía aún es abundante y las redes están menos sobrecargadas, como en Indiana y Iowa.<sup>11</sup> De igual manera, países del sudeste asiático como Tailandia e Indonesia, y países nórdicos como Finlandia, que abundan en energías renovables, se están convirtiendo en centros clave para

Infraestructura de IA.<sup>12</sup>

— A medida que los modelos de IA se integran más en aplicaciones cotidianas, la industria está cambiando su enfoque de la escala a la eficiencia. En este contexto, el modelo R1 de DeepSeek destaca como un ejemplo destacado. El modelo R1 utiliza técnicas como la atención latente multicabezal (MLA) y la cuantificación de precisión FP8 para reducir drásticamente los requisitos de memoria y computación, lo que permite una inferencia de alto rendimiento incluso en hardware de consumo. Este enfoque refleja una tendencia más amplia en la computación en la nube y en el borde: optimizar las cargas de trabajo de IA para...

<sup>6</sup> Adi Gangidi y James Hongyi Zeng, "Redes RoCE para entrenamiento de IA distribuida a escala", Ingeniería en Meta, 4 de agosto de 2024.

<sup>7</sup> Sulbha Jain, "El mayor proyecto de IA: Stargate, ¿qué podría ser?", Medium, 8 de marzo de 2025.

<sup>8</sup> Chris Paoli, "Microsoft presenta un diseño de centro de datos que ahorra agua", Redmond, 9 de diciembre de 2024.

<sup>9</sup> "En PTC 2025, ZutaCore destaca la refrigeración líquida directa al chip sin agua para fábricas de IA y centros de datos", PR Newswire, 20 de enero de 2025.

<sup>10</sup> "El problema de la energía: los problemas de transmisión frenan el crecimiento de los centros de datos", Data Center Frontier, 30 de mayo de 2023.

<sup>11</sup> Alissa Widman Neese y Arika Herron, "El auge de los centros de datos del Medio Oeste llega a Indiana", Axios, 9 de mayo de 2025.

<sup>12</sup> Anne Kauranen, "La infraestructura energética eficiente de los países nórdicos es ideal para la expansión de los centros de datos de Microsoft", Reuters, 7 de marzo de 2025; David Chernicoff, "Tailandia e Indonesia buscan convertirse en centros de datos para Asia-Pacífico", Data Center Frontier, 7 de abril de 2025.

capacidad de respuesta y eficiencia de los recursos para acercar la inteligencia al lugar donde se generan los datos y se toman las decisiones.<sup>13</sup>

- Las empresas están distribuyendo las cargas de trabajo entre un número cada vez mayor de máquinas. Por ejemplo, AWS Trainium entrenó el modelo Llama 2-7B en 128 servidores, dividiendo el modelo entre chips, distribuyendo las tareas entre los trabajadores y fragmentando secuencias largas. Esto redujo significativamente el tiempo y el coste de capacitación en comparación con una sola máquina. De igual forma, las empresas se están trasladando a zonas con mayor disponibilidad de energía o utilizando la computación en el borde para procesar datos más cerca de su fuente.<sup>14</sup>

El siguiente es un ejemplo real del auge de los jugadores especializados:

- CoreWeave, respaldado por Nvidia, se ha convertido en un actor clave en la computación en la nube al ofrecer servicios de nube especializados acelerados por GPU diseñados para cargas de trabajo de inteligencia artificial y aprendizaje automático. Atiende a nichos de mercado como el modelo de IA. Capacitación e inferencia para startups e instituciones de investigación con GPU de alto rendimiento como Nvidia H100. La compañía ha crecido rápidamente, con ingresos que alcanzaron los 1900 millones de dólares en 2024, un incremento interanual del 737 %, lo que la llevó a salir a bolsa en marzo de 2025.

Algunos ejemplos del mundo real que implican la creciente demanda de nubes soberanas incluyen los siguientes:

- Oracle amplió su nube soberana en 2024 para cubrir la Unión Europea. Esto permite a las empresas europeas procesar datos localmente utilizando la infraestructura de nube de Oracle.<sup>16</sup>
- Delos Cloud, fundada por SAP, colabora con Arvato Systems y Microsoft para ofrecer una solución de nube soberana adaptada al sector público alemán. La plataforma está diseñada para que las agencias gubernamentales distribuyan cargas de trabajo sensibles de forma segura entre múltiples centros de datos en Alemania.<sup>17</sup>

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías que impulsan la computación en la nube y en el borde incluyen las siguientes:

- Virtualización. La virtualización permite creación de instancias virtuales de servidores, almacenamiento y redes, lo que permite compartir recursos y aislarlos.
- Computación y computación sin servidor. Esto La tecnología proporciona recursos informáticos a pedido, incluidos modelos sin servidor con infraestructura administrada por proveedores de la nube, lo que libera a los desarrolladores para que se concentren en el código.
- Contenedores y Kubernetes. Contenedores empaquetar aplicaciones y sus dependencias para permitir una implementación consistente en todos los entornos, mientras Kubernetes administra la orquestación de contenedores a escala.
- API y microservicios. Las API facilitan comunicación entre aplicaciones y servicios en la nube, mientras que los microservicios dividen las aplicaciones en componentes más pequeños e independientes para lograr una mayor escalabilidad y flexibilidad.
- Almacenamiento en la nube. Esta tecnología incluye Soluciones de almacenamiento escalables y accesibles, como el almacenamiento de objetos y el almacenamiento en bloques, que ayudan a facilitar la gestión de datos en la nube.
- Internet de las cosas (IoT) o perímetro del dispositivo. IoT dispositivos como sensores y cámaras de vídeo Recopilar y procesar datos. Estos dispositivos suelen contar con capacidades básicas de computación y almacenamiento.
- En las instalaciones o en el borde "cerca de la acción". Se trata de recursos informáticos y de almacenamiento implementados dentro de unas instalaciones o en una ubicación remota o móvil donde se generan datos.
- Operador, red y computación móvil en el borde (MEC). Se trata de recursos informáticos y de almacenamiento, privados o públicos, implementados en el borde de la red de un proveedor de servicios móviles o convergentes, y suelen estar a un paso de distancia de las instalaciones de la empresa.

<sup>13</sup> "Theta EdgeCloud incorpora DeepSeek-R1 LLM, lo que respalda una IA eficiente y de alto rendimiento en una red descentralizada", Medium, 28 de enero de 2025.

<sup>14</sup> Blog de aprendizaje automático de AWS, "Capacitación LLM de extremo a extremo en clústeres de instancias con más de 100 nodos mediante AWS Trainium", entrada de blog de Jianying Lang et al., 29 de mayo de 2024.

<sup>15</sup> Billy Duberstein, «Esta IPO respaldada por Nvidia creció un 737 % el año pasado y está a punto de salir a bolsa: Lo que los inversores deben saber sobre CoreWeave», The Motley Fool, 9 de marzo de 2025; y «Las acciones de CoreWeave se disparan por encima del precio de la IPO en el tercer día de negociación», Reuters, 1 de abril de 2025.

<sup>16</sup> "Organizaciones de toda Europa migran a Oracle EU Sovereign Cloud para gestionar datos empresariales críticos", comunicado de prensa de Oracle, 4 de noviembre de 2024.

<sup>17</sup> Axel Kannenberg, "SAP: Dos mil millones de euros para nubes soberanas, con y sin Microsoft", Heise Medien, 21 de septiembre de 2024.

- Metro edge. Con esta tecnología, los centros de datos con menor tamaño (generalmente de unos tres megavatios) se ubican en grandes áreas metropolitanas y complementan la nube pública con capacidad de procesamiento y almacenamiento local para ofrecer menor latencia y mayor disponibilidad.
- Fibra óptica. Los filamentos físicos de vidrio proporcionan la conectividad más confiable, de alto rendimiento y baja latencia.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan a la computación en la nube y en el borde incluyen las siguientes:

- A medida que avanza la tecnología de chips, equilibrar un rendimiento más rápido con un menor consumo de energía tanto en hardware como en software sigue siendo un desafío clave.
- El escrutinio regulatorio y las preocupaciones sobre la privacidad de los datos están generando un mayor énfasis en la gobernanza de la nube y la soberanía de los datos.
- El impacto ambiental y de sostenibilidad  
La aceleración de las expansiones de los centros de datos, el abastecimiento de energía, el uso del agua y los desechos electrónicos podrían conducir a regulaciones adicionales.

- La seguridad sigue siendo una preocupación crítica para la computación en la nube y en el borde en 2025. Las organizaciones enfrentan riesgos de seguridad cada vez mayores debido a la visibilidad limitada en entornos multicloud y la inversión insuficiente en protección.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes pueden considerar las siguientes preguntas al avanzar con la computación en la nube y en el borde:

- ¿Cómo pueden los proveedores de nube reducir eficazmente sus  
¿Consumo energético y huella de carbono?
- ¿Cómo pueden las empresas garantizar la soberanía de los datos y el cumplimiento de las normativas en constante evolución en entornos multicloud? ¿Surgirán proveedores de nube dominantes a nivel regional?
- ¿Qué definirá la ventaja competitiva en la nube durante los próximos cinco años: escala, arquitectura o control del ecosistema?
- A medida que evolucionan las curvas de costos, las tarifas y las presiones regulatorias, ¿cómo deberían las organizaciones optimizar dinámicamente sus cargas de trabajo en las plataformas en la nube, en el borde y en las instalaciones locales?

# Tecnologías de realidad inmersiva

Las tecnologías de realidad inmersiva abarcan la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) e incluyen gafas inteligentes de RA, retroalimentación háptica avanzada y mejoras impulsadas por IA que optimizan las capacidades de renderizado, seguimiento y procesamiento.

La tendencia y por qué es importante

Tecnologías de realidad inmersiva, incluida la realidad aumentada (RA), que proyecta imágenes en entornos del mundo real, y la realidad virtual (RV),

Las tecnologías que permiten la interacción en entornos totalmente virtuales mediante computación espacial tienen el potencial de transformar las experiencias en muchas industrias. Estas tecnologías continúan desarrollándose, con avances como dispositivos portátiles más ligeros y asequibles, tecnologías hápticas mejoradas e integración de IA. Si bien los videojuegos y el entretenimiento siguen siendo los sectores con...

Con la mayor adopción y la innovación más visible, estas tecnologías también se utilizan en otros sectores para marketing, creación de prototipos y simulación de escenarios de alto riesgo para mejorar la formación y la seguridad.

Las aplicaciones de aprendizaje y entretenimiento personalizados aprovechan la realidad inmersiva para adaptar las experiencias a las necesidades individuales, mejorando los resultados y la adquisición de conocimientos procedimentales.

Al proporcionar entornos seguros y controlados, la RA y la RV permiten a los usuarios practicar habilidades y experimental sin riesgos reales. En el ámbito sanitario, las tecnologías inmersivas facilitan la formación médica y el tratamiento de pacientes. El mercado de RA/RV experimentó un crecimiento constante, aunque moderado, en 2024, con un aumento del 10 % en los envíos de auriculares, aunque las previsiones sugieren que el crecimiento podría desacelerarse en 2025.



La realidad inmersiva está trascendiendo rápidamente sus raíces en los videojuegos y el entretenimiento para convertirse en una fuerza transformadora en todos los sectores. A medida que la tecnología madura, las organizaciones que integren con inteligencia la RA y la RV en sus operaciones abrirán nuevas dimensiones de productividad, creatividad y conexión humana. La próxima ola de innovación se definirá no solo por los avances técnicos, sino también por la fluidez con la que las experiencias inmersivas se integren en la vida cotidiana.

— David Naney, especialista sénior del sur de California

<sup>1</sup> Paul Hill, "El mercado de AR/VR se recuperó en 2024, pero el pronóstico sugiere una pausa en el crecimiento en 2025", Neowin, 26 de marzo de 2025.

## Tecnologías de realidad inmersiva

### Puntuación de la tendencia

Si bien la inversión de capital se ha mantenido relativamente estable, los niveles de interés (noticias, búsquedas) e innovación (investigación, patentes) en la realidad inmersiva han crecido recientemente, impulsados por la creciente curiosidad sobre las gafas inteligentes vinculadas a lanzamientos de productos notables como las gafas Apple Vision Pro y Ray-Ban Meta AI.

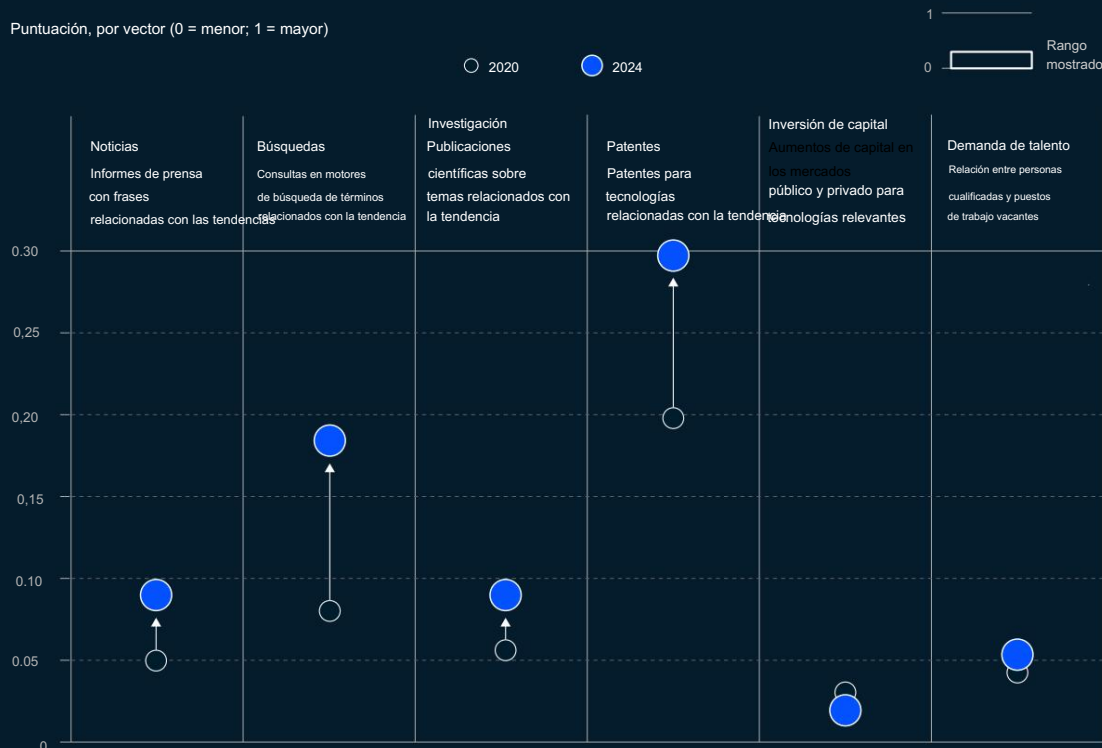
Inversión de capital, 2024

\$6 mil millones

Ofertas de trabajo, 2023–24, % de diferencia

–11%

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los desarrollos recientes que involucran tecnologías de realidad inmersiva incluyen los siguientes:

Históricamente, los visores de RA y RV han tenido un rendimiento inferior a las expectativas. Esto se debe a los altos costos, la escasa adopción por parte de los consumidores y las limitaciones técnicas, aunque hay indicios de una renovada inversión, como las gafas con IA de Meta y las gafas Android XR de Google.<sup>2</sup>

Los avances hápticos están difuminando la línea entre la realidad y las simulaciones. La integración de la tecnología háptica y la retroalimentación sensorial avanzada está creando entornos virtuales más inmersivos y realistas. Los actuadores hápticos de ultrabajo consumo y los guantes y trajes portátiles proporcionan precisión.

Retroalimentación táctil que simula sensaciones como gotas de lluvia o texturas. Los sensores químicos y los dispensadores inalámbricos pueden replicar sabores. Este enfoque multisensorial puede mejorar la interacción del usuario en diversas aplicaciones.

- La integración de IA está revolucionando las tecnologías de RA y RV, mejorando las capacidades de renderizado, seguimiento y procesamiento, especialmente en simulaciones de juegos y entrenamiento. Los algoritmos de IA generan entornos y personajes hiperrealistas en juegos que responden dinámicamente a las interacciones del usuario, creando experiencias más inmersivas. Las técnicas de IA, incluyendo los modelos de aprendizaje profundo, están mejorando el realismo de las visualizaciones 3D mediante el entrenamiento con grandes conjuntos de datos de texturas y condiciones de iluminación del mundo real.

<sup>2</sup> Blog de Google, «Una nueva perspectiva sobre cómo Android XR incorporará Gemini a gafas y auriculares», entrada de Shahram Izadi, 20 de mayo de 2025.

<sup>3</sup> «Creación de modelos 3D realistas con texturas y materiales generados por IA», OpsMatters, 22 de diciembre de 2024.

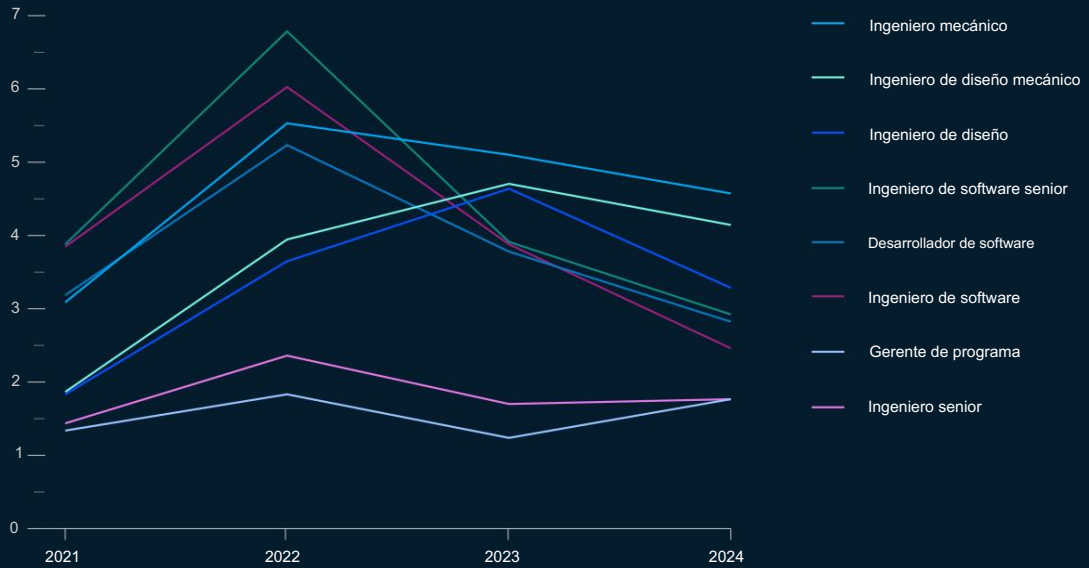
TALENTO Y MERCADO LABORAL

# Tecnologías de realidad inmersiva

## Demanda

La demanda de puestos de ingeniería mecánica se ha mantenido relativamente estable en comparación con los puestos centrados en software, lo que refleja la continua necesidad de experiencia en hardware para la fabricación y el prototipado de dispositivos de RA y RV. La disminución general de la demanda de talento para la mayoría de los puestos en 2024 indica que el mercado laboral se está recalibrando a medida que evolucionan los casos de uso y la estructura de soporte para esta área.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



## Disponibilidad de habilidades

El sector de la realidad inmersiva se enfrenta a una escasez de profesionales en RV, RA e IA, impulsada por la creciente demanda de simulaciones adaptativas y creación de contenido con IA. Las habilidades de programación, como C++, son más accesibles, y la experiencia en modelado 3D sigue siendo abundante.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



## Evolución de la adopción en todo el mundo

### Puntuación de adopción: 2—Experimentación.

Las organizaciones están probando la funcionalidad y viabilidad de la tecnología con prototipos a pequeña escala, generalmente sin centrarse en el retorno de la inversión (ROI) a corto plazo. Pocas empresas están escalando o han escalado completamente la tecnología.

La adopción de tecnologías de realidad inmersiva varía enormemente según las geografías y los casos de uso.

Si bien las gafas inteligentes han cobrado impulso de forma significativa, la adopción de auriculares ha sido más lenta de lo previsto. Si bien sectores como la salud y los bienes de consumo están cobrando impulso, su expansión generalizada sigue limitada por problemas de usabilidad, altos costos y disparidades regionales en infraestructura e innovación.

## En la vida real

Algunos ejemplos del mundo real que implican el uso de dispositivos portátiles incluyen los siguientes:

— Ayudando a cerrar la brecha entre la presencia física y la interacción digital. A pesar de la posterior decisión de la compañía de discontinuar la producción del modelo inicial, las gafas Vision Pro de Apple, que se lanzaron por primera vez a principios de 2024, marcaron un hito en el mercado de la tecnología de realidad inmersiva. Entre sus funciones se encuentra «Persona», que... utiliza IA y RA para escanear la cara de un usuario y crear un avatar digital realista para llamadas FaceTime, que permite a los usuarios comunicarse de forma más natural en entornos virtuales.<sup>4</sup>

— Ampliando la perspectiva de las gafas inteligentes. Ampliar el campo de visión se considera importante para el crecimiento de la RA, y la quinta generación de las Spectacles de Snap, lanzada en septiembre de 2024, avanza en esa dirección. El producto, dirigido principalmente a desarrolladores de RA, cuenta con una pantalla más inmersiva, con colores más intensos y...

un campo de visión diagonal más amplio de 46°, así como una mayor duración de la batería y una mayor potencia de procesamiento.<sup>5</sup> A pesar de estas mejoras, la categoría aún enfrenta desafíos como campos de visión relativamente limitados y dispositivos de gran peso.

— Hacer que la realidad virtual sea más inmersiva y accesible para usuarios ocasionales y aplicaciones empresariales .

Se han presentado visiones ambiciosas de cascos de realidad virtual.

Limitado por desafíos técnicos. Productos como Meta Quest 3, un auricular independiente lanzado en 2023, marcaron otro paso adelante en el...

evolución del hardware inmersivo. Además de

Al no requerir una conexión constante a PC o consolas externas, cuenta con gráficos mejorados, potencia de procesamiento y capacidades de renderizado.<sup>6</sup>

— El Dr. Joaquín Sánchez-Sotelo realizó la primera cirugía de reemplazo de hombro con navegación de realidad mixta en la Clínica Mayo en 2024. Este innovador enfoque quirúrgico utilizó herramientas y gafas especialmente diseñadas para crear un holograma de alta precisión de la articulación, lo que permitió una mayor precisión en la colocación del implante.<sup>7</sup>

— Reducir el tiempo que lleva construir un prototipo.

Los prototipos físicos suelen requerir 45 días, pero New Balance utilizó la realidad virtual para acortar ese proceso a tan solo siete días o menos. Este enfoque basado en la realidad virtual permite a los responsables de la toma de decisiones visualizar los diseños de calzado desde todos los ángulos en un entorno virtual, comparable a la manipulación de muestras físicas. El uso de la realidad virtual en este contexto ha facilitado la comunicación de la intención de diseño y ha permitido una toma de decisiones más informada.

Algunos ejemplos reales de cómo la tecnología háptica y otras tecnologías sensoriales están mejorando las experiencias virtuales incluyen los siguientes:

— Un juego más realista y atractivo.

Virtuix ha lanzado Omni One, su cinta de correr multidireccional de realidad virtual (RV) enfocada en el consumidor, que permite a los usuarios moverse en cualquier dirección dentro de espacios virtuales. Esta cinta de correr de 360° ...

<sup>4</sup> Chris Velazco, «Viví dentro de una Vision Pro durante dos semanas. Así fue», Washington Post, 12 de febrero de 2024; «Apple Vision Pro disponible en EE. UU. el 2 de febrero», comunicado de prensa de Apple, 8 de enero de 2024; Mark Gurman, «Apple descarta el trabajo en gafas de realidad aumentada conectadas a Mac», Bloomberg, 31 de enero de 2025.

<sup>5</sup> «Presentamos las nuevas Spectacles y SNAP OS: La próxima frontera de las gafas de RA», comunicado de prensa de Snap, 17 de septiembre de 2024; Harry McCracken, «Las nuevas gafas de RA de Snap son divertidas. Lástima que no estén disponibles para los consumidores (todavía)», Fast Company, 17 de septiembre de 2024; Alex Heath, «Las nuevas Spectacles de Snap se acercan a una RA convincente», Verge, 17 de septiembre de 2024.

<sup>6</sup> Mitch Wallace, «Reseña de Meta Quest 3: La realidad mixta triunfa», Forbes, 24 de enero de 2025; Meta Blog, «Meta Quest 3: El primer visor de realidad mixta para el mercado masivo ya está disponible», 9 de octubre de 2023; David Heaney, «Quest 3 se renderiza automáticamente a mayor resolución en casi todas las apps y juegos», UploadVR, 27 de septiembre de 2023.

<sup>7</sup> Joel Streed, «Mayo Clinic Minute: La realidad mixta proporciona una trayectoria precisa durante la cirugía de hombro», Mayo Clinic, 12 de enero de 2024.

<sup>8</sup> Blog de Metalitix, «Uso de la realidad virtual en el diseño y creación de prototipos de productos», 15 de julio de 2024.



El panorama de la tecnología inmersiva está experimentando una profunda transformación con la integración de la robótica y los modelos de base del mundo. Los avances en los modelos de base del mundo impulsados por IA han permitido que las máquinas perciban y predigan dinámicamente sus entornos 3D en tiempo real. Este avance transformará el papel de la tecnología inmersiva al conectar los mundos digital y físico.

— Ichiro Otobe, asesor senior de desarrollo de clientes, Tokio

La capacidad aumenta la sensación de presencia en entornos de realidad virtual.<sup>9</sup>

- Incorporando el sentido del tacto a la realidad virtual. Los guantes hápticos están diseñados para ayudar a los usuarios a interactuar con objetos virtuales de forma natural e intuitiva. El Maestro EP de Contact CI, un modelo ligero e inalámbrico que la compañía presentó en AWE 2024, representa un avance en ese ámbito. La Fuerza Aérea de EE. UU. ha...  
Utilizamos la tecnología háptica de Contact CI desde 2020 para programas de entrenamiento de VR, una aplicación práctica de estos guantes en un entorno profesional.<sup>10</sup>

- Sabor más fuerte en la simulación de sabor virtual.  
Abordar y aumentar la demanda de los consumidores de ecosistemas digitales multisensoriales es un área de enfoque importante en el sector de la tecnología de realidad inmersiva.  
Una innovación reciente modela el trabajo del gusto  
Desarrollada por investigadores de la Universidad Estatal de Ohio, la tecnología e-Taste utiliza componentes químicos.  
sensores y actuadores microfluidicos inalámbricos para  
Replicar dulce, agrio, salado, amargo y umami  
Sabores a través de una liberación controlada de iones y sabor  
Compuestos. Los ensayos en humanos lograron una precisión del 70 % al distinguir las intensidades del sabor.<sup>11</sup>

Algunos ejemplos reales de cómo la IA está transformando las aplicaciones de realidad inmersiva incluyen los siguientes:

- Skybox AI, desarrollado por Blockade Labs, es una herramienta avanzada impulsada por IA para crear entornos panorámicos inmersivos de 360°. Los usuarios pueden generar skyboxes detallados con resolución 8K a partir de simples indicaciones de texto y remezclar entornos existentes, editar elementos e incluso convertir skyboxes 2D en modelos 3D para diversas aplicaciones. Esta tecnología se puede aplicar en videojuegos, realidad virtual, simulaciones, educación y más.<sup>12</sup>
- La creación de PNJ para juegos alcanza un nuevo nivel con IA. En 2023, Epic Games lanzó una nueva función impulsada por IA para Unreal Engine (UE), su versátil motor de juegos de gráficos por computadora en 3D. Denominada Marco de Generación de Contenido Procedimental (Procedural Content Generation Framework),<sup>13</sup> utiliza algoritmos de IA para generar automáticamente recursos de juego como paisajes, objetos 3D, edificios y... Incluso mundos enteros. Como uno de los sistemas mejorados por IA Seguimientos, la empresa introdujo MetaHumans en Unreal Editor para Fortnite,

<sup>9</sup> Brian Heater, "La cinta de correr de realidad virtual de Virtuix finalmente se lanzará en septiembre", TechCrunch, 14 de agosto de 2024; Rebekah Carter, "Reseña de Virtuix Omni One: Una plataforma de realidad virtual inmersiva", XR Today, 20 de septiembre de 2024.

<sup>10</sup> "Contacte a CI para mostrar guantes hápticos en AWE 2024", LAVNCH [CÓDIGO], 17 de junio de 2024.

<sup>11</sup> Tatyana Woodall, "Un nuevo dispositivo podría permitirte probar un pastel en realidad virtual", Ohio State News, 28 de febrero de 2025.

<sup>12</sup> Dean Takahashi, "Blockade Labs mejora la calidad del arte 3D generado por IA para aplicaciones de 360 grados", VentureBeat, 18 de abril de 2024.

<sup>13</sup> Evgeny Obedkov, "Epic lanza Unreal Engine 5.2 con un nuevo marco de generación procedimental y mejoras en la compilación de sombreadores". Game World Observer, 12 de mayo de 2023.

Permite a los creadores diseñar y animar personajes no jugadores (PNJ) digitales "humanos" de alta fidelidad para sus islas de Fortnite. El recurso "Árboles de comportamiento" de UE puede usarse por separado para habilitar comportamientos de IA inteligentes para los PNJ.<sup>14</sup>

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías que impulsan la realidad inmersiva incluyen las siguientes:

- Realidad aumentada. La RA permite la visualización parcial Inmersión añadiendo información a entornos del mundo real.
- Realidad virtual. La RV sumerge a los usuarios en entornos completamente virtuales.
- Realidad mixta. La realidad mixta permite un nivel de inmersión entre AR y VR, añadiendo elementos virtuales al mundo real para que los usuarios puedan interactuar con ambos.
- Computación espacial. Este tipo de computación utiliza el espacio físico tridimensional percibido alrededor de... El usuario como lienzo para una interfaz de usuario.
- Sensores portátiles y externos. Estos sensores, integrados en dispositivos portátiles o portátiles, o montados alrededor de los usuarios, detectan objetos y cuerpos para su representación en entornos virtuales.
- Hápticos. Estos dispositivos de retroalimentación transmiten sensaciones a los usuarios, generalmente en forma de vibraciones.
- Realidad aumentada basada en la ubicación. Esta El software integra la ubicación física y el entorno en tiempo real de un usuario en AR para superponer el entorno físico circundante en el entorno virtual.
- Aprendizaje automático. Este término se refiere a modelos que realizan predicciones tras ser entrenados con datos, en lugar de seguir reglas programadas.
- Inteligencia artificial. La IA se refiere a la capacidad de las máquinas para realizar funciones cognitivas típicamente asociadas con la mente humana, como percibir, razonar, aprender, interactuar con el entorno y resolver problemas.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan a las tecnologías de realidad inmersiva incluyen las siguientes:

- Disponibilidad y privacidad de los datos. Tecnologías inmersivas como la virtualización y la aumentación.

La realidad recopila grandes cantidades de datos personales, como movimientos corporales, seguimiento ocular y cómo los usuarios interactúan con su entorno.

Esto plantea serias preocupaciones sobre la privacidad.

Algunos sistemas avanzados de IA pueden incluso interpretar comportamientos inconscientes, como

los movimientos oculares, para adivinar qué piensan o sienten los usuarios, a menudo sin que estos se den cuenta.

Existe un riesgo real de que esta información pueda ser...

mal utilizados o expuestos en violaciones de datos, por lo que es fundamental proteger la privacidad del usuario.

- Sesgo amplificador. Si no se implementa con cuidado, Las tecnologías inmersivas pueden reforzar los sesgos sociales existentes. Por ejemplo, los candidatos con Internet confiable y acceso a dispositivos más nuevos o los espacios de trabajo dedicados a la realidad virtual pueden beneficiarse más de los procesos de contratación virtuales, los programas educativos o el acceso a servicios públicos.
- Seguridad física. Los sistemas de realidad aumentada y virtual suelen limitar la visión del usuario del mundo real. Esto genera problemas de seguridad cuando se utilizan en entornos sin un control estricto.
- Múltiples tipos de dispositivos. Existen muchos tipos diferentes de dispositivos tecnológicos inmersivos, desde plataformas independientes de RA y RV hasta accesorios periféricos de RA para teléfonos móviles. Esta variedad puede dificultar la elección de los mejores dispositivos. Adecuados para tareas específicas. A medida que surgen nuevos productos, los usuarios se enfrentan a la incertidumbre de elegir las herramientas adecuadas para sus necesidades.
- Desarrollo de hardware. Los avances en hardware en áreas como el peso, la gestión del calor, la duración de la batería, el campo de visión y la reducción del mareo por movimiento avanzan a un ritmo variable. Algunas áreas avanzan más rápido que otras, debido a desafíos técnicos o a la demanda del mercado. Si bien se puede anticipar un progreso constante, el plazo para lograrlo... avances sustanciales en todas las áreas. Al mismo tiempo sigue siendo incierto.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al avanzar con tecnologías de realidad inmersiva:

- ¿Cómo evolucionará el ritmo de los avances en hardware? En cuanto a costo, comodidad y rendimiento, forma

<sup>14</sup> "MetaHuman ya está disponible para UEFN: trae PNJ humanos digitales a tus islas", Portal del creador de Fortnite, 20 de marzo de 2024.

- ¿La evolución de la realidad inmersiva desde una novedad de nicho a una plataforma de uso general?
- ¿Cuál es el punto de inflexión para la inmersión?
  - ¿Es la realidad pasar de proyectos piloto a un despliegue a gran escala en dominios especializados y de alto valor, como la infraestructura energética, la fabricación avanzada o los medios de comunicación de alta gama?
- ¿Cómo cambiará y se adaptará la realidad inmersiva a medida que más organizaciones adopten el regreso a la oficina y menos trabajo remoto?
- ¿Qué tipo de marcos regulatorios existen?
  - ¿Es necesario garantizar la seguridad, la protección y el uso ético de las tecnologías de realidad virtual, incluida la moderación de contenido, la privacidad de los datos y la ciberseguridad?
- ¿Qué impacto tendrá la adopción generalizada de RA/
  - ¿Qué tiene la realidad virtual sobre la sociedad y el comportamiento humano?

07

## ■ Confianza digital y ciberseguridad

La confianza digital y la ciberseguridad abarcan tecnologías y prácticas diseñadas para garantizar interacciones digitales seguras, transparentes y confiables.

Esto incluye la verificación de identidad, la protección de datos, el cifrado, la detección de amenazas y los sistemas de confianza basados en blockchain.

### La tendencia y por qué es importante

La tendencia de la confianza digital y la ciberseguridad abarca tecnologías de ciberseguridad, confianza en la IA y blockchain. Estas tecnologías generan, escalan y mantienen la confianza de las partes interesadas. Ayudan a las organizaciones a mitigar los riesgos tecnológicos y de datos, a innovar y a proteger sus activos, lo que contribuye...

para mejorar el desempeño organizacional y fortalecer las relaciones con los clientes.

La ciberseguridad y la inteligencia artificial proporcionan mecanismos de defensa avanzados que protegen contra ciberamenazas cada vez más sofisticadas.

Pueden mejorar la detección de amenazas, la respuesta a incidentes y la resiliencia digital general de cualquier organización.

Los sistemas de confianza de IA proporcionan explicabilidad, equidad, robustez y seguridad que generan confianza entre los usuarios y las partes interesadas. A medida que la IA se integra cada vez más en la vida cotidiana y en los procesos críticos de toma de decisiones, la importancia de la confianza es innegable.

Los sistemas de tokenización basados en blockchain, diseñados inherentemente para la transparencia, la seguridad y la accesibilidad, podrían sustentar soluciones innovadoras en campos como las finanzas y la atención médica.

Estas tecnologías comparten los objetivos comunes de generar confianza digital y proteger la integridad de los datos. Aprovechar al máximo la confianza digital y la ciberseguridad requiere un liderazgo jerárquico y cambios deliberados en múltiples ámbitos de actividad, desde la estrategia y la tecnología hasta las capacidades empresariales.



Los pilares de la ciberseguridad (gestión de activos, gestión de vulnerabilidades y gestión de identidades) siguen siendo cruciales para proteger un mundo digital donde la IA generativa continúa generando cada vez más valor. Crear sistemas y procesos en esta era de la IA generativa que brinden experiencias seguras a clientes y usuarios requiere mantener las capacidades de seguridad fundamentales e invertir en tecnología de vanguardia para adaptarse al ritmo del cambio.

—Charlie Lewis, socio, Connecticut

# Confianza digital y ciberseguridad

## Puntuación de la tendencia

A medida que los avances en IA y en IA agente subrayan la necesidad de gestionar los riesgos de forma integral, el interés en la confianza digital y la ciberseguridad ha aumentado, lo que llevó a un aumento del 20 por ciento en las búsquedas en Google de términos relacionados entre 2023 y 2024.

Inversión de capital, 2024

**\$77.8** mil millones

Ofertas de trabajo, 2023-24, % de diferencia

**+7%**

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los avances recientes relacionados con la confianza digital y la ciberseguridad incluyen los siguientes:

- El rápido avance de las tecnologías de IA y las disrupciones en las industrias y en la vida cotidiana resaltan la urgente necesidad de establecer la confianza en la IA a lo largo de la cadena de valor. La confianza en las empresas de IA ha disminuido, pasando del 61 % en 2019 al 53 % en la actualidad.<sup>1</sup> No implementar de forma proactiva prácticas de IA responsables y seguras podría tener consecuencias significativas para

Empresas y la sociedad en general. Entre 2017 y 2023, la rentabilidad acumulada del mercado bursátil de las marcas de confianza superó a la de las marcas menos fiables en 245 puntos porcentuales,<sup>2</sup> lo que ilustra cómo la resiliencia digital y operativa, y la confianza, generan beneficios.

Los atacantes explotan cada vez más la IA y el aprendizaje automático para atacar a las organizaciones, y lo hacen con mayor eficacia. Mientras tanto, las propias organizaciones están adoptando estas tecnologías para reforzar la detección de amenazas y...

<sup>1</sup> Ina Fried, "Exclusiva: La confianza pública en la IA se está desplomando en todos los ámbitos", Axios, 5 de marzo de 2024.

<sup>2</sup> Metodología de investigación de McKinsey: muestra de empresas identificadas como confiables o no confiables con base en puntajes igualmente ponderados de confianza del consumidor (calificación de Trustpilot); estabilidad financiera (calificación crediticia); sustentabilidad (calificación ESG de Sustainalytics y calificación climática de CDP); confianza de la fuerza laboral (calificación de empleados de Indeed); confianza de los inversores (tasa de aprobación de la junta directiva de accionistas); e integridad de los datos (puntuaje en la lista Privacy 100).

Capacidades de respuesta. Estas herramientas permiten a los sistemas analizar rápidamente grandes conjuntos de datos, identificar patrones y detectar anomalías, mejorando así la detección y prevención de amenazas.

— La explotación de vulnerabilidades en terceros

El software y las capacidades de terceros resaltan el impacto más amplio de los riesgos del sistema. A medida que las industrias dependen cada vez más de software y capacidades de terceros, los riesgos se concentran en diversos procesos de negocio, lo que aumenta la necesidad de diseñar e implementar listas de materiales de software para mejorar la transparencia y gestionar las vulnerabilidades.

— Se ha aumentado la atención en la supervisión regulatoria, la transparencia y la seguridad en el ámbito digital. Los gobiernos de todo el mundo han

Se han adoptado medidas importantes para instituir regulaciones más integrales y estrictas, ya que las preocupaciones sobre la confianza digital han resaltado la necesidad de marcos de gobernanza claros.

Los riesgos geopolíticos se han intensificado, lo que representa amenazas significativas para la confianza digital y la ciberseguridad. En este entorno incierto, los países utilizan cada vez más la tecnología para alcanzar objetivos estratégicos, lo que genera preocupación sobre la resiliencia de las infraestructuras críticas y la seguridad de los datos. Infraestructuras críticas, como satélites y cables submarinos, se han convertido en objetivos que podrían interrumpir las comunicaciones, el comercio y la seguridad globales. Las organizaciones pueden adoptar enfoques proactivos y adaptativos en materia de ciberseguridad incorporando factores geopolíticos en las evaluaciones de riesgos y las estrategias de mitigación.

— La tokenización está aumentando en sectores como

Finanzas a medida que las instituciones buscan expandir sus ofertas. La capacidad de la tecnología Blockchain de proporcionar un libro de contabilidad interoperable e inmutable está posibilitando aplicaciones como los activos tokenizados.



'La confianza ya no es una cuestión trivial: es un activo fundamental para el negocio. En un mundo de contenido generado por IA, flujos de datos transfronterizos y creciente riesgo cibernético, la confianza digital es la clave para operar. Las empresas que la incorporen desde el diseño serán las elegidas por los clientes y las que se ganen el respaldo de los actores sociales.'

— Roger Roberts, socio, Área de la Bahía

TALENTO Y MERCADO LABORAL

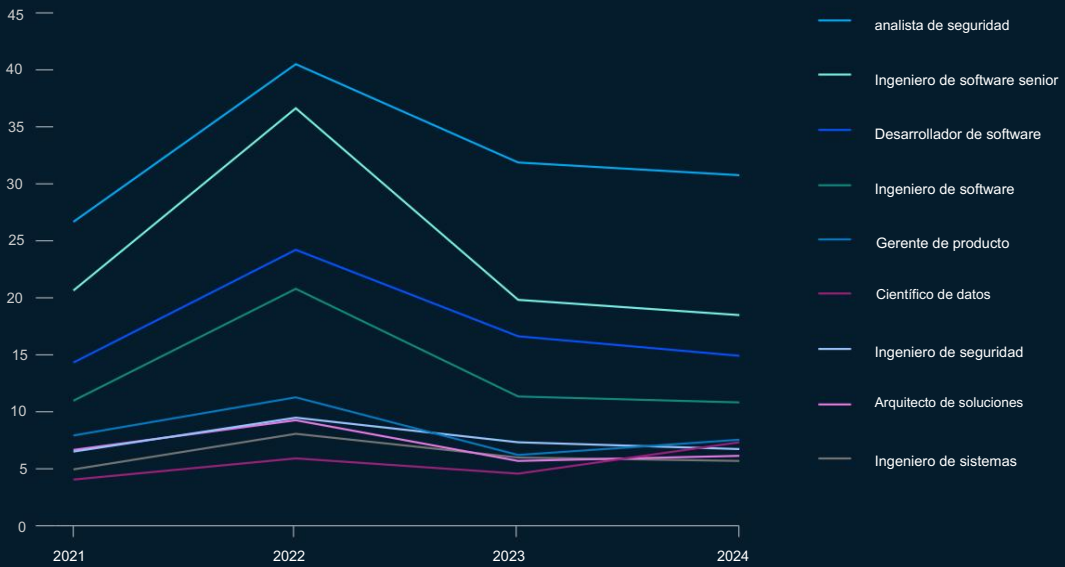
# Confianza digital y ciberseguridad

## Demanda

Los roles relacionados con el software siguen siendo centrales para la confianza digital y la ciberseguridad, y la ingeniería y el desarrollo de software mantienen una demanda relativamente estable a pesar de ligeras disminuciones con respecto a los niveles de 2023.

Los roles de analista de seguridad, si bien han disminuido significativamente desde su pico de 2022 (como ocurre con la mayoría de los títulos laborales en esta tendencia), aún lideran las publicaciones generales, lo que refleja la necesidad constante de experiencia en monitoreo de amenazas y cumplimiento.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



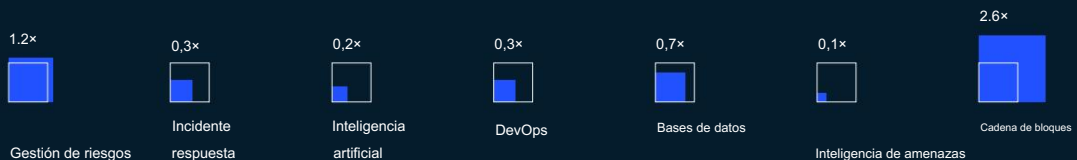
## Disponibilidad de habilidades

Las habilidades más demandadas, como la respuesta a incidentes, la inteligencia de amenazas y DevOps (desarrollo de software y operaciones de TI), enfrentan una escasez considerable, lo que refleja la urgente necesidad del sector de contar con experiencia en mitigación de amenazas y automatización. La IA es cada vez más crucial a medida que las empresas integran herramientas de seguridad basadas en IA para la detección y respuesta ante amenazas; sin embargo, el talento sigue siendo escaso. Por otro lado, la gestión de riesgos muestra un ligero excedente de talento, lo que sugiere una alineación con los procesos de formación actuales. La incertidumbre regulatoria y la volatilidad del mercado han provocado fluctuaciones en el mercado de talento para las habilidades en blockchain y contabilidad distribuida.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



## Evolución de la adopción en todo el mundo

### Puntuación

#### de adopción: 4—Escalamiento en progreso.

Las organizaciones están ampliando la implementación y la adopción de estas tecnologías en toda la empresa.

Incluso cuando la ciberseguridad está completamente extendida en una organización, los avances tecnológicos exigen que siga evolucionando. Las tecnologías de confianza en IA, por ejemplo, se encuentran en una fase piloto inicial a pesar del rápido despliegue de la IA de última generación. Un pequeño número de organizaciones está desarrollando soluciones de ciberseguridad a medida, pero la mayoría depende de proveedores para escalar. La Unión Europea se ha adelantado en el fortalecimiento de la seguridad y la soberanía de los datos con la Ley de IA, que impone regulaciones estrictas a los sistemas de IA de alto riesgo, exige transparencia y protege los derechos de los consumidores.<sup>3</sup>

### En la vida real

Algunos ejemplos del mundo real que involucran iniciativas y desarrollos que apoyan el uso seguro y responsable de la IA incluyen los siguientes:

El benchmark AILuminate v1.0, presentado por MLCommons en diciembre pasado, es una herramienta que evalúa la propensión de los grandes modelos de lenguaje (LLM) a responder de forma peligrosa a las indicaciones. Ayuda a identificar riesgos como la explotación infantil, el discurso de odio y el uso indiscriminado de armas, como las químicas, biológicas, radiológicas, nucleares y explosivas, proporcionando un análisis independiente del riesgo de los LLM para fundamentar la toma de decisiones. MLCommons está expandiendo AILuminate para abordar los riesgos de la IA agente en las áreas de corrección, seguridad y control.

—La consolidación es tecnología habilitadora

Las empresas responden a las demandas de los consumidores de soluciones más integrales. Por ejemplo, Cisco realizó su mayor adquisición en marzo de 2024, al adquirir Splunk por 28 000 millones de dólares, lo que mejoró su oferta a sus clientes para optimizar la detección y respuesta ante amenazas mediante la integración de la máquina de Splunk.

plataforma de análisis de datos en su cartera de ciberseguridad existente.<sup>5</sup> Cinco meses después, Cisco adquirió Robust Intelligence, una empresa pionera en seguridad de aplicaciones de IA.<sup>6</sup>

El siguiente es un ejemplo real de ataques impulsados por IA dirigidos a organizaciones:

— El phishing de voz, o "vishing", es otra forma Arruga en los ataques de phishing que utilizan la voz. Las llamadas telefónicas o los mensajes de voz de vishing engañan a las personas para que proporcionen información personal o financiera confidencial. Según el informe de amenazas globales CrowdStrike 2025, los ataques de vishing aumentaron un 442 % en tan solo seis meses, del primer semestre de 2024 al segundo semestre.<sup>7</sup> Las organizaciones pueden implementar una estrategia de defensa multicapa que combine la formación de los empleados, las protecciones tecnológicas y la monitorización proactiva para combatir el vishing.

Algunos ejemplos reales de un enfoque regulatorio creciente incluyen los siguientes:

- El Departamento de Defensa de los EE. UU. (DOD) estableció el marco CMMC (Certificación del modelo de madurez de ciberseguridad) 2.0 en 2024 para mejorar la ciberseguridad entre sus contratistas y subcontratistas de defensa. Los contratistas y subcontratistas del Departamento de Defensa Es necesario obtener un certificado CMMC para ganar nuevos contratos de defensa.
- Los organismos reguladores se están centrando cada vez más en los sectores de tecnología financiera y blockchain para abordar Protección del consumidor y estabilidad financiera. El reglamento de Mercados de Criptoactivos (MiCA) de la Unión Europea entró en vigor a finales de 2024, con el objetivo de proporcionar un marco jurídico integral para los activos digitales, incluidas las monedas estables. Se espera que este reglamento estandarice la emisión y el comercio de activos tokenizados, impulsando la innovación y mitigando los riesgos asociados a las finanzas digitales.

Algunos ejemplos del mundo real que implican riesgos geopolíticos que afectan la confianza digital incluyen los siguientes:

- Salt Typhoon, un grupo de ciberataques patrocinado por un estado extranjero, ha sido responsable

<sup>3</sup> Deborah Margolis y Hannah Drury, "Los primeros requisitos de la Ley de IA de la UE entrarán en vigor en febrero de 2025", Littler Mendelson, 13 de diciembre de 2024.

<sup>4</sup> "MLCommons lanza AILuminate, el primer punto de referencia de su tipo para medir la seguridad de grandes modelos lingüísticos", Business Wire, 4 de diciembre de 2024.

<sup>5</sup> "Cisco completa la adquisición de Splunk", Cisco Systems, 18 de marzo de 2024.

<sup>6</sup> "Cisco adquiere Robust Intelligence", SC Media, 27 de agosto de 2024.

<sup>7</sup> Jordyn Alger, "Los ataques de vishing aumentaron un 442 % en la segunda mitad de 2024", Security, 5 de marzo de 2025.

<sup>8</sup> "Regulación de los mercados de criptoactivos (MiCA): Medidas de implementación de la MiCA", ESMA, consultado el 26 de marzo de 2025.



'Las plataformas de tokenización basadas en blockchain están sentando las bases para una mayor confianza digital al hacer que las transacciones sean más transparentes, seguras y accesibles. A medida que vemos que la adopción en el mundo real se acelera en sectores como las finanzas y la atención médica, el desafío no es solo técnico; se trata de construir plataformas interoperables para aumentar la adopción y navegar por las regulaciones cambiantes para ofrecer una innovación significativa y confiable.

—Matt Higginson, socio, Boston

por una serie de ciberataques de alto perfil dirigidos a empresas de telecomunicaciones y otras infraestructuras críticas. Varios Telecomunicaciones de América del Norte Los operadores se vieron comprometidos en 2024, lo que pone de relieve las vulnerabilidades en todo el mundo. infraestructura de telecomunicaciones.<sup>9</sup>

— En los últimos años se han producido varias interrupciones en el servicio de cables marítimos.

aparentemente destinado a interrumpir Internet y Las comunicaciones externas han suscitado inquietudes sobre sabotaje en medio de tensiones geopolíticas. En los últimos 15 meses, 11 cables del Mar Báltico resultaron dañados, causando importantes cortes de suministro, lo que llevó a la OTAN a lanzar un programa llamado Baltic Sentry para proteger infraestructura submarina crítica.<sup>10</sup> Los cables marítimos son costosos de construir y transportan aproximadamente el 99 por ciento de todo el tráfico transcontinental de Internet.<sup>11</sup>

Algunos ejemplos reales de empresas que implementan la tokenización incluyen los siguientes:

- JPMorgan integró Kinexys Digital Pagos. Esta solución blockchain, pionera en lo digital, se integró con JPMorgan FX Services para gestionar las liquidaciones de divisas.<sup>12</sup>
- BlackRock presentó BUIDL. Esta criptomoneda tokenizada El fondo ahora representa más del 40 por ciento del mercado tokenizado de bonos del Tesoro estadounidense.<sup>13</sup>

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías de confianza digital y ciberseguridad incluyen las siguientes:

— Identidad digital. Una identidad consiste en toda la información digital que caracteriza y distingue a una persona o entidad. La identidad autosuficiente permite a los usuarios controlar la información de identificación que comparten y con quién la comparten. Los usuarios de identidades sin contraseña pueden verificarse y autenticarse con alternativas a las contraseñas alfanuméricas, como la biometría, dispositivos, aplicaciones y documentos. Las empresas están desarrollando soluciones de "identidad convergente" que integran diferentes dimensiones de la identidad en una única plataforma, lo que permite, por ejemplo, la continuidad a medida que una persona pasa de ser empleado a socio comercial y luego a cliente.

— Ingeniería de privacidad. Esta práctica rige la implementación, la operación y el mantenimiento de la privacidad para reducir los riesgos y facilitar la toma de decisiones acertadas sobre la asignación de recursos y la implementación eficaz de controles de privacidad en los sistemas de información.

— Resiliencia tecnológica. Esta es la suma de prácticas y fundamentos técnicos necesarios para diseñar, implementar y operar tecnología de forma segura en un entorno empresarial,

<sup>9</sup> Milind Gunjan, "Tifón de sal: una llamada de atención para fortalecer la ciberseguridad en las telecomunicaciones", Forbes, 5 de marzo de 2025.

<sup>10</sup> "La OTAN lanza el 'Baltic Sentry' para aumentar la seguridad de las infraestructuras críticas", OTAN, 14 de enero de 2025; John Leicester y Emma Burrows, "Al menos 11 cables del Báltico han resultado dañados en 15 meses, lo que obliga a la OTAN a reforzar su vigilancia", AP News, 28 de enero de 2025.

<sup>11</sup> Alex Capri, "La nueva geopolítica de los cables submarinos", Fundación Hinrich, 30 de abril de 2024.

<sup>12</sup> "JPMorgan integrará la liquidación de divisas en cadena en la plataforma blockchain Kinexys", PYMNTS, 6 de noviembre de 2024.

<sup>13</sup> Liam Wright, "El crecimiento del 183 % del fondo BUIDL de BlackRock de \$1.900 millones lo coloca solo por detrás de cuatro monedas estables en activos tokenizados en dólares", CryptoSlate, 2 de abril de 2025.

incluidos componentes como copias de seguridad inmutables y redes de autorreparación.

— Cadenas de bloques. Estas cadenas de bloques distribuidas digitalmente,

Los libros de contabilidad descentralizados existen en una red informática y facilitan el registro seguro, transparente e inmutable de las transacciones.

— Contratos inteligentes. Establecidos de forma inmutable.

código en una cadena de bloques, estos programas de software se ejecutan automáticamente cuando se cumplen condiciones específicas, como los términos acordados por un comprador y un vendedor.

— Tokens y activos digitales. Estos intangibles incluyen

criptomonedas nativas, tokens de gobernanza, monedas estables, tokens no fungibles y activos reales y financieros tokenizados, incluido el efectivo.

— Aplicaciones descentralizadas. Estas aplicaciones operan en

redes peer-to-peer, eliminando la dependencia de servidores centralizados. Utilizan tecnología blockchain para el almacenamiento y la seguridad de datos, y criptomonedas para las transacciones y la interacción de los usuarios.

— Inteligencia artificial. IA se refiere a la inteligencia artificial.

sistemas que utilizan algoritmos avanzados y análisis de datos para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como aprendizaje, resolución de problemas y toma de decisiones.

— IA explicable. Implementa métodos y enfoques para

aumentar la transparencia y la interpretabilidad de las entradas, las ponderaciones y el razonamiento de los algoritmos de aprendizaje automático, con el fin de generar confianza en ellos.

— Automatización para gobernanza, riesgo y

Cumplimiento normativo (GRC). Las herramientas de GRC son aplicaciones y plataformas de software diseñadas para ayudar a las organizaciones a gestionar y optimizar los procesos de gobernanza, gestión de riesgos y cumplimiento normativo.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan la confianza digital y la ciberseguridad incluyen las siguientes:

El equilibrio entre seguridad y usabilidad es un desafío constante.

Unas medidas de seguridad más sólidas pueden reducir la vulnerabilidad a los ataques, pero a menudo conllevan una mayor lentitud y menos usabilidad .

Sistemas amigables. Las preferencias de los consumidores y los patrones de adopción reales añaden otra capa de complejidad.

Actualmente , no existe un enfoque universal para la explicabilidad

que permita abrir la caja negra de los grandes modelos de IA y proporcionar explicaciones significativas de sus resultados. Las herramientas de explicabilidad deben adaptarse a contextos y datos específicos, pero los problemas de compatibilidad pueden interferir con los esfuerzos de actualización o migración de tecnologías, especialmente al integrarse con sistemas heredados, como los numerosos puntos fragmentados. Soluciones todavía en uso.

—Aunque la demanda de potencia informática

Sigue aumentando, y persisten las dudas empresariales sobre el creciente uso de datos que impulsa dicho crecimiento. A muchas empresas les preocupa que sus datos confidenciales se utilicen para la formación de LLM, lo que conlleva riesgos de fuga de datos y propiedad intelectual, lo que puede llevarlas a adoptar soluciones de formación interna más costosas. Para mitigar estos riesgos, los proveedores están asumiendo un compromiso más firme con la protección de datos, incluyendo diversas formas de indemnización por reclamaciones de propiedad intelectual.

Los recientes avances en tecnología cuántica han aumentado la

preocupación por los sistemas criptográficos que sustentan la seguridad en las redes blockchain. A medida que la computación cuántica avanza en un plazo incierto, representará una amenaza significativa para la integridad y la confidencialidad de los datos protegidos por los algoritmos criptográficos actuales.

— Regulación de la tecnología blockchain y

La tokenización está fragmentada entre jurisdicciones, lo que plantea desafíos de cumplimiento. La Unión Europea La Unión ha establecido marcos como:

La regulación de los mercados de criptoactivos es fundamental, pero otras regiones, incluido Estados Unidos, aún están desarrollando enfoques regulatorios.<sup>14</sup> La falta de estandarización global se extiende a las técnicas de arquitectura de confianza y las regulaciones de ciberseguridad, lo que requiere un monitoreo y adaptación constantes de las políticas de las empresas locales para garantizar el cumplimiento.<sup>15</sup> La naturaleza cambiante de estas regulaciones en las diferentes jurisdicciones requiere una vigilancia continua por parte de las empresas de blockchain y tokenización.

<sup>14</sup> "La UE se prepara para liderar el sector de las criptomonedas con la normativa MiCA de 2024", AInvest, 22 de junio de 2025.

<sup>15</sup> Tokenización de activos en los mercados financieros: la próxima generación de intercambio de valor, Foro Económico Mundial, 21 de mayo de 2025.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al avanzar en materia de confianza digital y ciberseguridad:

- ¿Qué se necesita para proteger el creciente número de dispositivos conectados, como el Internet de las Cosas y la tecnología operativa, en los hogares de los consumidores? ¿Qué marcos garantizarán la seguridad de los usuarios?  
¿Privacidad en un mundo hiperconectado?
- ¿Qué papel deberían desempeñar los gobiernos en  
¿Cómo mantener la confianza digital y la ciberseguridad?

— ¿En qué medida influirán los incentivos de seguros?

¿Decisiones empresariales para invertir en resiliencia cibernética y confianza digital?

— ¿Cómo se puede aprovechar la IA para ayudar a desarrollar mecanismos de seguridad avanzados que permitan anticiparse a las amenazas emergentes (geopolíticas, relacionadas con la IA, cuánticas)?

— ¿Cómo se verán afectados la evolución de las regulaciones y los cambios en

¿Las actitudes empresariales influyen en el ritmo y la escala de la tokenización basada en blockchain?



# Tecnologías cuánticas

Las tecnologías basadas en la cuántica aprovechan las propiedades únicas de la mecánica cuántica para ejecutar ciertos cálculos complejos exponencialmente más rápido que las computadoras clásicas, asegurar redes de comunicación y producir sensores con niveles de sensibilidad más altos que sus contrapartes clásicas.

## La tendencia y por qué es importante

Las tecnologías cuánticas representan un avance fundamental con respecto a la computación tradicional al aprovechar los principios únicos de la mecánica cuántica para resolver problemas complejos. Un pilar, la computación cuántica, tiene el potencial de permitir soluciones a problemas específicos que no son factibles con las computadoras clásicas, como la simulación de fenómenos cuánticos en química o el descifrado de técnicas de cifrado de uso común. El segundo pilar, la comunicación cuántica, podría desempeñar un papel crucial.

Papel clave para garantizar la seguridad de las comunicaciones.

La detección cuántica, el tercer pilar, mejora la sensibilidad, lo que permite una gama más amplia de capacidades para casos de uso específicos que los sensores convencionales.

Hasta el momento, 2025 ha sido un año lleno de acontecimientos para la computación cuántica, con importantes actores como Amazon Web Services (AWS), Google, IBM y Microsoft anunciando avances en chips y capacidades cuánticas. Desarrollos como el chip Willow de Google, el procesador Majorana 1 de Microsoft, Quantum Heron de IBM y Ocelot de AWS han abordado desafíos clave como la corrección de errores y la escalabilidad, marcando pasos importantes hacia sistemas cuánticos más prácticos. Si bien las aplicaciones prácticas de la computación cuántica aún no se han materializado, se están logrando avances significativos.

Estos avances reflejan el progreso continuo en este campo, ya que las empresas siguen explorando la vía de la investigación experimental a posibles aplicaciones en el mundo real. Las tecnologías cuánticas podrían tener un impacto económico en las industrias química, de ciencias de la vida, financiera y de movilidad.

Sin embargo, para aprovechar al máximo los beneficios transformadores de las tecnologías cuánticas, es necesario superar una serie de desafíos técnicos, quizás mediante la colaboración entre los sectores público y privado. Las empresas pueden posicionarse para capitalizar los avances futuros monitoreando los avances en tecnologías cuánticas e invirtiendo con inteligencia en función de su posible relevancia para los desafíos de sus industrias.

# Tecnologías cuánticas

## Puntuación de la tendencia

La visibilidad de las tecnologías cuánticas está aumentando a medida que los líderes de la industria anuncian avances en la investigación y el desarrollo cuánticos.

Inversión de capital, 2024

Ofertas de trabajo, 2023–24, % de diferencia

\$2 mil millones -15%

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)

1 — Rango mostrado  
0 —

○ 2020 ● 2024



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los avances recientes en tecnologías cuánticas se han centrado en superar barreras técnicas clave, como la corrección de errores y la escalabilidad.

Mientras tanto, la mayor competencia entre las principales compañías tecnológicas y las empresas emergentes, la expansión de los programas cuánticos globales y los primeros signos de comercialización son señales de un impulso creciente en todo el campo.

Los desarrollos recientes en tecnologías cuánticas incluyen lo siguiente:

- Las innovaciones han mejorado la corrección de errores y han permitido el escalamiento. La confiabilidad de los cúbits ha...

Se ha incrementado y se ha mejorado la mitigación de errores en tiempo real, contribuyendo a sistemas más robustos y tolerantes a fallos.

La computación cuántica se está convirtiendo rápidamente en un campo altamente competitivo. Los hiperescaladores, grandes empresas tecnológicas que ofrecen servicios de computación en la nube, están logrando avances notables en el lanzamiento de tecnologías, lo que marca una nueva era en la que los gigantes de la computación tradicional no solo participan, sino que también buscan activamente el liderazgo en la innovación en computación cuántica. Los actores más pequeños, incluidas las startups, se esfuerzan por diferenciarse centrándose en innovaciones más arriesgadas.

— Los centros de innovación para tecnologías cuánticas crecieron significativamente en 2025, lo que refleja el creciente interés en las tecnologías cuánticas y los marcos regulatorios relacionados. Treinta y cuatro países cuentan ahora con programas nacionales de cuántica, y las Naciones Unidas han declarado 2025 como el Año Internacional de la

Ciencia y Tecnología Cuánticas: un enfoque global para la innovación cuántica. A medida que el panorama cuántico evoluciona, los reguladores reconocen el importante papel que desempeñarán los estándares internacionales para complementar los marcos regulatorios e impulsar la innovación en tecnologías cuánticas.



La ventaja cuántica requiere un doble enfoque: innovación revolucionaria en el hardware y mayor innovación en la corrección de errores. Juntos, estos logros permitirán una computadora cuántica tolerante a fallos mucho antes de lo previsto.

— Henning Soller, socio, Fráncfort



En los últimos años, se han realizado importantes inversiones para abordar los desafíos técnicos cuánticos, pero ahora el impulso se está desplazando hacia el ámbito corporativo. Las organizaciones con visión de futuro están explorando cómo aprovechar el potencial cuántico para generar valor tangible con aplicaciones empresariales de gran impacto.

— Anna Heid, socia asociada, Zúrich

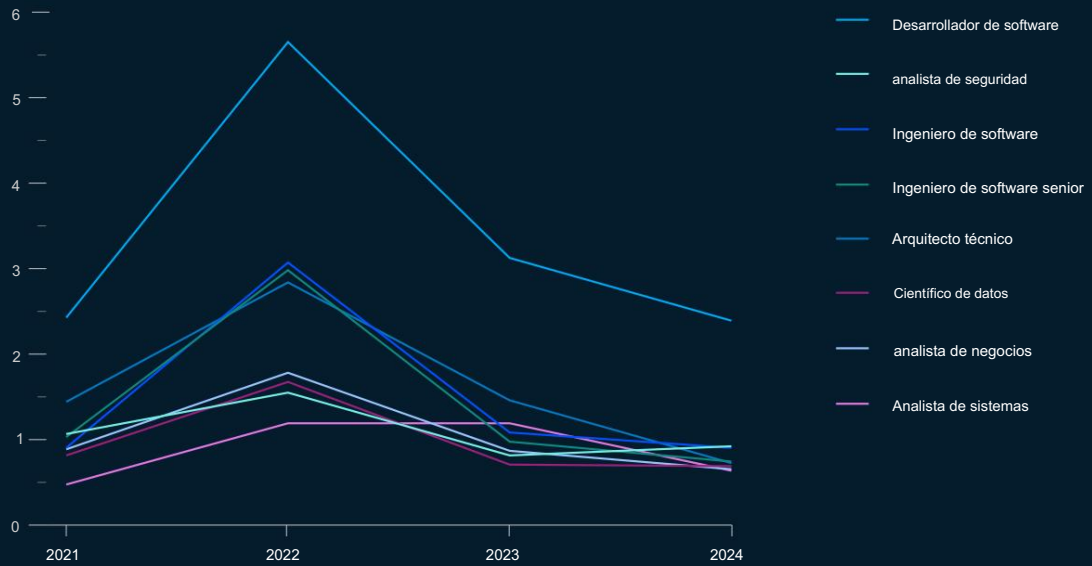
TALENTO Y MERCADO LABORAL

# Tecnologías cuánticas

## Demanda

Las ofertas de empleo en tecnología cuántica alcanzaron su punto máximo en 2022 en puestos clave como desarrolladores de software, ingenieros de software, ingenieros sénior de software y arquitectos técnicos, antes de descender de forma constante durante 2023 y 2024. Los analistas de seguridad y de sistemas mostraron fluctuaciones más moderadas, y las ofertas se estabilizaron en niveles más bajos para 2024. En general, los datos de talento indican que la actividad de contratación aumentó y luego se consolidó, con el desarrollo y la ingeniería de software liderando la demanda durante todo el período.

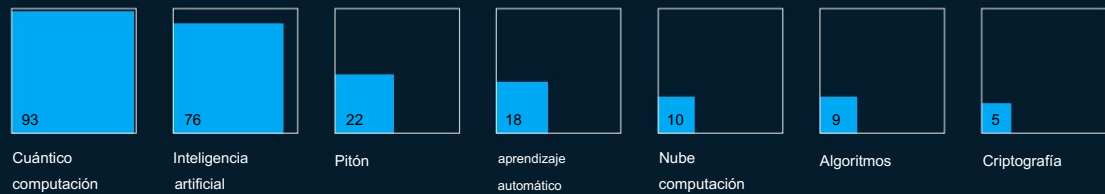
Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



## Disponibilidad de habilidades

El sector de la tecnología cuántica se enfrenta a una escasez significativa de competencias en computación cuántica e IA, requeridas en la mayoría de las ofertas de empleo. En cambio, existe una amplia disponibilidad de talento para computación en la nube, una competencia que solo se requiere en el 10 % de las ofertas de empleo.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



Avances en la adopción a nivel mundial. Puntuación de adopción: 1: Innovación de vanguardia. Esta tecnología aún es incipiente y pocas organizaciones invierten en ella o la aplican. Está, en gran medida, sin probar ni demostrar en el contexto empresarial.

El panorama de la tecnología cuántica evoluciona rápidamente, con empresas emergentes innovadoras y gigantes tecnológicos consolidados anunciando más inversiones y avances. A pesar de este impulso, los usuarios permanecen en la fase exploratoria, ejecutando pruebas de concepto y prototipos a pequeña escala para evaluar posibles aplicaciones y limitaciones. En particular, la computación cuántica aún se centra principalmente en la investigación y el desarrollo, y los sistemas en fase inicial se utilizan principalmente para pruebas y desarrollo de algoritmos. Las inversiones y el enfoque estratégico varían según la región, respaldados por iniciativas como la iniciativa insignia de tecnologías cuánticas de 1.000 millones de euros en Europa y la creciente inversión en lugares como los Emiratos Árabes Unidos.

## En la vida real

Algunos ejemplos reales de corrección de errores y escalamiento habilitado incluyen los siguientes:

Atom Computing alcanzó recientemente una fidelidad de puerta de dos cúbits del 99,6 %, la mayor fidelidad de cúbits de átomos neutros en un sistema comercial y un avance significativo en la capacidad de corrección de errores. La tecnología de la compañía puede combinarse con el sistema de virtualización de cúbits de Microsoft para detectar y corregir errores en tiempo real, no solo en el posprocesamiento. Sin embargo, las limitaciones actuales de la fidelidad de puerta de dos cúbits y la capacidad de corrección limitaron la capacidad computacional en la demostración. Por lo tanto, el escalado para ejecutar algoritmos más grandes y complejos requerirá mejoras adicionales.

— Rigetti Computing y Riverlane alcanzaron un hito importante en la corrección de errores cuánticos con su demostración de Corrección de errores de baja latencia y tiempo en el sistema Ankaa-2 de 84 cúbits de Rigetti. Su experimento...

marcó la primera demostración exitosa de Corrección de errores cuánticos de baja latencia, que permite la retroalimentación rápida esencial para la computación cuántica tolerante a fallas.

Algunos ejemplos del mundo real que involucran competencia y avances en escalamiento incluyen los siguientes:

— Google anunció Willow, su última Chip cuántico, que puede reducir errores exponencialmente al escalar añadiendo más cúbits. Reducir errores es un desafío clave en la computación cuántica. Willow también realizó un cálculo de referencia que le tomaría a una de las supercomputadoras más rápidas de la actualidad 10 septillones de años (mucho más tiempo que el universo) en tan solo cinco minutos. Sin embargo, este cálculo de referencia no tiene aplicaciones reales conocidas.

— Ocelot de AWS utiliza tecnología de "cat qubit", lo que acelera y reduce significativamente el hardware necesario para la corrección de errores cuánticos. El costo es un obstáculo importante para escalar la computación cuántica, y Ocelot podría reducir los costos hasta en un 90 %. AWS predice que Ocelot podría acelerar la llegada de la computación cuántica práctica en cinco años.

Microsoft presentó Majorana 1, el primer procesador cuántico del mundo impulsado por cúbits topológicos, que son más estables que otros cúbits, al menos en teoría. Microsoft afirma que Majorana 1 permitirá a las computadoras cuánticas resolver problemas significativos a escala industrial en años.

en lugar de décadas.<sup>6</sup>

Algunos ejemplos del mundo real que involucran centros cuánticos incluyen los siguientes:

IBM inauguró su primer centro de datos cuántico europeo en Ehningen, Alemania. Allí, procesadores avanzados como Eagle y Heron proporcionan potencia computacional cuántica. El centro busca fomentar la investigación y la innovación en toda Europa, ofreciendo acceso basado en la nube a recursos de computación cuántica y cumpliendo las regulaciones regionales de protección de datos.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> "Quantum Technologies Flagship", Comisión Europea, consultado el 31 de marzo de 2025; Mai Barakat, "Capacity Middle East 2025: Growth in data centers and AI", S&P Global, 12 de marzo de 2025.

<sup>2</sup> Blog de Microsoft Azure Quantum, «Microsoft y Atom Computing ofrecen una máquina cuántica comercial con la mayor cantidad de cúbits lógicos entrelazados registrada», entrada de blog de Krysta Svore, 19 de noviembre de 2024.

<sup>3</sup> Matt Swayne, "Una mirada más cercana al estudio de cúbits lógicos de Microsoft-Atom Computing", Quantum Insider, 23 de noviembre de 2024.

<sup>4</sup> Blog de Google, «Conoce a Willow, nuestro chip cuántico de última generación», entrada de Hartmut Neven, 9 de diciembre de 2024.

<sup>5</sup> "AWS presenta Ocelot, su primer chip de computación cuántica", Quantum Insider, 27 de febrero de 2025; "Amazon Web Services anuncia un nuevo chip de computación cuántica", Amazon, 27 de febrero de 2025.

<sup>6</sup> "El chip Majorana 1 de Microsoft abre un nuevo camino para la computación cuántica", Microsoft, 19 de febrero de 2025.

<sup>7</sup> "Se inaugura el primer centro de datos cuántico de IBM en Europa; incluirá los sistemas cuánticos de mayor rendimiento de IBM", IBM, 1 de octubre de 2024.

— Nvidia anunció que está construyendo un centro de investigación de computación cuántica, el Investigación cuántica acelerada de NVIDIA Centro (NVAQC), en Boston. Esta iniciativa busca impulsar la computación cuántica mediante la integración de hardware cuántico de vanguardia con supercomputadoras de IA, un concepto conocido como supercomputación cuántica acelerada. El NVAQC espera superar algunos de los desafíos más urgentes de la computación cuántica, como el ruido de cúbits y la transformación de procesadores cuánticos experimentales en dispositivos prácticos, así como desarrollar técnicas como la corrección de errores cuánticos y algoritmos cuánticos híbridos.

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías cuánticas abarcan lo siguiente:

- Computación cuántica. La computación cuántica es un paradigma computacional que aprovecha las leyes de la mecánica cuántica para mejorar significativamente el rendimiento de ciertas aplicaciones y abrir nuevos horizontes computacionales.
- Comunicación cuántica. Cuántico  
La comunicación es la transferencia segura de Información cuántica a través de distancias.
- Distribución de claves cuánticas (QKD). La QKD consiste en el uso de tecnología cuántica para compartir de forma segura una clave secreta compatible con algoritmos de cifrado clásicos.
- Detección cuántica. La detección cuántica utiliza una Nueva generación de sensores basados en sistemas cuánticos que proporcionan mediciones de diversas magnitudes, por ejemplo, campos electromagnéticos, gravedad y tiempo. Los sensores cuánticos pueden ser órdenes de magnitud más sensibles que... sensores clásicos.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan a las tecnologías cuánticas incluyen las siguientes:

- Los desafíos técnicos incluyen lograr la capacidad de gestionar una cantidad y calidad suficientes de qubits durante un período lo suficientemente largo como para obtener resultados computacionales significativos y, al mismo tiempo, sortear posibles barreras regulatorias, tecnológicas y financieras para la adopción que aún no son evidentes.

— Lograr la rentabilidad puede llevar tiempo.

La mayoría de los cálculos que realizan las empresas Las supercomputadoras tradicionales pueden realizar estas tareas con bastante éxito y a un coste mucho menor que las computadoras cuánticas. Una vez que se logre la ventaja cuántica, los costes podrían reducirse, pero actualmente no está claro qué componentes de computación cuántica resultarán más rentables.

— Los ecosistemas de computación cuántica son nacientes.

La innovación fuera de los centros cuánticos se ve obstaculizada por el conocimiento y la adopción limitados de las tecnologías cuánticas, los diferentes niveles de madurez y aplicabilidad de la tecnología para diferentes industrias, la necesidad de una mayor coordinación interdisciplinaria (por ejemplo, entre la academia y la industria) para llevar las tecnologías al mercado y el trabajo continuo entre las empresas cuánticas para encontrar y desarrollar talento en teoría cuántica, hardware y desarrollo de software.

— Los países líderes en tecnología cuántica podrían revolucionar

industrias como la farmacéutica, la logística y la ciberseguridad, ampliando potencialmente la brecha económica entre las naciones.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al avanzar con las tecnologías cuánticas:

- ¿Cuándo es probable que la tecnología cuántica alcance hitos importantes en la próxima década, incluida la corrección total de errores, la ventaja cuántica y la viabilidad de derrotar al cifrado RSA actual?
- ¿Cómo pueden las empresas prepararse ahora para la tecnología cuántica, en particular ante las amenazas de seguridad que plantea la computación cuántica?
- ¿Qué impacto tendrá la computación cuántica en ¿Finanzas descentralizadas?
- ¿La oferta de talento cuántico alcanzará a... ¿Demanda? ¿Cómo pueden los sectores público y privado contribuir a cubrir la falta de talento?
- ¿Cómo la dinámica geopolítica y los marcos regulatorios emergentes darán forma a la carrera global para desarrollar, comercializar y controlar las tecnologías cuánticas?

# Ingeniería de vanguardia





# El futuro de la robótica

El futuro de la robótica abarca el avance de la robótica capaz de realizar tareas de forma autónoma o semiautónoma, adaptándose a nuevas situaciones de la vida real con grados crecientes de autonomía y destreza, incluidos robots móviles autónomos y robots humanoides.

## La tendencia y por qué es importante

En las últimas seis décadas, los robots se han convertido en una presencia familiar en la fabricación avanzada.

Hoy en día, más de cuatro millones de robots industriales trabajan en entornos como plantas de automóviles. El interés por la robótica física, impulsado por los avances en IA, se disparó más allá de los entornos industriales en 2024. Un número creciente de empresas está desarrollando robots con diferentes formatos, desde brazos robóticos y cuadrúpedos hasta máquinas humanoides que navegan y operan en espacios físicos diseñados para humanos.

Los mismos tipos de modelos básicos de IA que permiten

Se están creando chatbots que se están entrenando para controlar robots y que respondan con flexibilidad en situaciones novedosas. La combinación de nuevos formatos y mayor flexibilidad...

Los sistemas de control podrían poner a trabajar más robots multipropósito o incluso de propósito general.

Los robots se diseñan e implementan cada vez más en entornos más allá de la fabricación, como aeropuertos, tiendas de gran formato y restaurantes. Si bien el número anual de robots industriales...

Se pronostica que las instalaciones crecerán en porcentajes de un solo dígito medio anualmente durante los próximos años, con la mitad de las nuevas instalaciones en China, el mercado de robots de servicio en áreas como logística, hospitalidad y agricultura ha estado creciendo mucho más rápido, del 20 al 35 por ciento anual.

Aunque el interés en los robots humanoides está creciendo, muchos no se parecen en nada a los humanos. Por ejemplo, los robots móviles autónomos (RAM) que transportan materiales dentro de un almacén se parecen más a una aspiradora doméstica robótica que a una persona. Cada vez se diseñan más robots para operar de forma segura junto con trabajadores humanos.

Conocidos como cobots, abreviatura de robots colaborativos, amplían el número de tareas y situaciones en las que se pueden implementar robots más allá de los entornos industriales, donde los muros de seguridad a menudo los separan de los trabajadores humanos.

A pesar de los avances significativos, persisten los desafíos.

Los robots humanoides sin ataduras están limitados

por la energía: un robot humanoide de última generación puede funcionar durante aproximadamente cuatro horas antes de necesitar recarga, lo que toma aproximadamente dos horas. Los robots humanoides también se caen: el equilibrio

necesario para mantenerse sobre dos pies es más difícil de lograr de lo

que uno podría esperar. Los dispositivos similares a manos a menudo son

Mucho más lento que las manos humanas cuando se trata de

Agarrar objetos y otros dispositivos, como ventosas, puede ser más

eficaz para ciertas tareas. Otras prioridades críticas que deben

abordarse son la capacitación de la fuerza laboral, la seguridad

física de los compañeros de trabajo y marcos sólidos de

ciberseguridad.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Perspectivas sobre el futuro de la robótica proporcionadas por el Centro de Robótica de Stanford.

INGENIERÍA DE VANGUARDIA

# El futuro de la robótica

## Puntuación de la tendencia

En comparación con otras tendencias, la robótica tiene una huella global más pequeña. No obstante, las métricas de interés e innovación en robótica aumentaron en dos dígitos entre 2023 y 2024. La atención mediática a los robots humanoides explica en parte este mayor interés, pero se están incorporando innovaciones tecnológicas reales a los robots, incluyendo su dotación con capacidades basadas en IA, como programación en lenguaje natural y detección avanzada. El mercado de robots también está en expansión, con su adopción en sectores emergentes como la agricultura y la salud, el desarrollo de cobots y una mayor implantación en la fabricación y la logística.

Inversión de capital, 2024

\$7 mil millones

Ofertas de trabajo, 2023-24, % de diferencia

-2%

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)

○ 2020 ● 2024

1 — Rango mostrado  
0 —



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los desarrollos recientes que involucran la robótica incluyen modelos básicos para la robótica y robots humanoides:

Un número cada vez mayor de desarrolladores de robots construyen "modelos básicos" para controlar robots en el mundo físico, la misma solución de IA que sustenta el progreso en el mundo virtual. Estos modelos son redes neuronales gigantes simuladas, entrenadas con inmensas cantidades de datos no estructurados variados para generar datos de salida no estructurados, por ejemplo, modelos de lenguaje grandes (LLM). En el contexto de la robótica,

El objetivo es que los modelos básicos generen comportamientos robóticos en lugar de lenguaje. Además, la industria espera que, al igual que los LLM, los modelos básicos para robots puedan generalizar a partir de sus datos de entrenamiento y generar respuestas adecuadas a una amplia gama de entradas, incluso aquellas para las que no fueron entrenados explícitamente.

— El volumen de datos de entrenamiento es un factor limitante para el uso de modelos fundamentales para controlar robots.

Los LLM se capacitan con todos los datos de idiomas disponibles en Internet, pero es necesario encontrar datos suficientes para capacitarse. Los modelos de base del robot muestran cómo moverse.

No es fácil. Los investigadores se están volviendo creativos al colaborar para recopilar datos más grandes del mundo real.

conjuntos de datos de entrenamiento, creación de mundos simulados, enseñar a los robots a ver videos y pagar a los trabajadores para que realicen tareas repetidamente mientras son grabados, entre otros esfuerzos.

—Varias empresas están desarrollando robots humanoides, que tienen formas vagamente humanas—

Dos brazos, dos piernas, un cuerpo y, a veces, una cabeza. La razón práctica para desarrollar robots con forma humana es desplegarlos en espacios físicos diseñados para seres humanos; después de todo, las piernas son más adecuadas que las ruedas para...

Subir escaleras. Estos robots están diseñados para aplicaciones flexibles, ya que pueden utilizarse para usos múltiples o incluso generales.

La robótica se ha expandido a más sectores, especialmente al sector servicios, incluyendo cobots que trabajan de forma segura junto a trabajadores humanos. Por ejemplo, los robots ahora trabajan en el sector de la restauración, preparando comida. El sector sanitario también ha expandido el uso de robots, utilizándolos para la entrega de artículos en hospitales.



Ha llegado el momento de la robótica impulsada por IA. Ante la escasez de mano de obra y el aumento de los costes de producción, esta tecnología pronto se convertirá en una dimensión de diferenciación competitiva y un tema de agenda para los directores ejecutivos. La oportunidad de mercado es enorme (hasta aproximadamente 900 mil millones de dólares para 2040), pero su adopción aún requiere abordar desafíos relacionados con el desarrollo de capacidades, el modelo operativo, la TI/OT [tecnología de la información/ [tecnología operativa] infraestructura y un manual para la automatización a escala.'

—Ani Kelkar, socio, Boston

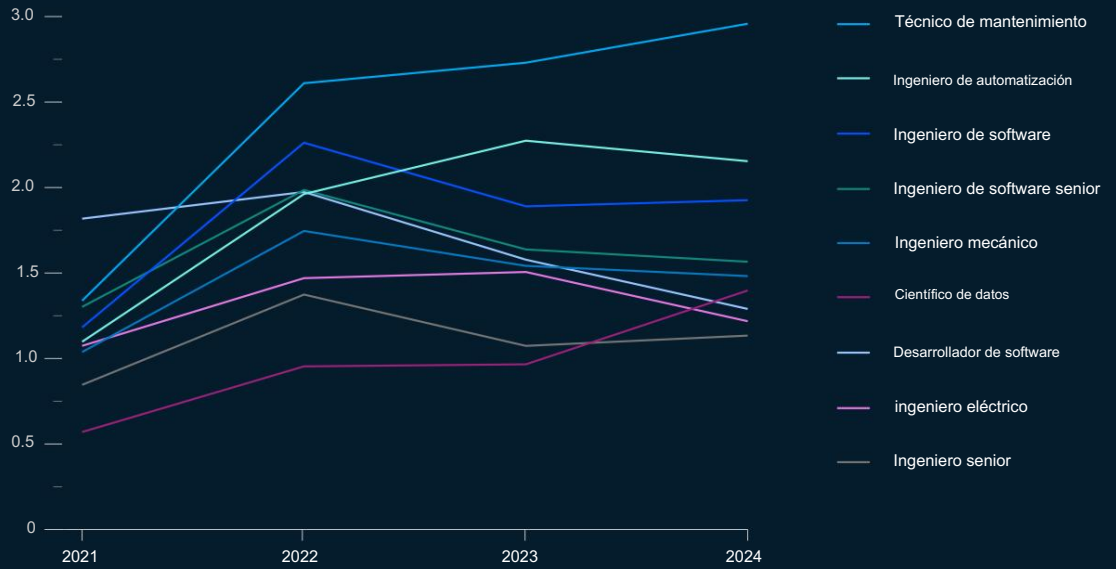
TALENTO Y MERCADO LABORAL

## El futuro de la robótica

### Demanda

Aunque el número de empleos en robótica sigue siendo pequeño en comparación con otros sectores, la demanda aumentó en casi todos los puestos de trabajo entre 2021 y 2024. Puestos como técnico de mantenimiento, científico de datos e ingeniero de automatización tuvieron un crecimiento especialmente fuerte, lo que refleja las mayores necesidades de automatización en la fabricación, la logística y la atención médica que requieren técnicos calificados; la integración de sistemas de IA que exigen más científicos de datos para desarrollar modelos de aprendizaje automático (ML) para la toma de decisiones robótica; y la adopción de tecnologías que requieren que los ingenieros de automatización implementen robots y sistemas conectados a la Internet de las cosas.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



### Disponibilidad de habilidades

A medida que la robótica incorpora cada vez más sistemas impulsados por IA, crece la demanda de expertos en aprendizaje automático, IA, automatización y visión artificial. Sin embargo, la reserva de talento sigue siendo limitada. Las empresas deberán cubrir estas carencias de habilidades para aprovechar al máximo el potencial transformador de las tecnologías robóticas.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



Avances en la adopción a nivel mundial. Puntuación

de adopción: 2—

Experimentación. Las organizaciones están probando la funcionalidad y viabilidad de la tecnología mediante prototipos a pequeña escala, generalmente sin centrarse en el retorno de la inversión (ROI) a corto plazo. Pocas empresas, fuera del sector manufacturero y del comercio electrónico, están escalando o han escalado completamente la tecnología.

Si bien la adopción varía según las tecnologías robóticas, hay varias iniciativas piloto en marcha en almacenes, fabricación y casos de uso de propósito general.

## En la vida real

Algunos ejemplos del mundo real que implican el uso de modelos de base en robótica incluyen los siguientes:

- Covariant presentó RFM-1, un programa de robótica
  - Modelo fundamental que proporciona a los robots un razonamiento similar al humano. Este modelo ayuda a los robots a comprender cómo se mueven e interactúan los objetos en el mundo real, a seguir instrucciones basadas en el lenguaje y a reflexionar sobre sus propias acciones.<sup>2</sup>
- Figure AI presentó Helix, un modelo de visión-lenguaje-acción (VLA) que permite a los robots humanoides realizar tareas complejas, como guardar la compra. Según Figure AI, Helix supone un avance hacia aplicaciones robóticas adaptables y realistas, que permiten el reconocimiento dinámico de objetos y la colaboración sin necesidad de entrenamiento previo.<sup>3</sup>

Algunos ejemplos del mundo real que implican el desarrollo de robots humanoides incluyen los siguientes:

- Boston Dynamics presentó Electric Atlas, un robot humanoide totalmente eléctrico con mayor fuerza y rango de movimiento, capaz de manipular objetos pesados en entornos industriales. Hyundai planea implementar Electric Atlas en la fabricación de automóviles como cobot .
- Optimus de Tesla es un robot humanoide diseñado para tareas generales en entornos industriales y domésticos. Con un metro y medio de altura,

Con 20 centímetros de alto y 57 kilos de peso, Optimus está equipado con IA avanzada y 22 grados de libertad en sus manos. La compañía prevé implementar Optimus en diversos sectores, como la manufactura, la atención médica y los servicios para el hogar.

- GXO Logistics tiene un acuerdo plurianual con Agility Robotics para implementar el robot humanoide Digit en sus instalaciones, el primer acuerdo de este tipo en la industria. Digit automatizará tareas como el movimiento de contenedores y la gestión de la paletización, lo que puede mejorar la eficiencia y la seguridad operativas. Digit ha tenido un desempeño exitoso en un programa piloto de GXO, maximizando la capacidad y satisfaciendo la demanda en sectores como la manufactura, la logística de terceros, el comercio minorista y... comercio electrónico.<sup>6</sup>

Algunos ejemplos del mundo real que implican aplicaciones industriales ampliadas de la robótica incluyen los siguientes:

- Amazon ha implementado cobots impulsados por IA en sus almacenes para automatizar las tareas de picking y colocación, así como de paletización, lo que mejora significativamente el rendimiento y la precisión. Estos robots pueden manipular una amplia gama de artículos, aprovechando sensores de fuerza y sistemas de visión basados en IA. Esta combinación les permite recoger y colocar objetos con destreza y sensibilidad táctil.
- BotBob se lanzó en octubre de 2023.
  - La cocina robótica avanzada de KFoodtech
    - Una solución que aborda la escasez de mano de obra y los costos operativos en restaurantes. BotBob puede cocinar hasta seis porciones de estofado tradicional coreano en tan solo 3,5 minutos, lo que mejora la eficiencia y reduce los tiempos de espera.
- Los robots de Tortuga AgTech pueden identificar y recolectar fruta madura con un 98 % de precisión, requiriendo solo un supervisor humano. Estos robots solucionan la escasez de mano de obra y reducen los daños a los cultivos durante la cosecha .

<sup>2</sup> Andrew Sohn et al., "Presentamos RFM-1: Otorgando a los robots capacidades de razonamiento similares a las humanas", Covariant, 11 de marzo de 2024.

<sup>3</sup> "Helix: Un modelo de visión-lenguaje-acción para el control generalista de humanoides", Figure, 20 de febrero de 2025.

<sup>4</sup> "Una nueva era eléctrica para Atlas", Boston Dynamics, 13 de abril de 2024.

<sup>5</sup> Niamh Ancell, «La nueva mejora de mano de Optimus incluye 22 grados de libertad: ¿Qué significa?», Cybernews, 29 de noviembre de 2024; Jijo Malayil, «Mira: El robot Tesla Optimus atrapa pelotas de tenis a alta velocidad con la nueva mejora de mano», Interesting Engineering, 29 de noviembre de 2024.

<sup>6</sup> "GXO firma el primer acuerdo plurianual de la industria", comunicado de prensa de GXO Logistics, 27 de junio de 2024.

<sup>7</sup> "Cómo los cobots impulsados por IA transforman la industria logística", Techman Robot, consultado el 26 de marzo de 2025; Dominic Preston, "Amazon desarrolla un robot que 'siente' el tacto, al igual que sus trabajadores humanos", Verge, 7 de mayo de 2025.

<sup>8</sup> Daehyun Song, "KFoodtech Inc. presenta BotBob, una solución de cocina robótica de última generación para la industria de la restauración", KoreaTechDesk, 13 de septiembre de 2023.

<sup>9</sup> Jennifer Straley, "Oishii adquiere la empresa de robótica Tortuga AgTech y amplía sus capacidades de cosecha", Packer, 24 de marzo de 2025.

- La tecnología háptica avanzada de Sanctuary AI es táctil. Los sensores10 y Digit 360 de Meta AI11 mejoraron la destreza robótica para facilitar tareas como la recolección a ciegas y la detección de deslizamientos. Digit 360 puede detectar detalles espaciales de hasta siete micras y fuerzas de hasta un milinewton, lo que sienta las bases para aplicaciones robóticas más versátiles y sensibles en diversas industrias.

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías que impulsan la robótica incluyen las siguientes:

- IA y ML avanzados. Estos sofisticados algoritmos y modelos permiten que los robots aprendan, se adapten y tomen decisiones complejas basadas en datos y experiencia.
- Sistemas de sensores y visión. Las tecnologías de detección y visión robóticas son combinaciones de hardware y software que permiten a los robots percibir e interpretar su entorno, lo que facilita tareas como el reconocimiento de objetos y la navegación.
- Actuadores avanzados y control de movimiento. Estos componentes y sistemas que controlan con precisión los movimientos del robot, lo que permite interacciones físicas complejas y precisas.
- Colaboración entre humanos y robots. Colaborativa Las tecnologías permiten que los robots trabajen de forma segura y eficaz junto a los humanos, mejorando la productividad en diversas industrias.
- Robótica como servicio (RaaS). RaaS es un modelo de negocio que proporciona soluciones robóticas mediante suscripción o pago por uso, aumentando el acceso a la robótica avanzada para más empresas.
- Navegación autónoma y toma de decisiones. Estas capacidades permiten a los robots moverse y operar de forma independiente en diversos entornos y tomar decisiones en tiempo real. en función de su entorno.
- Detección táctil. Las tecnologías de detección permiten a los robots detectar y responder al contacto físico, mejorando así su capacidad para manipular objetos. e interactuar con su entorno.
- Baterías diseñadas específicamente para este fin. Estas baterías son Fuentes de energía especializadas diseñadas para satisfacer las necesidades

requisitos energéticos específicos y demandas operativas de los sistemas robóticos.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan al futuro de la robótica incluyen las siguientes:

- Incertidumbres sobre el riesgo y la confianza El marco para la robótica surge a medida que se integra en nuestra fuerza laboral, más allá de los casos de uso tradicionales de fabricación. Por ejemplo, podría ser necesario redefinir los protocolos de responsabilidad y seguridad para robots autónomos, ya que los marcos existentes tienen dificultades para abordar la toma de decisiones basada en IA. Establecer estándares internacionales para la seguridad en la colaboración entre humanos y robots sigue siendo un desafío importante.
- La fascinación, el miedo y la incertidumbre El entorno de los robots humanoides ha suscitado la preocupación de que puedan evolucionar para igualar e incluso superar las capacidades de ciertos empleados. A medida que los robots asumen tareas más complejas, la naturaleza del trabajo humano evoluciona. Por ejemplo, los robots autónomos se utilizan cada vez más para tareas como el servicio de habitaciones y la limpieza en hostelería. Si bien estos sistemas mejoran la eficiencia, también generan temores públicos sobre la pérdida de puestos de trabajo.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al avanzar con la robótica:

- ¿Cuándo tiene sentido estratégico y financiero? ¿Adaptar la robótica a entornos industriales ya existentes o empezar desde cero?
- ¿Qué industrias o sectores de servicios sin explotar están preparados para un gran avance en la implementación de la robótica?
- ¿Dónde crean valor real los robots y dónde? ¿Se interponen en el camino?
- ¿Qué nuevos desafíos éticos y regulatorios? ¿Qué surgirá con el rápido avance de la IA en la robótica?
- ¿Qué se necesita para desarrollar relaciones con los empleados y los clientes? ¿Confiar en la robótica?

<sup>10</sup> "Los nuevos sensores táctiles de Sanctuary AI permiten una mayor percepción del tacto", comunicado de prensa de Sanctuary AI, 19 de diciembre de 2024.

<sup>11</sup> Chris McKay, "Meta está desarrollando una mano robótica que puede tocar y sentir", Maginative, 31 de octubre de 2024.

10

## El futuro de la movilidad

Las tecnologías de movilidad incluyen vehículos autónomos, vehículos eléctricos, drones, soluciones de movilidad aérea urbana, como aviones eléctricos de despegue y aterrizaje vertical, y micromovilidad, como patinetes y bicicletas eléctricas, que tienen como objetivo mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de los sistemas de transporte.

### La tendencia y por qué es importante

El futuro de la movilidad en 2025 evoluciona rápidamente, impulsado por los avances tecnológicos y las crecientes demandas de sostenibilidad en vehículos autónomos (VA), vehículos eléctricos (VE), drones, viajes aéreos y micromovilidad. La integración de IA, sensores avanzados y conectividad está mejorando la seguridad y la eficiencia de los vehículos, mientras que los modelos de movilidad compartida están transformando el transporte urbano. Estos avances podrían revolucionar el transporte, la planificación urbana, los sistemas energéticos y la calidad de vida en general a nivel mundial, con posibles impactos económicos mediante la creación de nuevos mercados y oportunidades laborales.

Sin embargo, persisten desafíos en los marcos regulatorios, el desarrollo de infraestructura y la aceptación pública. A medida que estas tecnologías maduran, prometen cambios transformadores, pero los innovadores aún deben abordar cuestiones tecnológicas, regulatorias y de confianza del consumidor. Por ejemplo, la normativa europea sobre baterías ha establecido estándares más estrictos para el diseño, la producción y la gestión al final de su vida útil, lo que refleja el creciente énfasis en la sostenibilidad en el sector de la movilidad.



Nos encontramos en un punto en el que varias tecnologías innovadoras están a punto de escalar, incluyendo, por ejemplo, las aplicaciones para vehículos autónomos y la química de las baterías de última generación. El siguiente paso crucial será pasar del desarrollo de la tecnología a la creación de nuevos ecosistemas.

—Andreas Breiter, socio, Área de la Bahía

<sup>1</sup> "El futuro de la movilidad", TÜV SÜD, consultado el 31 de marzo de 2025.

# El futuro de la movilidad

## Puntuación de la tendencia

A pesar de la continua disminución de la inversión de capital, las métricas de innovación en movilidad, incluyendo patentes y publicaciones de investigación, siguen aumentando, en consonancia con las tendencias generales del sector tecnológico. El interés general en la movilidad aumentó un 6 % entre 2023 y 2024, lo que refleja los avances en sistemas autónomos impulsados por IA y la expansión de la infraestructura de vehículos eléctricos.

Inversión de capital, 2024

Ofertas de trabajo, 2023-24, % de diferencia

**\$131.6** mil millones +6%

## Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)

○ 2020 ● 2024



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los desarrollos recientes relacionados con el futuro de la movilidad incluyen lo siguiente:

— El crecimiento de las ventas de vehículos eléctricos ha sido desigual

A nivel mundial, el crecimiento de las ventas de vehículos eléctricos en Estados Unidos se desaceleró en 2024 a poco más del 7 %, una marcada disminución con respecto al crecimiento de casi el 33 % observado entre 2022 y 2023. Los altos costos de producción y la inminente eliminación de los créditos fiscales en 2025 en Estados Unidos,

contribuyó a reducir la demanda.<sup>2</sup> Por el contrario,

Las ventas de vehículos eléctricos en China aumentaron casi un 36 por ciento, impulsadas por una fuerte demanda de los consumidores, la expansión de la infraestructura de carga y los incentivos gubernamentales.<sup>3</sup> En Europa, el costo promedio de los vehículos eléctricos a batería (VEB) ha caído a alrededor de 44.000 dólares, superando a los vehículos a gasolina comparables que cuestan 45.000 dólares en promedio.<sup>4</sup> Los fabricantes de automóviles planean lanzar modelos de vehículos eléctricos más asequibles a nivel mundial, aunque las mejoras en la asequibilidad siguen siendo más lentas en los Estados Unidos, lo que dificulta su adopción generalizada.

<sup>2</sup> Dan Grossman, "Las ventas de vehículos eléctricos se desaceleran en EE. UU.: ¿Qué hay detrás de la caída?", Scripps News, 25 de febrero de 2025.

<sup>3</sup> Chris Randall, "China alcanza los 12,9 millones de ventas de vehículos de nueva energía en 2024", Electrive, 23 de abril de 2025.

<sup>4</sup> Jake Lingeman, "Los expertos predicen un cambio importante en el mercado automovilístico estadounidense en 2025", Newsweek, 18 de febrero de 2025.

— Los vehículos autónomos están avanzando, pero aún enfrentan obstáculos.

Los vehículos autónomos compartidos ya operan en varias ciudades, como Los Ángeles, Phoenix y San Francisco. El plazo de adopción se ha retrasado, en promedio, entre dos y tres años en todos los niveles de autonomía con respecto a las predicciones anteriores, debido a los obstáculos técnicos persistentes, los altos costos operativos y el escepticismo público. Se espera que los costos unitarios disminuyan significativamente para 2035, a medida que las empresas logren una mayor utilización de los vehículos, implementen mejoras operativas y reduzcan las necesidades de I+D. Sin embargo, alrededor del 50 % de los encuestados cree que la seguridad sigue siendo uno de los principales obstáculos para la adopción generalizada de los vehículos autónomos.<sup>5</sup> No obstante, los líderes de la industria deben seguir colaborando con los organismos reguladores y establecer marcos estándar para la implementación continua.

mejoras en la seguridad, accesibilidad y asequibilidad de los sistemas de conducción autónoma.

— Los drones continúan ampliando su papel en

Operaciones comerciales. Se espera que los servicios de reparto con drones alcancen los 29 000 millones de dólares para 2034, con una tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC) del 40 %. El interés de los consumidores sigue siendo alto, especialmente por la comodidad que ofrece el reparto con drones, aunque la seguridad y la privacidad siguen siendo motivo de preocupación. Las empresas están personalizando los drones para satisfacer necesidades específicas de reparto e integrándolos con vehículos autónomos para ofrecer soluciones de reparto de última milla sin interrupciones. Además, los drones submarinos han cobrado relevancia en misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento en entornos marítimos, mostrando una mayor autonomía para la recopilación de inteligencia en tiempo real.

— La industria de aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje verticales (eVTOL) está avanzando hacia la certificación regulatoria para transportar pasajeros que pagan, lo que marca un paso crítico hacia

Movilidad aérea urbana comercial. Múltiples fabricantes están avanzando en las etapas de certificación con las autoridades aeronáuticas a nivel mundial, mientras que los reguladores trabajan para armonizar los estándares de seguridad y las directrices operativas. Si bien persisten los desafíos de infraestructura e integración del tráfico aéreo, el sector está listo para iniciar operaciones limitadas de transporte comercial de pasajeros el próximo año, lo que indica un cambio transformador en el transporte urbano de corta distancia.

—La micromovilidad está demostrando resiliencia después de

Problemas previos de sobreoferta. La introducción de nuevos productos como los microvehículos eléctricos y la disminución de los costos de las bicicletas eléctricas han impulsado una renovada demanda. Grandes empresas, como las de patinetes eléctricos Bird y Lime, han consolidado sus posiciones mediante adquisiciones y alianzas, a medida que las ciudades integran cada vez más opciones de micromovilidad en los sistemas de transporte público. Los dispositivos personales de movilidad eléctrica, como los patinetes y las bicicletas eléctricas, están ganando aceptación a nivel mundial, y las adaptaciones de infraestructura en muchas ciudades impulsan su crecimiento. En Asia y Europa, los vehículos de dos ruedas se electrifican cada vez más como respuesta a las preocupaciones ambientales y a las políticas de apoyo.

Las tecnologías innovadoras están impulsando la movilidad acuática y la electrificación. Se están desarrollando sistemas de barcas autónomas equipadas con grúas avanzadas para optimizar los procesos de carga y descarga en los puertos, con el objetivo de reducir los tiempos de manipulación y mejorar la eficiencia.<sup>7</sup> Además, la tecnología de hidroplanos controlados por computadora ha comenzado a elevar los buques por encima de la superficie del agua, lo que reduce significativamente la resistencia aerodinámica y el consumo de energía.

<sup>5</sup> "Subirse a bordo de la movilidad autónoma compartida", McKinsey, 3 de enero de 2025.

<sup>6</sup> "El mercado de drones de reparto registrará una tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC) del 40,3 % entre 2025 y 2034, alcanzando los 29 417,91 millones de dólares en 2034: Informe de Polaris Market Research", GlobeNewswire, 18 de diciembre de 2024; "Cuota de mercado, tamaño, tendencias y análisis del sector de los drones de reparto, 2024-2032", Polaris Market Research, diciembre de 2024.

<sup>7</sup> Waseem Al Rousan, "Puertos inteligentes: Optimización de las operaciones con IA y automatización", Datahub Analytics, 8 de octubre de 2024.

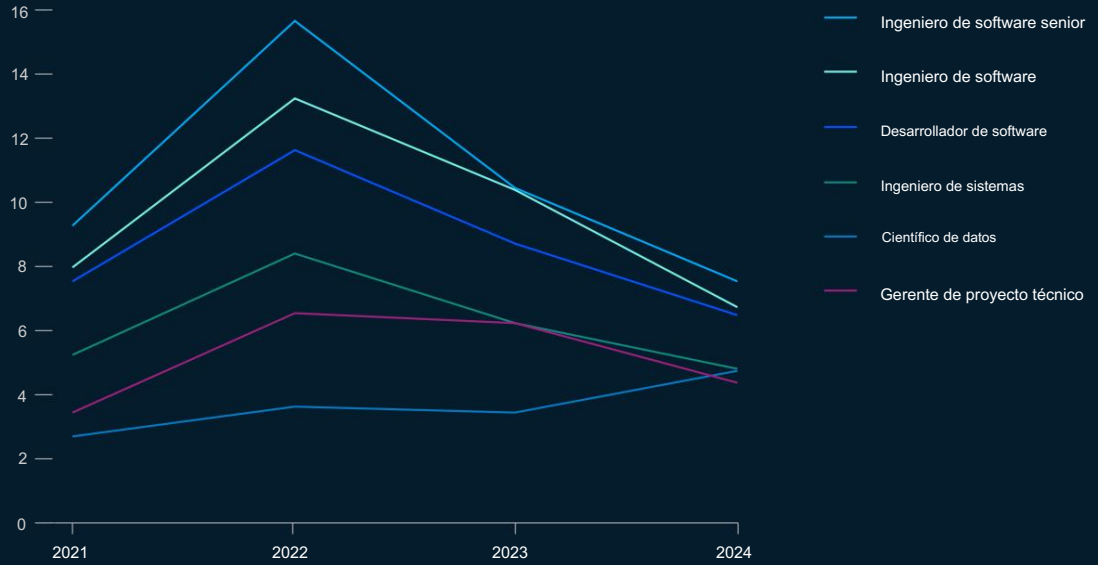
TALENTO Y MERCADO LABORAL

## El futuro de la movilidad

### Demanda

Los puestos de software alcanzaron su máximo en 2022, antes de declinar recientemente, posiblemente relacionado, en parte, con la optimización del proceso de codificación de sistemas autónomos por parte de la IA. Las ofertas de empleo para científicos de datos han aumentado de forma constante, lo que refleja la creciente demanda de análisis de baterías y logística impulsada por IA. La transición del sector hacia soluciones de movilidad centradas en datos y flujos de trabajo mejorados con IA subraya un cambio más amplio respecto a los puestos de software tradicionales, ya que la industria prioriza la sostenibilidad y la autonomía.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



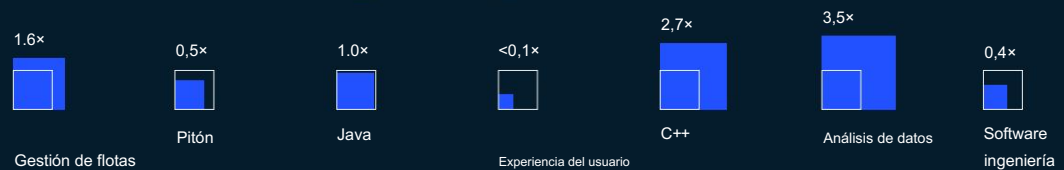
### Disponibilidad de habilidades

A pesar de la disminución de las vacantes en ingeniería de software, el sector de la movilidad enfrenta déficits en habilidades de ingeniería de software y Python, y el talento en experiencia de usuario sigue siendo muy escaso. Las habilidades en gestión de flotas y C++ presentan excedentes, y existe un exceso de talento en análisis de datos.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda





Los ejecutivos e inversores confían plenamente en que el volumen de inversión en empresas de movilidad en 2025 será mayor que en los últimos años. Las valoraciones no necesariamente aumentarán al mismo tiempo, pero cada vez más inversores están entusiasmados con las oportunidades que existen. Este renovado optimismo se puede explicar en parte por las noticias más positivas que surgen del ámbito de la movilidad.

—Kersten Heineke, socio, Fráncfort

Avances en la adopción a nivel mundial. Puntuación de adopción: 3

— Prueba piloto. Las organizaciones están implementando la tecnología en los primeros casos de uso empresarial, mediante proyectos piloto o una implementación limitada, para evaluar su viabilidad y eficacia.

A pesar de algunas fluctuaciones regionales en la demanda, el mercado global se mantiene sólido, impulsado por las iniciativas de sostenibilidad y los avances tecnológicos. Sin embargo, algunas zonas del mundo se quedan atrás en la innovación y la adopción de la movilidad. Por ejemplo, África ha adoptado lentamente los vehículos eléctricos, ya que sus países tienen dificultades para acceder a la electricidad de forma fiable y continua. Oriente Medio también ha adoptado la tecnología con mayor lentitud debido al bajo coste del combustible en la región.

### En la vida real

Algunos ejemplos del mundo real que implican avances en vehículos autónomos incluyen los siguientes:

— Waymo expandió su servicio de transporte totalmente autónomo a Los Ángeles y Austin, Texas, en 2024, pasando de 12.000 viajes en agosto de 2023 a 312.000 un año después.<sup>8</sup>

La compañía está explorando la expansión global y planea ingresar al mercado japonés en 2025, ofreciendo viajes en el complejo de Tokio. entorno urbano.<sup>9</sup>

En diciembre de 2024, Kodiak Robotics lanzó sus primeras operaciones comerciales sin conductor en el oeste de Texas, en colaboración con Atlas Energy Solutions. Camiones robot equipados con el sistema de conducción autónoma patentado de Kodiak, el Kodiak Driver, se utilizaron en caminos privados de la Cuenca Pérmica. Estos camiones transportaron de forma autónoma arena de fracturación hidráulica para Atlas, entregando 100 cargas a principios de 2025. Esta operación demostró la capacidad de los vehículos autónomos para sortear condiciones adversas como calor y polvo extremos. tormentas manteniendo la seguridad y la eficiencia.<sup>10</sup>

El siguiente es un ejemplo real del papel cada vez más importante de los drones en las operaciones comerciales:

— Varias empresas están impulsando activamente programas piloto para entregas comerciales con drones en 2025. Amazon Prime Air ha reanudado el servicio de entregas con drones. Entregas en algunos mercados estadounidenses, y Walmart está expandiendo sus servicios de entrega con drones mediante alianzas con proveedores como Wing y Zipline. Otras empresas también están ampliando sus operaciones de entrega autónoma, gracias al aumento de las aprobaciones de la Administración Federal de Aviación (FAA) y la creciente demanda de una logística más rápida y sin contacto.

El siguiente es un ejemplo del mundo real que involucra a la industria eVTOL:

<sup>8</sup> Yiyen Lu, "Waymo ha tenido un aumento silencioso, pero enorme, en el número de pasajeros", Sherwood News, 4 de noviembre de 2024.

<sup>9</sup> Sharon Feldman, "Lo que sabemos sobre los planes de expansión de Waymo para 2025", Ars Technica, 27 de febrero de 2025.

<sup>10</sup> Kodiak entrega los primeros camiones robot autónomos propiedad del cliente a Atlas Energy Solutions y completa 100 cargas de soporte con el primer servicio de semirremolque comercial sin conductor de la historia. Businesswire, 24 de enero de 2025.

Los actores de la movilidad aérea urbana avanzan a paso firme hacia la comercialización. El taxi aéreo Midnight de Archer Aviation, diseñado para el transporte urbano de corta distancia, se prepara para su lanzamiento comercial en su primer mercado.<sup>11</sup>

Joby Aviation ha avanzado hacia la certificación de la FAA y pretende iniciar operaciones pronto.<sup>12</sup>

El siguiente es un ejemplo real de micromovilidad:

En 2024, Lime se expandió a más de 20 nuevas ciudades a nivel mundial, incluyendo Tokio y Atenas (Grecia). La compañía también superó los 750 millones de viajes en su vida, un cambio notable hacia opciones de transporte urbano más sostenibles.

La expansión de Lime refleja el creciente interés en las soluciones de micromovilidad a medida que las ciudades exploran formas de reducir la congestión y las emisiones.<sup>13</sup>

El siguiente es un ejemplo real de tecnologías innovadoras de movilidad acuática:

— Lanzado en 2024, el Candela P-12 Nova es

El primer hidroplano eléctrico del mundo. Candela afirma que Nova reduce el consumo de energía en un 80 % en comparación con los buques convencionales al reducir la fricción en el agua. Alimentado por electricidad renovable, Nova emite un ruido mínimo y no genera estela, lo que permite operar a alta velocidad dentro de los límites urbanos.<sup>14</sup>

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías que impulsan el futuro de la movilidad incluyen las siguientes:

— Tecnologías autónomas. Los sistemas avanzados de fusión de sensores, los procesadores de IA de borde y las arquitecturas a prueba de fallos permiten que los vehículos perciban su entorno, tomen decisiones y operen de forma segura sin intervención humana.

— Tecnologías de vehículos conectados. Las comunicaciones 5G de vehículo a todo (V2X), los protocolos de ciberseguridad robustos y las capacidades de actualización por aire permiten que los vehículos interactúen con la infraestructura, otros vehículos y redes para mejorar la seguridad, la eficiencia y la experiencia del usuario.

— Tecnologías de electrificación. Estado sólido

Las baterías, los sistemas de carga bidireccional y las pilas de combustible de hidrógeno pueden mejorar los sistemas de propulsión de los vehículos ampliando la autonomía, reduciendo los tiempos de carga y permitiendo la integración con redes inteligentes.

— Soluciones de movilidad compartida. Movilidad como...

Las plataformas de servicios y los algoritmos de reequilibrio dinámico de flotas optimizan el uso de vehículos compartidos, reduciendo la congestión y las emisiones y mejorando la movilidad urbana.

— Innovación en materiales. Compuestos de origen biológico.

Los materiales de batería resistentes al fuego y los aerogeles reciclables están mejorando el rendimiento, la seguridad y la sostenibilidad del vehículo a través de componentes livianos, duraderos y respetuosos con el medio ambiente.

— Descarbonización de la cadena de valor. Metanol verde.

El transporte marítimo, las cadenas de suministro circulares y la captura de carbono en los procesos de fabricación están reduciendo el impacto ambiental de la producción y la logística de vehículos.

— Arquitecturas de vehículos definidas por software.

Las plataformas informáticas centralizadas permiten actualizaciones de hardware modulares y mejoras de software continuas, mejorando la funcionalidad y la longevidad del vehículo.

— Tecnologías de gemelo digital. Simulaciones basadas en IA para predecir las necesidades de mantenimiento y optimizar las operaciones de la flota mejoran la eficiencia y reducen el tiempo de inactividad en los ecosistemas de movilidad.

— Sistemas avanzados de gestión de baterías. IA

Los algoritmos optimizan los ciclos de carga y extienden la vida útil de la batería, mejorando la viabilidad y el rendimiento a largo plazo de los vehículos eléctricos.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan al futuro de la movilidad incluyen las siguientes:

— Expansión del suministro energético mundial. En 2025,

Se espera que la demanda mundial de litio supere la oferta, lo que refleja el aumento en la producción de vehículos eléctricos.<sup>15</sup>

Si el mercado de vehículos eléctricos continúa creciendo, se producirán importantes...

<sup>11</sup> Joe Macey, «Archer revela el programa Launch Edition para Midnight eVTOL en Abu Dabi», Advanced Air Mobility, 5 de marzo de 2025; Hanneke Weitering, «Abu Dhabi Aviation será el primer operador de aeronaves Archer eVTOL en los EAU», AINonline.com, 28 de febrero de 2025.

<sup>12</sup> "Joby informa un progreso récord en la certificación y la entrega de una segunda aeronave a la Fuerza Aérea de EE. UU. en la Base Aérea Edwards", Joby Aviation, 26 de febrero de 2025.

<sup>13</sup> "Lime registra ingresos y rentabilidad récord, con un flujo de caja libre positivo en 2024", Business Wire, 18 de febrero de 2025.

<sup>14</sup> "El primer ferry hidroaléctrico del mundo despega en Estocolmo", comunicado de prensa de Candela, 29 de octubre de 2024.

<sup>15</sup> "Afrontando el desafío de la escasez de suministro de litio en 2025", Fastmarkets, 6 de febrero de 2025.

Se necesitarán inversiones en capacidad de fabricación de baterías.

Preocupaciones sobre seguridad y rendición de cuentas. A medida que la tecnología de vehículos autónomos avanza, la seguridad sigue siendo una prioridad absoluta para los líderes de la industria y las empresas innovadoras. Por ejemplo, la escala y la visibilidad pública del sector de los camiones autónomos dependen de rigurosas medidas de protección. La empresa de transporte de mercancías autónoma Aurora planea implementar camiones sin conductor en Texas en 2025, lo que subraya la necesidad de normas de seguridad sólidas y medidas para fomentar la confianza pública.

— Costos de equipos e infraestructura.

Los costos de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos varían considerablemente, desde \$2,000 para cargadores básicos de Nivel 1 hasta más de \$100,000 para estaciones de carga rápida de corriente continua. Los gastos de instalación suelen superar los costos del equipo, lo que requiere la preparación del terreno, mejoras eléctricas y permisos que incrementan la inversión total.<sup>16</sup>

— Aceptación y confianza del público. Generar confianza en

Es fundamental que los vehículos autónomos se adopten de forma generalizada mediante una mayor transparencia y educación pública.

El índice de confianza en la movilidad estadounidense de JD Power 2024 mostró un modesto aumento en la confianza del consumidor.

confianza en los vehículos autónomos, aunque sigue siendo baja, con 39 sobre 100.<sup>17</sup>

— Ciberseguridad y privacidad. A medida que los vehículos se conectan más y se definen por software, abordar las amenazas de ciberseguridad y proteger los datos de los usuarios se vuelve cada vez más crucial. Esto incluye asegurar las comunicaciones V2X y salvaguardar la información personal recopilada por los vehículos inteligentes.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes pueden considerar algunas preguntas a la hora de avanzar con las tecnologías de movilidad:

— ¿Cómo afectará el cambio geopolítico a la cadena de suministro de movilidad?

— ¿De qué manera se ampliará la centralización?

¿Los centros de movilidad, como las terminales de trenes y autobuses y los depósitos de micromovilidad compartida, y las redes de transporte conectadas están transformando los paisajes urbanos y los patrones de desplazamiento?

— ¿Cuáles son las implicaciones de la publicidad pública?

¿Infraestructura versus inversión privada en la configuración del futuro de la movilidad?

— ¿Cómo se mantendrá la confianza y la aceptación del público?

¿Evolucionarán los vehículos autónomos?

— ¿Cómo determinarán los cambios en la regulación la velocidad y la escala de adopción de vehículos autónomos, drones y sistemas de transporte de próxima generación?

<sup>16</sup> "Costos de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos: ¿Qué hay detrás del precio de la electrificación?", Clean Current, 6 de marzo de 2025.

<sup>17</sup> "La disponibilidad de vehículos autónomos aumenta tras dos años de descenso, según JD Power", comunicado de prensa de JD Power, 22 de octubre de 2024.

# El futuro de la bioingeniería

La bioingeniería es la aplicación de los principios de ingeniería a la biología, utilizando avances tecnológicos (por ejemplo, edición genética, biología sintética) para mejorar la salud y el rendimiento humano, transformar las cadenas de valor alimentarias y crear ofertas innovadoras.

## La tendencia y por qué es importante

La convergencia de las ciencias biológicas y las tecnologías informáticas avanzadas está sentando las bases para la próxima ola de innovación en bioingeniería. Esta intersección impulsó innovaciones en múltiples sectores en 2024, con avances en bioingeniería que afectaron a industrias como...

Salud, agricultura, productos farmacéuticos y gestión ambiental. Los avances en edición genética, medicina personalizada y biología sintética prometen mejorar la salud y la longevidad humanas, a la vez que ofrecen soluciones más respetuosas con el medio ambiente para la producción y la seguridad alimentaria.

El uso de la IA en bioingeniería está acelerando la I+D y reduciendo costes, lo que permite a los investigadores identificar nuevos materiales, crear biorutas optimizadas para la producción y prototipar más productos. Como ejemplo especialmente notable del papel facilitador de la IA en la bioingeniería, el Premio Nobel de Química 2024 fue compartido por tres investigadores que han utilizado la IA para predecir la estructura de proteínas existentes y diseñar nuevas proteínas.<sup>1</sup>

Sin embargo, la rápida evolución de estas tecnologías plantea nuevos desafíos éticos, regulatorios y sociales. La adopción exitosa de las innovaciones en bioingeniería depende de garantizar la aceptación pública y de crear marcos sólidos para su desarrollo y aplicación responsables.

Si bien la ciencia que sustenta muchos de estos avances está probada, lograr la viabilidad comercial y abordar las preocupaciones sociales siguen siendo cruciales para aprovechar todo el potencial de las tecnologías de bioingeniería.



La bioingeniería finalmente se encuentra en una etapa en la que empezamos a ver cierto grado de madurez, como el uso más generalizado de la IA en el diseño químico y biológico, la comercialización de medicamentos de precisión bioingenierizados y la bioimpresión 3D. Ya nadie duda del impacto científico y económico de este campo.

— Erika Stanzl, socio, Zúrich

<sup>1</sup> "Premio Nobel de Química 2024", comunicado de prensa de la campaña de divulgación del Premio Nobel 2025, 9 de octubre de 2024.

# El futuro de la bioingeniería

## Puntuación de la tendencia

Si bien la inversión en capital ha caído desde 2020, la tendencia mantiene un puntaje general sólido en materia de innovación debido a los avances impulsados por la IA en este campo y a un número creciente de artículos de investigación publicados.

Inversión de capital, 2024

\$57.3 mil millones

Ofertas de trabajo, 2023–24, % de diferencia

–17%

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)

○ 2020 ● 2024



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los desarrollos recientes relacionados con el futuro de la bioingeniería incluyen los siguientes:

### — Biomateriales e ingeniería de tejidos

Siguen avanzando rápidamente. Los avances significativos en bioimpresión 3D y terapias regenerativas están aumentando el potencial de los órganos cultivados en laboratorio y los tratamientos avanzados para enfermedades complejas.<sup>2</sup>

— La capacidad de fabricación está comenzando a escalar para adaptarse al progreso científico. La industria de la bioingeniería está expandiendo su capacidad de producción mediante la instalación de infraestructura a gran escala, como biorreactores de 2000 litros, para apoyar el crecimiento. demanda y permitir una traducción clínica más amplia.<sup>3</sup>

La IA está acelerando la I+D tanto en productos farmacéuticos como en biomateriales. En el desarrollo de fármacos, la IA está optimizando tareas como el procesamiento de datos y la selección de candidatos, lo que ayuda a reducir los ensayos clínicos.

<sup>2</sup> "Avances en la bioimpresión de órganos para la medicina regenerativa", Engineering Journal, 2 de agosto de 2024.

<sup>3</sup> "Cytiva amplía la plataforma Xcellerex X para incluir biorreactores de 500 L y 2000 L", Cytiva, 25 de marzo de 2025.

El tiempo de preparación y el aumento de la eficiencia. En biomateriales, la IA facilita el diseño y la prueba rápidos de compuestos novedosos mediante el modelado de estructuras moleculares únicas. Estos avances están acortando los ciclos de innovación y reduciendo los costos de desarrollo en las ciencias de la vida.

Las terapias basadas en CRISPR están trascendiendo los ensayos clínicos y convirtiéndose en tratamientos aprobados. Este hito en la medicina de precisión ha marcado el comienzo de una nueva era en el tratamiento de los trastornos genéticos desde su origen y ya está impulsando una mayor innovación en los sistemas de administración de edición genética, ampliando el alcance de las enfermedades tratables.

— Los avances en bioingeniería, incluidos los avances en sistemas de cultivo celular en 3D que mejoran el modelado de la arquitectura de los tejidos y los hidrogeles biomiméticos inyectables que mejoran los microambientes regenerativos, impulsaron la investigación con células madre en 2024.<sup>6</sup> Estos

Las innovaciones abordaron desafíos críticos en reproducibilidad, rechazo inmunológico y escalabilidad clínica, acelerando la traducción de terapias con células madre en productos medicinales terapéuticos avanzados como injertos de ingeniería de tejidos y formulaciones de células editadas genéticamente.<sup>7</sup>



Se han logrado avances significativos en el laboratorio, que permiten producir nuevas moléculas y materiales con mayor eficacia, y este progreso continúa acelerándose. Sin embargo, para lograr la viabilidad comercial, se requiere una producción eficiente; para escalar realmente, también necesitaremos avances en el diseño, la construcción y la operación de activos de producción a escala comercial. Esta es una gran oportunidad para ingenieros, fabricantes y constructoras que puedan resolver este problema.

—Tom Brennan, socio, Filadelfia

<sup>4</sup> "Matmerize y CJ Biomaterials se unen para aprovechar la tecnología de IA e impulsar soluciones de polímeros sostenibles", Bernama, 4 de mayo de 2024; Adam Bluestein, "Cómo esta empresa ayuda a los investigadores a identificar posibles nuevos fármacos", Fast Company, 19 de marzo de 2024.

<sup>5</sup> "En otra victoria para CRISPR, la FDA aprueba Casgevy para la beta talasemia", Inside Precision Medicine, 17 de enero de 2024; Hope Henderson, "Ensayos clínicos con CRISPR: Actualización de 2024", Innovative Genomics Institute, 13 de marzo de 2024; Gorm Palmgren, "Las colaboraciones con CRISPR impulsan la medicina de precisión", CRISPR Medicine News, 20 de febrero de 2024.

<sup>6</sup> José Mauro Granjeiro et al., "Avances en bioingeniería: El impacto de los modelos de células madre en el desarrollo de medicamentos de terapia avanzada", World Journal of Stem Cells, 16 de octubre de 2024; "Los 5 últimos avances en aplicaciones de células madre para ingeniería de tejidos", MTM Lab, consultado el 18 de abril de 2025.

<sup>7</sup> Bashdar M. Hussien et al., "Revolucionando la medicina: Desarrollos recientes y perspectivas futuras en la terapia con células madre", International Journal of Surgery, diciembre de 2024, Volumen 110, Número 12.

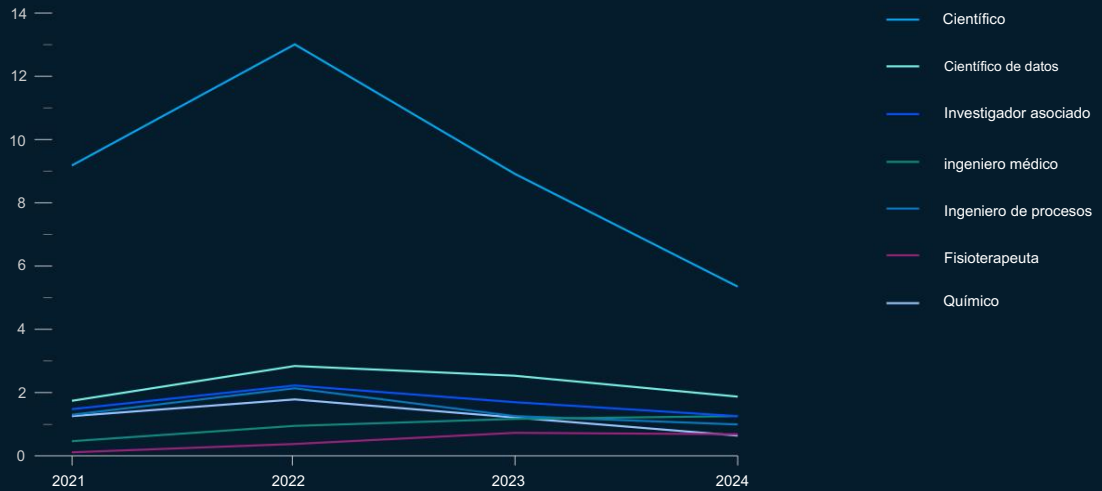
TALENTO Y MERCADO LABORAL

# El futuro de la bioingeniería

## Demanda

El mercado laboral de bioingeniería ha mostrado indicios de contracción desde 2022. Puestos clave como científicos, químicos e investigadores han experimentado descensos en sus ofertas de empleo, y la mayoría de las categorías profesionales más importantes relacionadas con la bioingeniería experimentaron una caída entre 2023 y 2024. Esta tendencia indica un enfriamiento de la demanda de contratación en el sector, probablemente impulsado por una combinación de ralentización de la financiación en biotecnología, la consolidación en el sector farmacéutico y de investigación, y el retraso en la comercialización de tecnologías emergentes de base biológica.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles

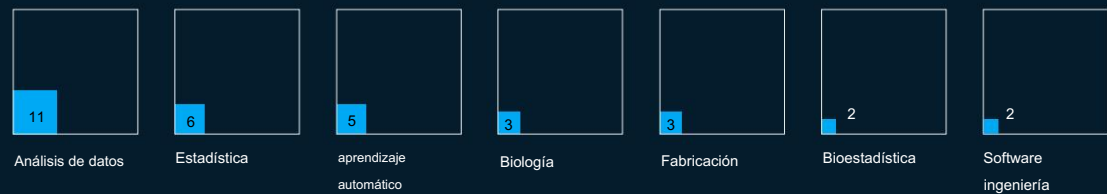


## Disponibilidad de habilidades

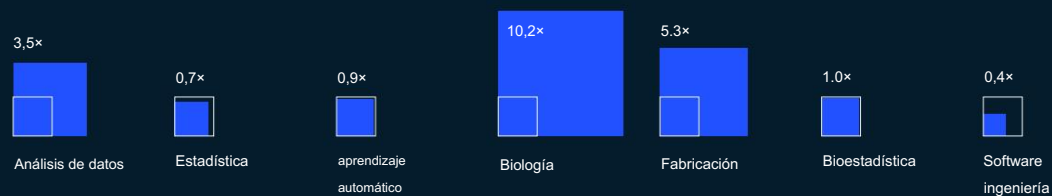
En algunas áreas de la bioingeniería, existe suficiente talento para satisfacer la demanda. Por ejemplo, hay más personas con habilidades de aplicación general, como biología y análisis de datos, en la reserva de talento que puestos vacantes que las requieren. Por el contrario, las habilidades más especializadas, como el aprendizaje automático, la estadística y la bioestadística, tienen una representación más proporcional, y la disponibilidad de talento se ajusta más a la demanda del mercado laboral.

Estas habilidades, junto con la ingeniería de software, son cada vez más importantes a medida que la bioingeniería integra enfoques más computacionales y basados en datos, lo que requiere profesionales que puedan combinar la biología con técnicas avanzadas de análisis e inteligencia artificial.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



## Evolución de la adopción en todo el mundo

### Puntuación

#### de adopción: 4—Escalamiento en progreso.

Las organizaciones están ampliando la implementación y la adopción de la tecnología en toda la empresa.

La biotecnología está expandiéndose rápidamente en diversas industrias y yendo más allá de implementaciones limitadas.

Avances como la aprobación de Casgevy por parte de la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU. (FDA) y los avances en fermentación de precisión y biomateriales demuestran el potencial transformador de la tecnología.

Impulsada por soluciones basadas en IA que aceleran el descubrimiento de fármacos y el diseño de materiales, su impacto comercial está creciendo.

La combinación de madurez tecnológica, viabilidad comercial y aceleración impulsada por IA posiciona a la biotecnología para escalar en todas las empresas.

## En la vida real

Algunos ejemplos del mundo real que involucran avances en biomateriales e ingeniería de tejidos incluyen los siguientes:

La Universidad de Kioto y Shinobi Therapeutics utilizan andamios de origen biológico, como el colágeno, en aplicaciones de medicina regenerativa. Esta innovación optimiza la estabilidad del andamio y reduce la inmunogenicidad para la reparación de tejidos blandos. La colaboración de Shinobi con Panasonic en la fabricación de dispositivos de sistema cerrado podría incorporar sistemas basados en IA para optimizar los sistemas automatizados.

Un avance histórico en bioingeniería en 2024 se centró en la tecnología de nanopartículas lipídicas de ARNm para reprogramar células adultas y convertirlas en células madre pluripotentes inducidas. Los investigadores utilizaron nanopartículas lipídicas diseñadas (pequeños transportadores similares a la grasa) para introducir instrucciones sintéticas de ARNm en las células de la piel, activando temporalmente genes que las "reinician" y las convierten en células madre versátiles sin alterar su ADN. Este método, perfeccionado por equipos de Harvard y uBriGene Biosciences,

Podría permitir la producción escalable y específica de células madre para cada paciente, para reparar tejidos dañados, modelar enfermedades y probar terapias.<sup>9</sup>

Algunos ejemplos reales de empresas que escalan la producción para adaptarse al progreso científico incluyen los siguientes:

— 21st.BIO, una empresa de biotecnología danesa, Se especializa en fermentación de precisión para permitir la producción a gran escala de proteínas y biomateriales sostenibles. En 2024, 21st.BIO inauguró una planta piloto para escalar la fermentación y entró en el mercado estadounidense.<sup>10</sup>

— La Compañía LYCRA, en colaboración con Dairen Chemical Corporation (DCC) está trabajando para producir spandex renovable a gran escala. DCC ha desarrollado un proceso con una huella de carbono notablemente menor, utilizando maíz para crear un material utilizado para fabricar spandex.<sup>11</sup>

El siguiente es un ejemplo real de cómo

La IA acelera la investigación y el desarrollo en productos farmacéuticos y biomateriales:

— Adaptiv Biosystems lanzó una proteína-Fundición de ingeniería. La instalación aprovecha la inteligencia artificial (IA), el software de código abierto y la biología sintética para desarrollar nuevos medicamentos, enzimas y materiales sostenibles. La plataforma de la empresa combina robótica y microfluídica para validar... Diseños de proteínas basados en IA que aceleran el proceso de descubrimiento de fármacos.

Otros ejemplos reales de avances en bioingeniería incluyen los siguientes:

— GOOD Meat recibió la aprobación regulatoria para vender pollo cultivado en los Estados Unidos, y UPSIDE Foods, que obtuvo la aprobación de la FDA y Aprobación del USDA, 12 porciones de pollo cultivado en un restaurante con estrella Michelin en San Francisco Como parte de un lanzamiento limitado. Ambas compañías buscan una producción a gran escala, pero han enfrentado desafíos técnicos y regulatorios para aumentar sus operaciones.<sup>13</sup>

<sup>8</sup> "Panasonic y Shinobi Therapeutics se asocian para desarrollar una tecnología de fabricación de terapia con células iPS eficiente y rentable", comunicado de prensa de Shinobi Therapeutics, 18 de abril de 2024. "uBriGene

<sup>9</sup> Biosciences presenta el archivo maestro de fármacos para el kit de reprogramación de iPSC mRNA-LNP", BioSpace, 4 de marzo de 2025; "Investigadores del HSCI logran un gran avance en la reprogramación celular", Instituto de Células Madre de Harvard, consultado el 18 de abril de 2025. "21st.BIO

<sup>10</sup> presenta una nueva planta piloto para acelerar el impacto de las innovaciones biotecnológicas a nivel mundial", comunicado de prensa de 21st.BIO, 6 de mayo de 2024.

<sup>11</sup> Daniela Castillo Monagas, "LYCRA Company se asocia con Dairen para el primer spandex de origen biológico a gran escala del mundo", World Bio Market Insights, 9 de mayo de 2024.

<sup>12</sup> "GOOD Meat y UPSIDE Foods recibieron autorización para vender pollo cultivado tras una medida histórica del USDA", Good Food Institute, 21 de junio de 2023.

<sup>13</sup> "El pollo cultivado de Upside debuta en Bar Crenn: 'La primera carne que me da gusto servir'", Green Queen, 3 de julio de 2023; "Upside Foods tiene dificultades con el pollo cultivado en laboratorio a pesar de los 600 millones de dólares - Bloomberg", SOSV, 14 de diciembre de 2023.

— La empresa EVERY produce proteínas de huevo sin ingredientes de origen animal con fermentación de precisión. Su producto estrella es el Huevo EVERY, y elabora ingredientes para alimentos y bebidas, como cafés, jugos, jarabes y productos horneados. En 2024, la empresa obtuvo una patente fundacional para la producción de ovoalbúmina recombinante y amplió sus alianzas con Unilever, Grupo Nutresa y Grupo Palacios.

## Tecnologías subyacentes

Los avances en las siguientes tecnologías definirán el futuro de la bioingeniería en 2025:

— Ómica. La secuenciación unicelular está en auge. Como enfoque transformador para integrar datos de ADN, transcripciones de ARN y metilación, proporcionando una visión integral de la función y regulación celular. Sobre esta base, la proteómica unicelular avanza como herramienta para caracterizar la expresión proteica a nivel celular. Al combinarse, estas tecnologías ofrecen información sobre la heterogeneidad celular y los complejos procesos biológicos. Además, la integración de la multiómica en modelos de IA multimodales está abordando desafíos de larga data relacionados con las diferencias.

en formato y estructura a los que nos enfrentamos cuando Combinando diversos conjuntos de datos multiómicos. Las técnicas de aprendizaje profundo, un subconjunto de la IA, han permitido análisis más sofisticados que los enfoques estadísticos tradicionales.

— Edición genética. La FDA aprobó por primera vez una terapia basada en CRISPR. Los programas de edición genética in vivo para combatir enfermedades raras están avanzando hacia la fase de ensayos clínicos, lo que aumenta el potencial para tratar a poblaciones más grandes de pacientes.

— Bioimpresión 3D e ingeniería de tejidos. Las novedosas técnicas de bioimpresión de alto rendimiento que utilizan esferoides han acelerado la creación de tejidos complejos con alta viabilidad celular. Esta tecnología, que produce tejido diez veces más rápido que los métodos existentes, está impulsando el desarrollo de tejidos y órganos funcionales para trasplantes y pruebas de fármacos.

— Biomateriales. Se están desarrollando materias primas ecológicas derivadas de aceites vegetales para diversas aplicaciones, como cosméticos, polímeros superabsorbentes y adhesivos. Se están optimizando andamiajes de origen biológico, como el colágeno, para aplicaciones en medicina regenerativa.

— Biología sintética e ingeniería metabólica. La fermentación de precisión está avanzando y las empresas producen proteínas equivalentes a las naturales a través de la fermentación que son alternativas más respetuosas con el medio ambiente que las proteínas tradicionales derivadas de los productos lácteos y otras fuentes.

— Tecnologías de medicina de precisión. Impulsadas por IA. Las soluciones están acelerando la identificación de objetivos en el descubrimiento de fármacos, reduciendo los costos de los ensayos clínicos y el tiempo de I+D. Se están desarrollando estrategias de tratamiento personalizadas basadas en firmas proteicas específicas para tratar el cáncer y otras enfermedades.

## Incertidumbres clave

Las principales incertidumbres que afectan el futuro de la bioingeniería incluyen las siguientes:

— Regulación de la bioingeniería. Los marcos regulatorios están evolucionando para abordar los rápidos avances en bioingeniería. Por ejemplo, la Ley de Autorización de Defensa Nacional para El año fiscal 2025 exige que el Departamento de Defensa de EE. UU. cree una hoja de ruta anual en biotecnología y evalúe las barreras para su adopción, las necesidades de personal y la colaboración internacional. De igual manera, la agenda de directrices de la FDA para 2025 incluye nuevas recomendaciones para la evaluación de productos biológicos y terapéuticos, lo que refleja la creciente necesidad de supervisión en este campo. Sin embargo, existe incertidumbre sobre cómo Europa y China regularán los alimentos y cultivos biotecnológicos. Mientras Europa debate aliviar las restricciones a ciertas técnicas genómicas, China está ampliando las aprobaciones para cultivos genéticamente modificados pero enfrenta el escepticismo público sobre su seguridad, lo que crea un panorama regulatorio global complejo.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> "EVERY obtiene la patente fundacional para la ovoalbúmina producida mediante fermentación de precisión", Business Wire, 2 de septiembre de 2024; "Every Co. elimina la gallina de la producción de huevos", Food Business News, 2 de enero de 2024.

<sup>15</sup> Robert Hodgson, "Gobiernos acuerdan flexibilizar la regulación de los OGM de nueva generación", Euronews, 14 de marzo de 2025; Zhitao Du, Yuqi Xiao y Jinghong Xu, "¿Cómo afecta la exposición a la información la actitud del público hacia los OGM en China? El papel mediador y moderador de las creencias y el conocimiento conspirativos", Frontiers in Psychology, 19 de septiembre de 2022, Volumen 13.

- Percepciones públicas y preocupaciones éticas. La actitud pública hacia la bioingeniería sigue siendo diversa, con inquietudes sobre la seguridad, el acceso equitativo y las implicaciones éticas. Persisten problemas como la difuminación de los límites entre los sistemas naturales y artificiales, especialmente en lo que respecta a las aplicaciones de la biología sintética. Durante la pandemia de COVID-19, aumentó el escepticismo sobre estas tecnologías, incluyendo la preocupación por la capacidad de los organismos bioingenierizados para autorreplicarse o persistir en los ecosistemas.
- Consecuencias imprevistas. Bioingeniería.

Los sistemas están inherentemente interconectados, lo que significa que pequeños cambios pueden tener efectos en cascada. Esto es particularmente relevante a la luz de la naturaleza autorreplicante de los organismos diseñados y el potencial de consecuencias no deseadas, incluida la transferencia horizontal de genes, la pérdida de biodiversidad o la alteración ecológica cuando estos organismos interactúan con los ecosistemas naturales.

Los organismos agrícolas modificados, por ejemplo, pueden enfrentar desafíos relacionados con la supervivencia y propagación en el medio ambiente, ya que algunos fracasan mientras otros persisten inesperadamente.
- Riesgos de bioseguridad y uso dual. La naturaleza de uso dual de la biotecnología es otra preocupación creciente, ya que las herramientas diseñadas con fines beneficiosos también pueden emplearse indebidamente en aplicaciones perjudiciales como el bioterrorismo. La intersección de la IA y la bioingeniería amplifica estos riesgos al reducir las barreras técnicas a la bioingeniería avanzada. Iniciativas como la

La Convención sobre Armas Biológicas y las cumbres sobre seguridad de la IA tienen como objetivo mitigar estas amenazas mediante la colaboración internacional.

- Eficacia de las tecnologías frente a Enfoques tradicionales. Si bien las tecnologías de bioingeniería tienen un potencial transformador, su eficacia en comparación con los métodos tradicionales aún se está evaluando. Por ejemplo, las terapias basadas en biología sintética deben demostrar rentabilidad y escalabilidad para competir con los tratamientos establecidos y cumplir con rigurosos estándares de seguridad.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al avanzar con la bioingeniería:

- ¿Cómo equilibrará la sociedad los beneficios potenciales de las tecnologías de edición genética con las preocupaciones éticas médicas?
- ¿Qué factores influirán en la aceptación y adopción pública de cultivos genéticamente modificados y otros productos de bioingeniería?
- ¿Cómo evolucionarán los marcos regulatorios para abordar cuestiones de seguridad y confianza en torno a las tecnologías emergentes de bioingeniería?
- ¿Cómo se manifestará la divergencia geopolítica en la práctica clínica?
  - ¿La investigación y la regulación determinan el equilibrio global de poder en la bioingeniería?

## El futuro de las tecnologías espaciales

Las tecnologías espaciales abarcan sistemas satelitales, vehículos de lanzamiento, módulos habitacionales y misiones de exploración, incluidas constelaciones de satélites en órbita terrestre baja, conectividad directa a dispositivos que integran activos espaciales con redes terrestres y observación de la Tierra.

### La tendencia y por qué es importante

Las tecnologías espaciales están transformando rápidamente nuestro mundo, abriendo nuevos niveles de conectividad y perspectivas basadas en datos que atraen un amplio interés más allá del sector aeroespacial tradicional. Las empresas se han unido a los países en la actividad global de lanzamientos e inversión en exploración espacial. Japón logró un alunizaje exitoso, y la NASA ha controlado satélites en diferentes órbitas.

Empresas privadas desarrollarán módulos de aterrizaje lunar para su programa Artemis. Las empresas también trabajan en soluciones integrales que integran tecnologías espaciales con infraestructura terrestre para brindar servicios integrales en diversos sectores.

Desde 2024, se han ampliado los casos de uso en áreas como la teledetección y la observación de la Tierra, atrajo la atención y la inversión de varios de empresas tecnológicas de alto perfil. Las últimas tendencias en esta tecnología incluyen constelaciones de comunicaciones satelitales en órbita terrestre baja (LEO), en particular Starlink de SpaceX, que cuenta con más de 7000 satélites LEO en órbita.<sup>1</sup> Competidores potenciales como el Proyecto Kuiper de Amazon, que lanzó 27 satélites LEO en abril de 2025, también han entrado en el mercado.<sup>2</sup> En el sector de la telefonía móvil, se está implementando la conectividad satelital directa al dispositivo (D2D), como lo ilustra la conexión de emergencia de Apple. función para iPhones.

De cara al futuro, la industria podría enfrentarse a cuestiones relacionadas con la propiedad y los derechos de acceso al espacio, establecer estructuras de gobernanza para operaciones seguras y coordinar esfuerzos para gestionar eficazmente los desechos y el tráfico espacial. Además, es probable que la industria tenga que afrontar los crecientes riesgos cibernéticos y definir el futuro panorama de la distribución de satélites en diferentes órbitas.



El espacio se está convirtiendo rápidamente en una plataforma esencial para la innovación, la seguridad y el crecimiento económico. La drástica reducción de los costes de lanzamiento, el auge de las constelaciones de satélites comerciales y las nuevas capacidades en órbita están transformando las posibilidades en todos los sectores. Las organizaciones que liderarán esta nueva era son aquellas que integren los datos y la conectividad espacial en sus estrategias centrales, forjando alianzas y desarrollando el talento necesario para desenvolverse en un ecosistema en rápida evolución.

— Ryan Brukardt, socio principal, Miami

<sup>1</sup> Tereza Pultarova, "Satélites Starlink: Datos, seguimiento e impacto en la astronomía", Space.com, 4 de junio de 2025.

<sup>2</sup> Joey Roulette, "Amazon lanza los primeros satélites de internet Kuiper, compitiendo con Starlink", Reuters, 29 de abril de 2025.

# El futuro de las tecnologías espaciales

## Puntuación de la tendencia

Las búsquedas en línea sobre el futuro de las tecnologías espaciales disminuyeron ligeramente entre 2023 y 2024, probablemente debido a las fluctuaciones en el interés en torno a eventos específicos como el descubrimiento de asteroides y el lanzamiento de cohetes. No obstante, las búsquedas aumentaron en general entre 2020 y 2024. Las patentes aumentaron un 7 % en 2024 con respecto al año anterior.

Inversión de capital, 2024

**\$9.3** mil millones -9%

Ofertas de trabajo, 2023-24, % de diferencia

Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)

○ 2020 ● 2024

1 — Rango mostrado  
0 —



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los avances en cohetes reutilizables, tecnología satelital y análisis de datos impulsados por IA están transformando rápidamente el acceso al espacio y la observación de la Tierra. Esto permite lanzamientos más rápidos y de menor costo, así como información en tiempo real que afecta a campos que van desde la monitorización ambiental hasta las comunicaciones globales.

Los desarrollos recientes relacionados con las tecnologías espaciales incluyen lo siguiente:

El costo de lanzar cargas útiles a órbita baja terrestre (LEO) ha disminuido gracias a los cohetes reutilizables y las innovaciones en la miniaturización de satélites. Por ejemplo, el Falcon Heavy de SpaceX se lanza a un costo aproximado de \$1,400 por kilogramo, mientras que Starship de SpaceX busca reducirlo a entre \$10 y \$30 por kilogramo mediante la reutilización total y una alta cadencia de lanzamiento.

— Los avances en la comunicación espacial son ampliando las opciones de conectividad global y transmisión de datos. Satélites de órbita terrestre muy baja (VLEO), comunicaciones láser y

<sup>3</sup> Next Big Future, «La hoja de ruta de SpaceX Starship reduce los costos de lanzamiento en 100 veces», entrada de blog de Brian Wang, 20 de enero de 2025; James Pethokoukis, «La ley de Moore se enfrenta a la ley de Musk: La historia subestimada de SpaceX y la asombrosa disminución de los costos de lanzamiento», American Enterprise Institute, 26 de marzo de 2024; Next Big Future, «¿Cómo reducirá SpaceX el costo de la misión espacial de más de 1000 dólares por kilogramo a 10 dólares por kilogramo?», entrada de blog de Brian Wang, 19 de enero de 2024.

Las redes 5G también están transformando las comunicaciones espaciales. La integración del 5G con los sistemas satelitales ha extendido la cobertura de internet de alta velocidad y baja latencia a zonas remotas y ha mejorado las telecomunicaciones globales. Los avances en propulsión, ciencia de materiales y tecnologías de energía solar han aumentado la eficiencia y la rentabilidad, atrayendo una creciente inversión en satélites VLEO.<sup>4</sup> Estos satélites

habilitar nuevas posibilidades para industrias como la Internet de las cosas (IoT), la aviación y el acceso remoto a banda ancha, allanando el camino para un futuro más conectado.

- Las empresas continúan integrando el espacio-datos basados en conjuntos de datos terrestres para mejorar la vigilancia ambiental y la respuesta ante desastres. Esta convergencia es particularmente importante para abordar los incendios forestales, ya que las imágenes satelitales combinadas con sensores infrarrojos pueden detectar señales de calor y rastrear el comportamiento del fuego en tiempo real, a pesar de... humo o condiciones climáticas adversas. Estos avances garantizan una toma de decisiones más rápida y precisa para mitigar los impactos de los incendios forestales. Basado en diversas fuentes de datos y una integración fluida Flujo de información procesable.

- Los sistemas avanzados de observación de la Tierra están transformando la recopilación y el análisis de datos. Los satélites que utilizan imágenes hiperespectrales y cientos de bandas espectrales proporcionan ahora más de la mitad de los datos climáticos. Combinado con Gracias a los algoritmos de aprendizaje automático, estos sistemas permiten el análisis en tiempo real para aplicaciones que abarcan desde la detección de fugas en tuberías hasta la identificación de enfermedades en los cultivos. En el sector de defensa, estas tecnologías están revolucionando la inteligencia geoespacial al reducir drásticamente el tiempo de procesamiento, explotación y difusión de imágenes. Las fotos satelitales, que antes tardaban hasta 57 minutos en analizarse, ahora se pueden analizar en segundos gracias a los avances en IA, lo que permite una toma de decisiones más rápida para operaciones de defensa críticas. El rápido despliegue de hasta 70 000 satélites LEO durante los próximos cinco años debería mejorar aún más estas capacidades.

- El papel cada vez más importante de la IA en el apoyo al espacio Las operaciones están aumentando la eficiencia en la planificación de misiones, la detección de anomalías y la optimización de recursos. Si bien no es completamente autónoma, la IA ahora puede ayudar a mejorar el conocimiento de la situación y ayudar con tareas como evitar colisiones y logística en órbita, lo que permite operaciones de naves espaciales más inteligentes y confiables.



Tras años de continuas mejoras tecnológicas y reducciones de costos, el espacio está en boca de todos, desde el turismo espacial hasta los sistemas de defensa. Debemos usar colectivamente esta tecnología, en particular combinada con la IA, para impulsar el progreso de la humanidad.

—Giacomo Gatto, socio, Londres

<sup>4</sup> "El nuevo Índice de Líderes Futuros de Juniper Research revela los proveedores de satélites VLEO que debemos tener en cuenta a medida que se desarrolla el mercado", comunicado de prensa de Juniper Research, 18 de junio de 2024.

<sup>5</sup> "Se prevé que el mercado mundial de satélites se multiplique por siete", Goldman Sachs, 5 de marzo de 2025.

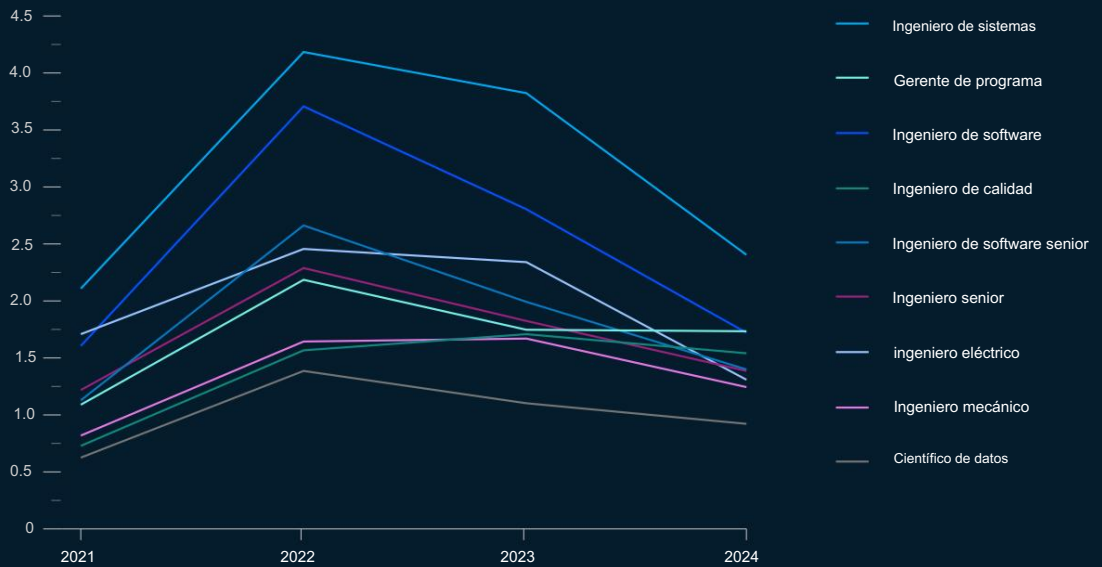
TALENTO Y MERCADO LABORAL

El futuro de las tecnologías espaciales

Demanda

Los roles de ingeniería siguen dominando el mercado laboral de la tecnología espacial, pero la demanda de cada rol importante ha disminuido entre 2022 y 2024. Los ingenieros de calidad, los gerentes de programa y los puestos técnicos superiores siguen siendo importantes, pero las ofertas de trabajo en general reflejan un cambio más amplio en la industria hacia la eficiencia y la automatización.

Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



Disponibilidad de habilidades

El sector de la tecnología espacial se enfrenta a una escasez de experiencia en ingeniería de software y Python, posiblemente impulsada por la creciente necesidad de automatización de misiones impulsada por IA y procesamiento de datos satelitales. Por el contrario, las habilidades en análisis de datos, la plataforma de programación MATLAB y fabricación están más disponibles, lo que refleja los canales de formación establecidos y una menor demanda relativa.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



## Evolución de la adopción en todo el mundo

Puntuación de adopción: 2—Experimentación.

Las organizaciones están probando la funcionalidad y viabilidad de la tecnología con prototipos a pequeña escala, generalmente sin centrarse en el retorno de la inversión (ROI) a corto plazo. Pocas empresas están escalando o han escalado completamente la tecnología.

Si bien la tecnología espacial posee un enorme potencial, su adopción varía considerablemente entre sectores. Muchas organizaciones del sector privado se encuentran en las fases de experimentación y prueba piloto, probando prototipos a pequeña escala y explorando su funcionalidad.

Dada su dependencia de la conectividad y la teledetección, sectores como la energía, los materiales y las telecomunicaciones están más avanzados en la curva de adopción.

Hoy en día, el espacio se reconoce ampliamente como un dominio crítico para la defensa, y el sector de defensa es...

La ampliación de las tecnologías espaciales, a medida que los avances en las constelaciones de satélites, la inteligencia geoespacial y el procesamiento de datos en tiempo real impulsan su importancia estratégica.<sup>6</sup>

La adopción y la innovación de diversas tecnologías varían a nivel mundial, y la economía espacial se concentra en China, Europa y los Estados Unidos.<sup>7</sup> El interés en la tecnología espacial está aumentando en Medio Oriente, donde las empresas de bienes raíces y construcción, en particular, buscan crear valor a partir de la observación de la Tierra y los datos geoespaciales, por ejemplo, a través del monitoreo del progreso de la construcción mediante imágenes satelitales.<sup>8</sup>

## En la vida real

Algunos ejemplos del mundo real que implican una reducción en los costos de lanzamiento de cohetes incluyen los siguientes:

Las pruebas de vuelo de la Starship 2024 de SpaceX, incluyendo la captura del propulsor, han mostrado avances importantes para hacer que los viajes espaciales sean mucho más asequibles. Al dominar los cohetes totalmente reutilizables, SpaceX busca reducir el costo de alcanzar la órbita, lo que podría abrir nuevas posibilidades para...

Misiones lunares, constelaciones de internet satelital e incluso el futuro turismo espacial. Si bien las tarifas de la compañía por vuelos comerciales no son públicas, estas pruebas demuestran su ambición de hacer accesible el espacio a una gama más amplia de industrias y gobiernos.

Algunos ejemplos reales de empresas que integran datos espaciales y terrestres para el monitoreo ambiental y la respuesta ante desastres incluyen los siguientes:

Thales Alenia Space ha llevado a cabo los proyectos GREAT y GROOVE para la Agencia Espacial Italiana. Estos proyectos buscan demostrar los beneficios de la navegación por satélite para la monitorización ambiental, incluyendo la predicción de desastres naturales y la evaluación del impacto del cambio climático.

Empresas como Pole Star Global y Spire Maritime ofrecen sistemas satelitales avanzados que rastrean la posición de los buques y monitorean el rendimiento de los motores. Estas tecnologías mejoran la seguridad marítima, optimizan el consumo de combustible y facilitan el mantenimiento predictivo.

Algunos ejemplos del mundo real que involucran sistemas de observación de la Tierra incluyen los siguientes:

— Desde su debut en 2013, Planet ahora cuenta con una flota de más de 150 satélites que capturan imágenes con una resolución de tres metros diariamente, cubriendo 350 millones de kilómetros cuadrados de la superficie de la Tierra cada día.<sup>10</sup> Inicialmente experimental, ahora proporciona datos multiespectrales (RGB [rojo, verde y azul] más infrarrojo cercano) para agricultura de precisión, seguimiento de la deforestación y respuesta a desastres, con actualizaciones para mejorar las tasas de revisión y las capacidades espectrales.<sup>11</sup>

El Departamento de Defensa de EE. UU. está cambiando su forma de rastrear objetivos móviles en tierra, reduciendo su dependencia de aeronaves mediante el uso de sistemas espaciales. Conocido como indicador de objetivos móviles terrestres (GMTI), esta capacidad monitorea la actividad en tierra con precisión.

<sup>6</sup> Gabriel Honrada, "EE. UU. se arma para atacar a China y Rusia en el espacio", Asia Times, 19 de marzo de 2025.

<sup>7</sup> Robert Murray, "El mercado del NewSpace: capital, control y comercialización", Atlantic Council, 27 de abril de 2023.

<sup>8</sup> Mercado de análisis geoespacial de Oriente Medio, Credence Research, 12 de mayo de 2025.

<sup>9</sup> "GREAT y GROOVE: dos proyectos de navegación por satélite para la monitorización ambiental", comunicado de prensa de Thales Alenia Space, 3 de septiembre de 2024.

<sup>10</sup> "Nuestra constelación", Planet Labs, consultado el 17 de junio de 2025; "Monitoreo satelital en tiempo real con Planet", Planet Labs, consultado el 17 de junio de 2025; "Proveedor CSDA - Planet", NASA Earthdata, consultado el 17 de junio de 2025.

<sup>11</sup> "Agricultura de precisión basada en datos con Planet", Planet Labs, consultado el 31 de marzo de 2025; Christopher Anderson, "Monitoreo del carbono forestal: Una perspectiva general del cambio forestal global", Planet Labs, 27 de septiembre de 2024.

Vigilancia similar a la videovigilancia que antes proporcionaban los aviones. Los satélites espaciales proporcionan seguimiento en tiempo real y reducen el tiempo necesario para procesar datos de casi una hora a solo segundos, mediante inteligencia artificial y procesamiento en órbita.

Ejemplos adicionales del mundo real de los últimos avances tecnológicos en operaciones espaciales son los siguientes:

- LeoLabs utiliza redes de radar impulsadas por IA para rastrear y predecir los movimientos de desechos espaciales. Su objetivo es mejorar la capacidad de los satélites y naves espaciales para evitar colisiones en la órbita baja terrestre, cada vez más congestionada.<sup>12</sup>
- La Fuerza Espacial de los EE. UU. planea demostrar una tecnología avanzada de reabastecimiento en el espacio aún no probada en 2026. Esta iniciativa, apoyada por empresas como AstroScale y Northrop Grumman, tiene como objetivo extender la vida útil y la maniobrabilidad de los satélites al permitirles adaptarse a entornos dinámicos y disputados.<sup>13</sup>

Northwood Space ha demostrado la tecnología de antenas de matriz en fase. Utiliza una conectividad mejorada para optimizar la infraestructura terrestre para comunicaciones por satélite.

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías que impulsan los avances relacionados con el espacio incluyen las siguientes:

- Satélites pequeños. Los satélites modulares, personalizables y rentables, a menudo construidos con arquitecturas CubeSat, permiten una amplia gama de misiones.
- Teledetección. Las tecnologías de imagen y monitoreo de espectro completo observan las características y fenómenos de la Tierra, incluyendo la oceanografía, los patrones climáticos y las formaciones geológicas.
- Avances en SWaP-C. Reducciones en el tamaño, el peso, la potencia y el coste (SWaP-C) de los satélites y vehículos de lanzamiento mejoran la viabilidad de la tecnología espacial.
- Avances en la tecnología de lanzamiento. Innovaciones como los propulsores reutilizables, los materiales avanzados y los vehículos de lanzamiento de carga pesada de menor costo reducen

los costos de lanzamiento y aumentar las tasas de lanzamiento, haciendo que el espacio sea más accesible.

- Tecnologías de conectividad avanzada. Tecnologías como las comunicaciones láser, las antenas escaneadas electrónicamente y las operaciones satelitales automatizadas mejoran las tasas de transmisión de datos, mejoran la conectividad y permiten operaciones satelitales más eficientes.
- Constelaciones LEO. Grandes grupos de satélites en LEO mejoran las comunicaciones, el acceso a internet y la observación de la Tierra, impulsando avances en diversos sectores.
- 5G desde el espacio. La integración de la tecnología 5G con las comunicaciones satelitales permite una conectividad ubicua, especialmente en zonas remotas y desatendidas.
- Lanzadores superpesados. Cohetes con capacidad de carga útil significativamente mayor, como Starship de SpaceX, acceso al espacio para desplegar satélites e infraestructura más grandes y apoyar misiones en el espacio profundo.
- Sistemas espaciales tripulados. Naves espaciales diseñadas para transportar tripulaciones humanas, incluida la Orión. Las naves espaciales del programa Artemis de la NASA son fundamentales para la exploración espacial, la investigación científica y el establecimiento de una presencia humana más allá de la Tierra.

## Incertidumbres clave

Las incertidumbres que rodean la tecnología espacial incluyen las siguientes:

- Relación coste-eficacia de las tecnologías espaciales. La viabilidad económica sigue siendo un desafío para las tecnologías espaciales, en particular a medida que megaconstelaciones como Starlink aumentan su escala. Innovaciones en cohetes y satélites reutilizables. La fabricación reducirá los costes, como ya ha demostrado Starship, el potencial para lograr ahorros significativos.
- Mecanismos de gobernanza del espectro y Derechos de uso de la órbita. La proliferación de satélites, en particular los satélites LEO, aumenta los riesgos de congestión o interferencia en las ranuras orbitales y

<sup>12</sup> "Alertas de conjunción en tiempo real para la seguridad del vuelo", LeoLabs, consultado el 12 de junio de 2025.

<sup>13</sup> Garrett Reim, «Astroscale intentará reabastecer satélites de la Fuerza Espacial de EE. UU. en 2026», Aviation Week Network, 8 de abril de 2025; Sandra Erwin, «Seleccionan puerto de reabastecimiento orbital de Northrop Grumman para satélites militares de EE. UU.», SpaceNews, 29 de enero de 2024; «Astroscale US liderará el primer reabastecimiento de un activo de la Fuerza Espacial de Estados Unidos», AstroScale, 9 de abril de 2025.

Se destaca la necesidad de marcos regulatorios internacionales que aborden los derechos de uso del espectro y la órbita. Las disputas sobre la asignación del espectro, incluidas las que involucran a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y operadores privados, subrayan los beneficios potenciales de establecer normas equitativas.

- Riesgos cibernéticos. Los activos espaciales se enfrentan a un aumento de amenazas de ciberataques como interferencias y suplantación de satélites, incluidos incidentes recientes dirigidos contra sistemas comerciales y de defensa. El desarrollo de cifrado resistente a la tecnología cuántica y protocolos de ciberseguridad robustos es esencial para salvaguardar la infraestructura crítica.
- Tensiones geopolíticas. Las crecientes aspiraciones espaciales y las preocupaciones de seguridad entre las naciones han llevado a la realización de pruebas de armas antisatélite, lo que podría socavar años de colaboración internacional en el espacio. Iniciativas de gobernanza cooperativa como los Acuerdos Artemis carecen de apoyo universal, lo que dificulta mantener la estabilidad de la gobernanza en el espacio.

## Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los países podrían considerar las siguientes preguntas mientras exploran oportunidades relacionadas con las tecnologías espaciales:

- ¿Cómo evolucionará la industria de las tecnologías espaciales?
  - ¿Cómo abordar los crecientes desafíos de la gestión del tráfico y los desechos espaciales?
- ¿Podrían lograrse avances en el lanzamiento de cargas pesadas?
  - Las capacidades y el acceso a la órbita a menor costo transforman fundamentalmente la economía de los satélites. y obligar a los titulares a reinventar sus modelos de negocio?
- ¿Cómo cambiará el auge de las estaciones espaciales comerciales y la fabricación en órbita el panorama económico de la exploración espacial?
- ¿El futuro del espacio se definirá más por...
  - ¿Colaboración internacional o divergencia geopolítica? ¿Cómo deberían posicionarse las organizaciones en este período de incertidumbre geopolítica?

# Futuro de las tecnologías energéticas y de sostenibilidad

Las tecnologías energéticas y de sostenibilidad abarcan un amplio espectro de innovaciones destinadas a transformar el panorama energético global hacia un futuro más sostenible y resiliente.

Esto incluye el espectro de tecnologías que están transformando la cadena de valor energética global, centrándose particularmente en electrones limpios, electrificación y moléculas limpias.

## La tendencia y por qué es importante

La energía es la columna vertebral de la sociedad moderna, impulsando todo, desde la industria y el transporte hasta la infraestructura digital y la vida cotidiana. Por ello, la transformación de sus sistemas de producción, almacenamiento y distribución es uno de los desafíos y oportunidades más importantes de nuestro tiempo. Nuestro análisis de esta tendencia examina el espectro de tecnologías que transforman la cadena de valor energética global, en particular los electrones limpios, la electrificación y las moléculas limpias.

Si bien la tendencia más amplia abarca todo, desde la infraestructura de la red eléctrica hasta la gestión del carbono, nuestra investigación se centra principalmente en las innovaciones que permiten la generación y el uso de electricidad y combustibles bajos en carbono. Además, la energía y

Las tecnologías de sostenibilidad están lejos de ser uniformes y presentan variaciones sustanciales en sus perfiles de costos, madurez, tasas de adopción y potencial de futuras reducciones de costos.

La transformación energética se desarrolla en un contexto de crecientes tensiones geopolíticas, cambios en las políticas e incertidumbre macroeconómica, factores que condicionan las decisiones de inversión y el despliegue tecnológico. Los aranceles a las tecnologías de energía limpia, como los paneles solares y los vehículos eléctricos, podrían incrementar los costos y complicar las cadenas de suministro globales, mientras que la competencia por minerales y componentes críticos se intensifica entre las principales economías. El apoyo político a la transformación de los sistemas energéticos está cambiando en varios países, y las deficiencias en infraestructura son significativas. Al mismo tiempo, el crecimiento explosivo de los centros de datos está impulsando la demanda de electricidad, lo que ejerce una presión adicional sobre las redes. En consecuencia, la transición energética no solo implica descarbonizar, sino también garantizar que los nuevos sistemas sean asequibles, fiables y competitivos a nivel mundial, objetivos que ahora están en la vanguardia de las políticas y la estrategia del sector.

Las incertidumbres clave también están configurando la trayectoria de la transición energética. Más allá del "problema de la adopción", definido como el complejo conjunto de barreras para escalar y comercializar nuevas tecnologías climáticas, los desafíos fundamentales de la innovación obstaculizan el desarrollo de tecnologías innovadoras que sean rentables, fiables y escalables. La necesidad de desarrollar rápidamente infraestructura crítica en un contexto de cuellos de botella en la cadena de suministro, escasez de mano de obra y retrasos regulatorios agrava estos desafíos. La disponibilidad y el abastecimiento sostenible de materiales clave como el litio, las tierras raras y otros minerales críticos también plantean posibles obstáculos para el logro de los compromisos globales de cero emisiones netas. Por último, las transiciones energéticas difieren según la región: el "norte global" trabaja para gestionar la creciente demanda de energía y ampliar las tecnologías de bajas emisiones, mientras que el "sur global" enfrenta el doble desafío de ampliar el acceso a la energía y descarbonizar en contextos diversos y específicos de cada país.

# Futuro de las tecnologías energéticas y de sostenibilidad

## Puntuación de la tendencia

El futuro de las tecnologías energéticas y de sostenibilidad sigue siendo la tendencia más comentada en los medios de comunicación, impulsado por los persistentes desafíos y preocupaciones ambientales, así como por la demanda de soluciones. Sin embargo, el crecimiento de la cobertura informativa entre 2023 y 2024 fue inferior a la atención prestada a la IA, un sector que experimenta avances exponenciales. La inversión de capital en tecnologías energéticas y de sostenibilidad ha fluctuado desde 2020, creciendo un 79 % entre 2020 y 2021, alcanzando un máximo de 315 000 millones de dólares, para luego descender en 2022 y 2023, antes de volver a aumentar entre 2023 y 2024.

Inversión de capital, 2024

**\$223.2** mil millones -6%

Ofertas de trabajo, 2023-24, % de diferencia

○ 2020 ● 2024

## Puntuación, por vector (0 = menor; 1 = mayor)



Nota: Para cada vector, utilizamos un conjunto definido de fuentes de datos para encontrar ocurrencias de palabras clave asociadas con cada una de las 13 tendencias, examinamos esas ocurrencias en busca de menciones válidas de actividad e indexamos los números de menciones resultantes en una escala de puntuación de 0 a 1 que es relativa a las tendencias estudiadas.

## Últimos desarrollos

Los avances recientes en tecnologías energéticas y de sostenibilidad incluyen lo siguiente:

### — La demanda de electricidad ha aumentado

Significativamente. Los centros de datos por sí solos se han convertido en uno de los principales impulsores del aumento del consumo energético mundial, lo que pone de relieve la urgente necesidad de implementar sistemas de energía de bajas emisiones capaces de satisfacer esta creciente demanda.

Sin embargo, alcanzar los objetivos de descarbonización requiere abordar varios desafíos críticos, entre ellos garantizar la flexibilidad en la producción y la demanda para equilibrar los requisitos de carga base y gestionar la intermitencia de las energías renovables.

como la eólica y la solar, y abordar obstáculos económicos como la caída de los precios de captura de las fuentes de energía renovables. En Texas, por ejemplo, están proliferando plantas y motores de gas para generar picos de demanda, junto con sistemas de almacenamiento de energía en baterías para garantizar la disponibilidad de energía durante los períodos pico.

Además, las inversiones en fuentes de energía renovable dependen cada vez más de acuerdos de compra de energía respaldados por balances sólidos para mantenerse viables en un contexto de mercado

Volatilidad. Sin soluciones sistémicas, como nuevos mecanismos de mercado, plazos simplificados para permisos y construcción, soluciones mejoradas para la demanda máxima de energía, una mejor optimización de la infraestructura existente mediante redes inteligentes y la gestión del tiempo.

contratos basados en energía y una mayor flexibilidad operativa: los sistemas eléctricos corren el riesgo de convertirse en un cuello de botella en los esfuerzos más amplios de descarbonización.

Los avances en tecnologías de medición, como las imágenes satelitales y la detección y medición de distancias por luz (LiDAR), han mejorado la capacidad de monitorear y modelar los impactos ambientales con mayor precisión y a menores costos. Estas herramientas permiten un seguimiento más preciso de las emisiones, los cambios en el uso del suelo y la salud de los ecosistemas, lo que facilita una mejor toma de decisiones para las iniciativas climáticas y el cumplimiento normativo. Para las startups que desarrollan tecnologías climáticas, estas innovaciones proporcionan evidencias cruciales que validan los beneficios ambientales, lo que ayuda a asegurar contratos a largo plazo y a mejorar las proyecciones del rendimiento y el impacto de la tecnología.

— El hidrógeno se considera cada vez más como un  
Una opción importante para la descarbonización de sectores difíciles de reducir, con avances tecnológicos continuos y apoyo político que sientan las bases para el crecimiento futuro. Si bien los altos costos de producción y la lenta progresión de los proyectos siguen presentando desafíos, las innovaciones en la tecnología de electrolizadores y la integración con energías renovables de bajo costo están mejorando gradualmente las perspectivas. Europa se mantiene a la vanguardia del desarrollo del mercado del hidrógeno, y China está expandiendo rápidamente su capacidad de fabricación de electrolizadores, lo que indica un impulso creciente, incluso mientras el sector trabaja para superar las principales barreras para su adopción a gran escala.

— Los biocombustibles avanzados y los e-combustibles están ganando terreno tracción, aunque persisten desafíos.

Las innovaciones en la producción de biocombustibles, como el combustible a partir de residuos agrícolas, están mejorando la eficiencia y reduciendo los costos. Persisten las incertidumbres en cuanto a la ampliación de la producción y la reducción de la brecha entre los costos de los biocombustibles y los convencionales. combustibles fósiles, lo que subraya la necesidad de una inversión continua y políticas de apoyo para acelerar su adopción.

La energía nuclear está atrayendo la atención debido a su capacidad para proporcionar electricidad estable a la carga base. Varios países han iniciado o ampliado sus programas de fisión nuclear, y 31 países se han comprometido a triplicar la capacidad mundial de energía nuclear para 2050. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos persistentes, incluyendo altas inversiones, largos plazos de construcción y la continua preocupación pública por la seguridad y los residuos nucleares. Los avances en reactores modulares pequeños (SMR) y la mejora de las economías de escala podrían ayudar a reducir costos y acelerar el despliegue, pero el futuro papel de la energía nuclear sigue siendo muy incierto. Dependiendo de las vías de descarbonización, el apoyo político y el ritmo del progreso tecnológico, la energía nuclear podría representar entre el 8% y el 43% de la electricidad mundial para 2040, con ingresos de mercado que varían ampliamente, alcanzando potencialmente los 400 000 millones de dólares, aunque solo en los escenarios más optimistas. Además de las tecnologías de fisión probadas, la promesa de la fusión nuclear para la generación de energía está atrayendo inversión, pero es necesario superar importantes desafíos técnicos para que esta tecnología se haga realidad.

TALENTO Y MERCADO LABORAL

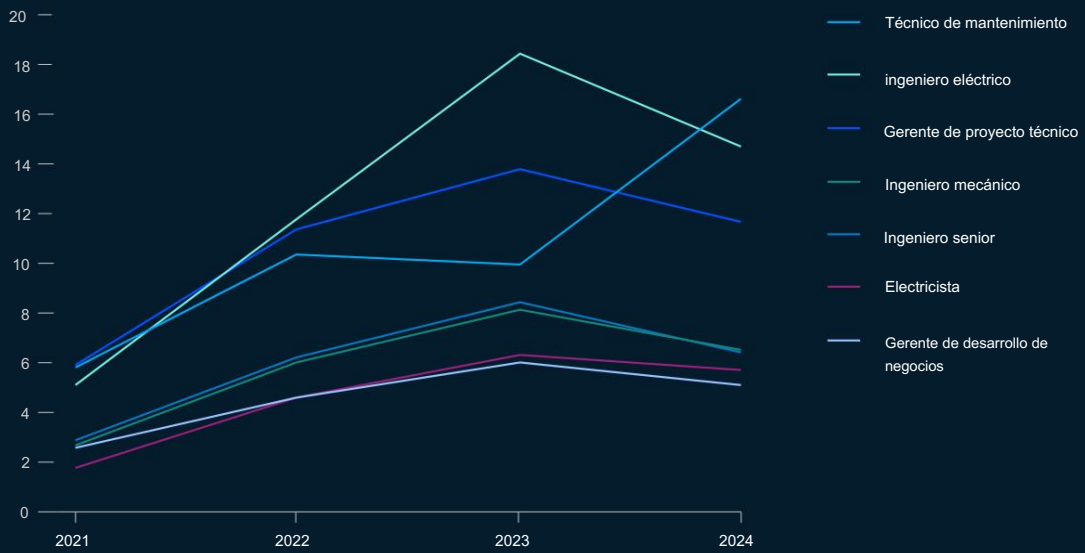
# Futuro de las tecnologías energéticas y de sostenibilidad

## Demanda

El mercado laboral de tecnologías energéticas y de sostenibilidad se ha expandido significativamente desde 2021, con un fuerte crecimiento en puestos que apoyan directamente la transición del sector. Se buscan técnicos de mantenimiento especializados en sistemas de energía renovable, ingenieros eléctricos que trabajan en la modernización de la red y gerentes de proyectos que supervisan iniciativas de descarbonización. Si bien muchos de estos puestos son comunes en todos los sectores, el aumento de vacantes refleja una mayor especialización en el ámbito de la energía y la sostenibilidad.

Si bien la demanda en todas las categorías de empleos, con excepción de los técnicos de mantenimiento, disminuyó en 2024 en comparación con 2023, es probable que la disminución haya reflejado factores económicos más amplios en lugar de una menor demanda de habilidades críticas para avanzar en la electrificación y la implementación de energía limpia.

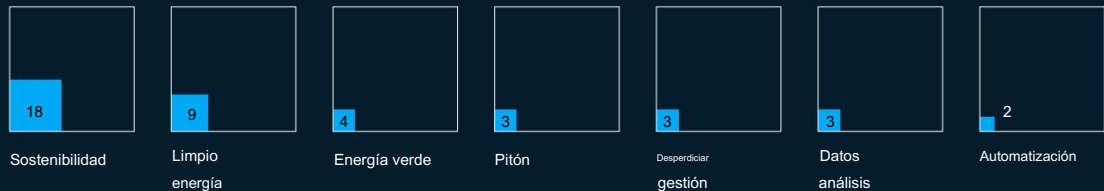
Ofertas de empleo, por título, 2021-24, miles



## Disponibilidad de habilidades

El sector de la energía y la sostenibilidad se enfrenta a una escasez de talento especializado en energías limpias y sostenibilidad, ya que la disponibilidad de candidatos no satisface la demanda. La automatización y otras habilidades técnicas, como Python, cobran cada vez mayor importancia a medida que las tecnologías de IA se integran en los sistemas energéticos. Abordar estas carencias mediante formación específica será esencial para apoyar los esfuerzos continuos de transición energética y descarbonización.

Se requiere talento, porcentaje de publicaciones que requieren habilidad



Disponibilidad de talento, relación entre talento y demanda



Avances en la adopción a nivel mundial. Puntuación de adopción: 3 —

Prueba piloto. Las organizaciones están implementando la tecnología en los primeros casos de uso empresarial, mediante proyectos piloto o una implementación limitada, para evaluar su viabilidad y eficacia.

Sin embargo, las tasas de adopción de tecnologías energéticas y de sostenibilidad varían significativamente, lo que refleja las diferencias en madurez tecnológica, viabilidad económica e infraestructura propicia. Algunas, como la energía solar fotovoltaica (FV) y la eólica, están escalando rápidamente en ciertas regiones. Actualmente, China lidera a nivel mundial la capacidad de fabricación de energía solar fotovoltaica, mientras que India está ampliando su capacidad de producción y se espera que se convierta en el segundo mayor fabricante de energía solar fotovoltaica para 2026. Otras tecnologías, como el hidrógeno verde y los combustibles sintéticos, se encuentran en etapas iniciales de desarrollo. Para algunos casos de uso, la adopción es compleja porque las tecnologías de bajas emisiones establecidas no pueden ofrecer el mismo rendimiento que las alternativas de altas emisiones.

Además, la falta de antecedentes establecidos y otras limitaciones han impedido su despliegue.

Los desafíos más allá de lo tecnológico incluyen la preparación de la cadena de suministro, la disponibilidad de mano de obra y las complejidades de la construcción. Si no se abordan estos desafíos interconectados de forma integral, lograr la adopción generalizada y maximizar el potencial de diversas tecnologías energéticas seguirá siendo difícil.

## En la vida real

Algunos ejemplos del mundo real que involucran la creciente demanda de energía e innovaciones en electricidad verde incluyen los siguientes:

- La empresa británica de tecnología solar Oxford  
La energía fotovoltaica alcanzó un hito en 2024 al comercializar su tecnología solar tándem de perovskita, enviando los primeros paneles a un cliente estadounidense. Estos paneles generan hasta un 20 % más de energía que los paneles de silicio estándar y tienen una eficiencia modular del 24,5 %, lo que representa un avance significativo en la tecnología solar.
- Enpal, una empresa alemana líder en energía solar, está invirtiendo en el desarrollo de la fuerza laboral para ampliar la adopción de energía solar. En junio de 2024 se inauguró en Blankenfelde-Mahlow la mayor academia de bombas de calor de Europa, invirtiendo varios millones de euros para formar a instaladores y especialistas en tecnología de bombas de calor. Esta iniciativa tiene como objetivo crear más de 1.000 puestos de trabajo adicionales en el sector alemán de bombas de calor para apoyar la ambición de Enpal de convertirse en líder del mercado en la instalación de bombas de calor.
- Boston Metal, una empresa con sede en Massachusetts  
Esta startup utiliza tecnología de electrólisis de óxido fundido para revolucionar la producción de acero y la extracción de metales de alto valor. Su proceso utiliza electricidad en lugar de combustibles fósiles, con el potencial de reducir hasta un 10 %.



El auge de la IA está impulsando un aumento sin precedentes en la demanda de computación, lo que requiere un crecimiento masivo de infraestructura impulsado de forma sostenible. El éxito depende de la rápida innovación en la integración de energías limpias, sistemas de refrigeración avanzados y la modernización de la red eléctrica. Estos desafíos reflejan la necesidad de responder al rápido crecimiento de la demanda energética y el deseo de seguridad energética.

—Bernd [Heid](#), socio principal, Nueva York

de las emisiones globales de carbono vinculadas a la producción tradicional de acero. En 2025, la empresa operó con éxito su reactor más grande hasta la fecha, produciendo más de una tonelada de acero en una sola pasada.

— KoBold Metals utiliza inteligencia artificial y análisis de datos para

Explorar metales críticos para baterías, como cobalto, níquel, cobre y litio. Mediante la integración de grandes conjuntos de datos de fuentes geológicas, geofísicas y geoquímicas, la empresa busca mejorar la eficiencia y la precisión en la identificación de posibles yacimientos minerales. KoBold colabora con socios mineros en diversas regiones para facilitar el abastecimiento de materiales.

Esencial para los vehículos eléctricos y renovables.

Tecnologías energéticas. Su enfoque puede abordar algunos desafíos en la exploración minera, aunque el impacto a largo plazo en las cadenas de suministro y la sostenibilidad continúa evolucionando.

—Las soluciones de calor electrificadas, como el RotoDynamic Heater

de Coolbrook, están ganando terreno.

Estos sistemas utilizan electricidad para generar calor muy alto para descarbonizar los procesos industriales.

La tecnología demostró su capacidad para el calentamiento de procesos a alta temperatura, completando así la primera fase de pruebas piloto a gran escala. Coolbrook afirma que su tecnología RotoDynamic podría reducir las emisiones globales de CO2 hasta en un 30 % al sustituir los combustibles fósiles en industrias de alto consumo energético, como la siderúrgica, la cementera y la petroquímica.

El siguiente es un ejemplo real de avances en tecnologías de medición:

— Carbon Mapper, una coalición sin fines de lucro

Aprovechando la tecnología satelital avanzada, lanzó el satélite Tanager-1 en 2024 para detectar, localizar y rastrear los "superemisores" de metano y CO2 en todo el mundo con una precisión sin precedentes. La coalición pone a disposición del público los datos de emisiones a nivel de instalaciones para impulsar una mitigación rápida y apoyar los objetivos climáticos globales. Al combinar el espectrómetro de imágenes de vanguardia del JPL de la NASA con la ágil plataforma satelital de Planet Labs, los datos abiertos de Carbon Mapper ayudan a los gobiernos, la industria y el público en general a identificar fugas y verificar las reducciones.

El siguiente es un ejemplo real de los avances en el hidrógeno:

— La rápida expansión del electrolizador en China

La capacidad de fabricación, que ahora representa alrededor del 60 por ciento de la producción mundial, ha

redujo los costos de los equipos y posicionó al país como un proveedor clave para la economía emergente del hidrógeno del mundo, con proyectos que se espera que superen los objetivos nacionales para fines de 2024. Este aumento está permitiendo una producción de hidrógeno verde más asequible a nivel mundial y atrayendo a desarrolladores de proyectos internacionales, incluso cuando el sector continúa enfrentando desafíos con el financiamiento de proyectos, el desarrollo de infraestructura y la alineación del suministro de energía renovable con la demanda de hidrógeno.

El siguiente es un ejemplo real de avances en

Biocombustibles y e-combustibles:

Los e-combustibles (combustibles sintéticos generados a partir de electricidad renovable) se perfilan como una tecnología prometedora para la descarbonización de sectores como la aviación, el transporte marítimo y el transporte pesado por carretera. La empresa suiza Synhelion, entre otras, está desarrollando procesos de producción de e-combustibles que omiten los pasos tradicionales, lo que podría reducir los costos. En 2024, Synhelion inauguró DAWN, la primera planta a escala industrial del mundo que produce combustibles sintéticos mediante calor solar, en Jülich, Alemania. El proceso de Synhelion utiliza energía solar concentrada para alcanzar temperaturas de hasta 1200 °C en un reactor termoquímico que produce gas sintético directamente a partir de CO2 y agua. Esto podría reducir los costos de producción y mejorar la eficiencia general.

Algunos ejemplos reales de avances en energía nuclear incluyen los siguientes:

Los pequeños reactores modulares (SMR) prometen reducir costos y acelerar el despliegue de plantas de fisión nuclear, con iniciativas en marcha tanto en Estados Unidos como en Europa. En Estados Unidos, empresas como Oklo, X-energy, TerraPower y Kairos Power compiten por desarrollar SMR comercialmente viables y asegurar las cadenas nacionales de suministro de combustible.

Microsoft, Google y Amazon han anunciado acuerdos con operadores y desarrolladores de plantas de energía nuclear para ayudar a satisfacer la creciente demanda de energía de los centros de datos.

Una nueva ola de empresas e iniciativas públicas se apresura a convertir la fusión nuclear en una fuente práctica de energía limpia. Commonwealth Fusion Systems y Tokamak Energy, con sede en el Reino Unido, están construyendo diferentes diseños de reactores basados en tokamak utilizando potentes superconductores .

Imanes, mientras que Helion desarrolla un sistema lineal pulsado. Proyectos gubernamentales como ITER en Francia, KSTAR en Corea del Sur y EAST en China están ampliando los límites de la ciencia del plasma. Sin embargo, todos estos esfuerzos siguen siendo experimentales, y la promesa de la fusión de energía abundante y libre de carbono es incierta hasta que se superen los desafíos técnicos.

## Tecnologías subyacentes

Las tecnologías que impulsan las tecnologías energéticas y de sostenibilidad incluyen las siguientes:

- **Fisión nuclear.** Esta fuente de energía baja en carbono proporciona energía de base, lo que contribuye a la estabilidad de la red y a la reducción de emisiones.
- **Energías renovables.** Las fuentes de energía limpia, como la solar, la eólica y la hidroeléctrica, son esenciales para descarbonizar el sector eléctrico.
- **Sistemas solares fotovoltaicos avanzados.** Se trata de tecnologías solares de última generación que mejoran la eficiencia y reducen los costos.
- **Hidrógeno.** Como portador de energía versátil, producido a partir de fuentes renovables, hidrógeno Podrían descarbonizar sectores difíciles de reducir.
- **Combustibles sostenibles.** Son combustibles bajos en carbono, alternativas a los combustibles fósiles convencionales, incluidos los biocombustibles y los combustibles sintéticos, para reducir las emisiones en el transporte y la industria.
- **Baterías.** Los dispositivos de almacenamiento de energía permiten la integración de fuentes de energía renovables intermitentes y apoyan la electrificación del transporte.
- **Almacenamiento de energía.** Estas tecnologías almacenan energía para su uso posterior, equilibrando así la oferta y la demanda en los sistemas de energía renovable.
- **Bombas de calor.** Estas eficientes bombas de calefacción y Los sistemas de refrigeración transfieren calor de un lugar a otro, reduciendo el consumo de energía en los edificios.
- **Tecnologías de redes inteligentes.** Los sistemas avanzados de redes eléctricas optimizan la distribución energética, permiten la integración de recursos energéticos distribuidos e incorporan soluciones de flexibilidad orientadas a la demanda para equilibrar los patrones de oferta y consumo.
- **Medición, informes y verificación**

Sistemas de MRV (Reporte, Monitoreo, Verificación y Verificación). Estas herramientas y procesos

cuantificar y rastrear con precisión las emisiones y absorciones, garantizando la eficacia de los esfuerzos de mitigación del clima.

- **Tecnologías de eficiencia energética.** Este conjunto de tecnologías comprende tecnologías y prácticas que reducen el consumo de energía, manteniendo o mejorando la calidad del servicio prestado. Algunos ejemplos incluyen electrodomésticos de alta eficiencia, mejor aislamiento, sistemas inteligentes para la gestión de edificios y procesos industriales optimizados.
  - **Captura de carbono o captura directa de aire (DAC).** Estas tecnologías están diseñadas para capturar emisiones de CO<sub>2</sub>, ya sea de fuentes puntuales (por ejemplo, centrales eléctricas o instalaciones industriales) o directamente del aire ambiente. El CO<sub>2</sub> capturado puede almacenarse permanentemente bajo tierra o utilizarse en diversos procesos industriales.
  - **Almacenamiento de larga duración.** Estas tecnologías de almacenamiento de energía permiten almacenar energía durante periodos prolongados (desde varias horas hasta días o incluso semanas), lo que permite abordar la variabilidad de las fuentes de energía renovable y garantizar la fiabilidad de la red. Algunos ejemplos son las baterías avanzadas, el almacenamiento hidroeléctrico por bombeo, el almacenamiento de energía mediante aire comprimido y el almacenamiento de hidrógeno.
  - **Almacenamiento de energía térmica.** Estas tecnologías almacenan energía en forma de calor o frío para su uso posterior. Esto puede incluir el almacenamiento de calor procedente de colectores solares térmicos, calor residual industrial o el exceso de electricidad para aplicaciones de calefacción o refrigeración.
  - **Soluciones de adaptación.** Son medidas Se han adoptado medidas para adaptarse a los efectos reales o previstos del cambio climático. La adaptación abarca una amplia gama de medidas, desde la construcción de infraestructuras más resilientes y el desarrollo de cultivos resistentes a la sequía hasta la implementación de sistemas de alerta temprana para fenómenos meteorológicos extremos y la gestión del retroceso costero.
- ## Incertidumbres clave
- Las principales incertidumbres que afectan a las tecnologías energéticas y de sostenibilidad incluyen las siguientes:
- **Resiliencia y flexibilidad de la red.** La capacidad de La capacidad de las redes eléctricas para manejar cantidades cada vez mayores de energía renovable variable y al mismo tiempo mantener la estabilidad y la confiabilidad es una gran incertidumbre en la transición energética.



## Descarbonizar sectores difíciles de reducir requiere más que avances tecnológicos. Exige una acción coordinada entre industrias, gobiernos y comunidades para garantizar que la innovación sea accesible, asequible y resiliente ante la incertidumbre global.

— Sebastián Mayer, socio, Múnich

- Desarrollo de infraestructura. La escala de las mejoras de infraestructura necesarias para la transición energética, incluidas las líneas de transmisión, las estaciones de carga y los gasoductos de hidrógeno, son enormes y enfrentan posibles demoras y desafíos de financiación.
- Cadena de suministro y limitaciones de recursos . La disponibilidad y el abastecimiento sostenible de materiales críticos para las tecnologías de energía limpia, como los elementos de tierras raras y el litio, podrían limitar la velocidad de implementación.
- Dinámica del mercado. La interacción entre los mercados energéticos tradicionales y emergentes, incluyendo el futuro papel de los combustibles fósiles y la competitividad de las energías renovables, sigue siendo un área clave de incertidumbre.
- Ritmo de innovación y reducción de costes. La velocidad a la que tecnologías como los electrolizadores de hidrógeno verde, las baterías avanzadas y los combustibles sintéticos mejoran los costos y el rendimiento (por ejemplo, logran la paridad de costos con las alternativas de combustibles fósiles) sigue siendo incierta, lo que afecta su escalabilidad y adopción en sectores difíciles de reducir.
- Mercado sistémico y evolución regulatoria. La capacidad de los diseños del mercado eléctrico y de los marcos regulatorios para adaptarse rápidamente e incentivar la flexibilidad, la resiliencia y las inversiones bajas en emisiones es incierta, lo que plantea riesgos para la estabilidad y la asequibilidad de la red.
- Disponibilidad de mano de obra y talento. La capacidad de ampliar los programas de desarrollo y capacitación de la fuerza laboral para abordar la grave escasez de talento en energía limpia, sostenibilidad y competencias digitales esenciales para las tecnologías de transición energética es incierta, lo que conlleva el riesgo de retrasos en los proyectos y cuellos de botella en la innovación.

- Impactos macroeconómicos en la inversión. La inflación, el aumento de las tasas de interés y las perturbaciones del comercio mundial crean incertidumbre sobre los costos de financiamiento y los flujos de inversión para proyectos de energía limpia a gran escala.

### Grandes preguntas sobre el futuro

Las empresas y los líderes podrían querer considerar algunas preguntas al buscar tecnologías energéticas y de sostenibilidad:

- ¿Qué se necesita para acelerar la transición? de tecnologías climáticas prometedoras del laboratorio al mercado, en particular en sectores difíciles de reducir ¿Como el acero y el cemento?
- ¿Cómo pueden las innovaciones digitales (como la inteligencia artificial, los sensores y los análisis avanzados) acelerar la implementación y la integración de energías renovables y tecnologías climáticas en sistemas energéticos fragmentados?
- A medida que aumenta la electrificación global, ¿cómo... ¿Cómo se adaptan los sistemas energéticos a la creciente demanda, a una propiedad más distribuida de la generación y el almacenamiento y a la necesidad de una gobernanza de la red de próxima generación?
- ¿Cómo pueden los países y las empresas asegurar cadenas de suministro resilientes y diversificadas para materiales esenciales para la energía limpia en medio de crecientes tensiones geopolíticas?
- ¿Qué marcos regulatorios y mercados existen? ¿Qué mecanismos podrían desbloquear la inversión y la coordinación necesarias para ampliar las tecnologías energéticas de próxima generación manteniendo al mismo tiempo la asequibilidad y la confiabilidad?



Julio de 2025

Derechos de autor © McKinsey & Company

Diseñado por McKinsey Global Publishing

[McKinsey.com](https://www.mckinsey.com)

