

GERMAN PETERSEN

EMPRESA INTELIGENTE

Cómo la **IA**
puede optimizar
tu negocio



GERMAN PETERSEN

EMPRESA INTELIGENTE



MADRID | CIUDAD DE MÉXICO | BUENOS AIRES | BOGOTÁ
LONDRES | SHANGHÁI

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
01. LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	19
El concepto.....	22
Tipos de IA.....	24
Un vistazo a las revoluciones industriales	28
La destrucción creativa en el marco de la quinta revolución industrial	31
Automatización e impacto laboral de la IA	32
Investigación científica e innovación digital	37
02. TECNOLOGÍA DIGITAL Y EMPRESAS INTELIGENTES.....	43
Área 1. Planeación	46
Área 2. Comercial	51
Área 3. Operaciones	54
Área 4. Finanzas.....	57
Área 5. Mercadotecnia	60
Establecer prioridades en la transformación de la IA	62

O3. SISTEMAS DE IA Y TENDENCIAS DE TRANSFORMACIÓN EN CUATRO INDUSTRIAS.....	67
El paso de modelos y agentes a sistemas de IA.....	72
Industria 1. Alimentos y bebidas	78
Industria 2. <i>Retail</i>	83
Industria 3. Bienes raíces	88
Industria 4. Fútbol	90
La ley de Moore y el futuro de los costos de la IA.....	94
O4. RETOS DE LA IA EMPRESARIAL.....	99
Reto 1. Medición de impacto en la era de la IA.....	102
Reto 2. Cómo enfrentar la interacción entre la inteligencia humana y la artificial.....	105
Reto 3. La competencia global por atraer talento al campo de la IA.....	107
Reto 4. La tensión entre avance rápido y seguridad.....	109
Reto 5. Regulación: ¿macrorregulación o microintervenciones normativas?	112
CONCLUSIONES: LECCIONES SOBRE EL FUTURO DE LAS EMPRESAS Y LA IA.....	117
Lección 1. Contar con el talento correcto.....	119
Lección 2. Es más importante seguir avanzando que hacerlo rápido.....	120
Lección 3. Construir desde el inicio una IA autosostenible.....	121
REFERENCIAS	125

INTRODUCCIÓN

Esto no es una pipa.

René Magritte

Es a partir, sobre todo, de 2022 cuando se empieza a hablar de las transformaciones que las herramientas de la IA conversacional han traído y seguirán trayendo a la sociedad, la economía y la dinámica empresarial.

Inmediatamente después de la ola detonada el 30 de noviembre de 2022 con el lanzamiento de ChatGPT, no fueron pocos quienes cayeron en la trampa de limitar la discusión sobre la IA empresarial exclusivamente a este chatbot, perdiendo de vista la magnitud y la complejidad de la revolución económica en curso.

En un primer momento, no éramos tantos quienes argumentábamos —como en el famoso cuadro de René Magritte donde aparece una pipa con la leyenda: «Esto no es una pipa»— que se debía afirmar: «Esto no es (solo) ChatGPT» (Petersen, 2023a).

No se puede desconocer que la liberación de ChatGPT llevada a cabo por OpenAI a finales de 2022 fue un auténtico parteaguas en la historia de la IA. La manera en que desarrolla su aprendizaje a partir de enormes volúmenes de datos y la posibilidad de generar contenido conversacional accesible para prácticamente cualquier persona representaron un salto cuántico.

Además, la herramienta de la ahora célebre empresa liderada por el estadounidense Sam Altman condujo a la IA generativa y conversacional a una escala inédita de uso y apropiación social. Con más de 200 millones de accesos cada semana (Reuters, 2024), ChatGPT se convirtió en la piedra inicial de un proceso mucho más ambicioso en el que ahora está embarcado OpenAI: el desarrollo de la famosa IA general (AGI, por sus siglas en inglés), teóricamente asimilable a la inteligencia humana.

El asunto de la AGI es espinoso en tanto una inteligencia de nivel semejante a la humana implicaría mayores escenarios para el desplazamiento de los humanos no solo en el ámbito laboral, sino también social e incluso político. Sobre este asunto comenzó reflexionando Sam Altman en 2025: «Ahora estamos seguros de que sabemos cómo construir una AGI tal como la hemos entendido tradicionalmente. Creemos que pronto podríamos ver a los primeros agentes de IA ‘unirse a la fuerza laboral’ y cambiar de manera significativa el desempeño de las empresas».

Hoy en día, ha quedado claro que el ecosistema de IA va mucho más allá de ChatGPT, creando una industria vibrante que crece a ritmos vertiginosos y con estrategias diversas. Entre la diversificación está el que algunos hayan recurrido a grandes modelos de lenguaje (LLM, por sus siglas en inglés) de código abierto, que teóricamente es posible descargar para que corran en un servidor local, mientras que otros han optado por el código cerrado.

Las apuestas más famosas por código abierto son dos: primero Meta, liderada en materia de IA por el computólogo francés Yann LeCun, Premio Turing 2018 (reconocimiento considerado el Nobel en ciencias de la computación). Segundo, DeepSeek, el chatbot de origen chino que hizo temblar a los mercados a inicios de 2025 por haber desarrollado un LLM del nivel de OpenAI con una fracción del costo, evidenciando con ello la posibilidad de que el desarrollo de la IA pudiera ser mucho más económico de lo que se había asumido.

Sin embargo, lo que diferencia las estrategias de los grandes jugadores de la industria de la IA no solo tiene que ver con la apertura y clausura del código fuente. También difieren en si concentraron sus esfuerzos en un solo modelo —como OpenAI con ChatGPT, que ahora incluso cuenta con un ChatGPT Agent capaz de realizar tareas como reservaciones, compras y lectura de correos— o en más de uno —como el caso de Google, que comenzó con los LLM Gemini y Palm, y que ahora convergen en Gemini—.

También está como criterio de diferenciación si apuestan por el mercado abierto de consumidores, como es el caso de OpenAI, o más bien por los desarrolladores, que es lo que ha intentado el chatbot Claude, de Anthropic, empresa fundada por el estadounidense Dario Amodei, expleado de OpenAI, y que ha sido fuertemente apoyada por el dueño de Amazon, Jeff Bezos.

De la misma forma, existen diferencias entre empresas como OpenAI o Anthropic, que son nativas de la IA (nacieron como tales) y aquellas herramientas que han surgido vinculadas a compañías que no eran originalmente de IA, como es el caso de Copilot de Microsoft o, célebremente, el LLM Grok de X. Grok puede leerse como el intento de Elon Musk por no quedarse fuera de la revolución de la IA después de haber sido el principal financiador de OpenAI en sus inicios y de haber roto con la organización

cuando esta decidió convertirse en empresa, en lugar de mantenerse fiel al espíritu original de entidad sin fines de lucro (Isaacson, 2023).

En la base de toda la tecnología anterior están las unidades de procesamiento gráfico (GPU, por sus siglas en inglés) creadas por NVIDIA, que se han convertido auténticamente en las vías férreas por las que corre la IA. Además, el CEO de NVIDIA, el taiwanés Jensen Huang, ha logrado acuerdos políticos que hoy le permiten incluir cada vez más mercados en su expansión comercial, incluyendo China, aun cuando se trata de una empresa estadounidense. El haber provisto la infraestructura de la actual ola de IA ha posibilitado que NVIDIA se convierta en la empresa pública más valiosa en la historia, superando los cuatro billones de dólares a mediados de 2025 (The New York Times, 2025).

Las empresas de distintas industrias enfrentan un momento decisivo para adoptar e integrar la IA en sus procesos. Desde el *retail* hasta los bienes raíces, pasando por alimentos, bebidas e incluso fútbol, las posibilidades de la IA son tan amplias como los desafíos que plantea. El propósito de este libro es proporcionar a las empresas orientaciones concretas y estructuradas sobre cómo la IA puede ser un catalizador para su crecimiento y transformación. Mediante un análisis detallado, exploraremos las oportunidades y los desafíos que esta tecnología representa, así como las estrategias clave para su implementación efectiva en diversos sectores. También se pretenden identificar las mejores prácticas globales que puedan adaptarse a cada contexto, de modo que las empresas no solo adopten la IA, sino que también la conviertan en una ventaja competitiva sostenible.

En cuanto al contenido del libro, está organizado de manera que los lectores puedan comprender tanto el panorama general de la IA como su aplicación específica en el ámbito de los negocios.

El texto inicia con un capítulo dedicada a analizar la era de la IA en el contexto de la historia de las revoluciones industriales, conceptualizando —con evidencia— la revolución en curso como la quinta revolución industrial. Como parte de ello, se muestran los alcances que hasta el momento ha mostrado el binomio humano-máquina, poniendo el foco en la creación y destrucción de puestos de trabajo y en la investigación científica, incluyendo en este último rubro el otorgamiento de los Premios Nobel de Física y Química 2024 a investigadores propiamente del campo de la IA: el Nobel de Física para el estadounidense John Hopfield y el canadiense Geoffrey Hinton —conocido como «el padrino de la IA»—, y el de Química para el británico Demis Hassabis y el estadounidense John Jumper.

En el capítulo 2 se aborda la transformación empresarial en el contexto de las tecnologías digitales crecientemente inteligentes, destacando estrategias y prioridades para su adopción en cinco áreas de la empresa: Planeación, Comercial, Operaciones, Finanzas y Mercadotecnia. En este capítulo se incluyen casos reales de modelos o agentes de IA que generan valor para empresas concretas en estas cinco divisiones de negocio. El objetivo de presentar estos casos es inspirar y guiar a otros empresarios, ejecutivos y profesionales a replicar dichos ejercicios en sus organizaciones.

El capítulo 3 aborda, en primer término, el viraje más significativo de 2025 en la industria de la IA empresarial: la transición de modelos individuales a agentes y, posteriormente, a sistemas interdependientes que integran múltiples modelos para maximizar valor. Se explica por qué las empresas están migrando hacia arquitecturas de IA más amplias, capaces de coordinar capacidades diversas y generar optimizaciones superiores a las de cualquier modelo aislado.

En la parte central, se presentan casos concretos de cuatro industrias que ya operan con sistemas de IA: alimentos y bebidas, *retail*, bienes

raíces y fútbol. Se detalla cómo estas arquitecturas permiten optimizar ventas, precios, abastecimiento, selección de talento y experiencia del usuario, entre otros procesos.

Finalmente, se analizan los costos y la tendencia a su disminución —alineada con la ley de Moore—, así como los efectos de esta dinámica en la democratización, el ROI y la reinversión estratégica en IA.

El capítulo 4 examina los cinco retos de la IA, especialmente en su aplicación empresarial. Primero, medir su impacto real en desempeño y rentabilidad, aprovechando metodologías de evaluación causal de innovaciones y decisiones. Segundo, identificar con precisión áreas cognitivas donde la IA supera o queda detrás de los humanos, explorando sus causas. Tercero, enfrentar las presiones del mercado laboral, marcado por vacantes crecientes en este ámbito pese a temores de desplazamiento de empleo. Cuarto, gestionar la tensión entre un avance acelerado, con riesgos de seguridad y legales, y un desarrollo controlado que permita límites progresivos. Finalmente, se exploran posibles regulaciones que equilibren desarrollo tecnológico, seguridad, derechos de autor y privacidad, garantizando un marco responsable y funcional para la adopción de esta tecnología.

A manera de conclusión, el libro cierra con algunas reflexiones sobre el futuro empresarial dentro del contexto de la aceleración del mundo de la IA.

El mensaje es claro: si las empresas toman decisiones adecuadas basadas en teoría sólida y experiencias prácticas, la revolución de la IA puede hacer una enorme contribución a su desarrollo.

En la base de todo lo anterior está una posibilidad consistente en creer que nada en nuestro futuro tecnológico ni en el desarrollo económico

está fatalmente definido, y mucho menos clausurado; por el contrario, el futuro económico sigue siendo un espacio de apertura por llenar con contenido decidido por actores industriales y comerciales.

En suma, lo que se propone este libro es brindar una orientación que permita a líderes empresariales y tomadores de decisiones contar con las herramientas y conocimientos necesarios para adoptar acuerdos informados y aprovechar al máximo las posibilidades que ofrece la IA.

01

LA ERA DE LA
INTELIGENCIA
ARTIFICIAL

*El proceso de destrucción creativa es el
hecho esencial del capitalismo.*

Joseph A. Schumpeter

Ante el ascenso de la IA en los entornos empresariales surge una pregunta que no parece exagerada: ¿el dilema para las empresas es elegir entre la IA o morir? (Petersen, 2024f). El dinamismo y la velocidad de los avances en IA han generado una sensación de urgencia y premura generalizadas. Las compañías de todas las industrias se enfrentan a una revolución tecnológica con pocos precedentes que promete redefinir desde las cadenas de suministro hasta las relaciones con los clientes y consumidores.

Más que un conjunto de herramientas, la IA se ha convertido en una tecnología revolucionaria que desafía la manera en que las organizaciones entienden el trabajo, el valor y la innovación. El presente capítulo busca responder la pregunta inicial a partir de contextualizar el momento histórico que vivimos y, posteriormente, explorar por qué la IA representa una transición tecnológica de magnitudes comparables a la Revolución Industrial británica del siglo XIX y al resto de las revoluciones industriales.

La primera revolución industrial estuvo marcada por la mecanización, así como por el uso de energía y vapor. En cambio, la era de

la IA está impulsada por datos, algoritmos y una capacidad de procesamiento sin precedentes. No obstante, en términos de impacto, su efecto sobre la estructura económica y las relaciones sociales dentro de las esferas productiva, financiera y comercial será equiparable a las demás revoluciones industriales que ha visto la *longue durée* del capitalismo, término del historiador francés Fernand Braudel (1958).

El presente capítulo comienza por clarificar el socorrido, pero no tan frecuentemente definido, término «inteligencia artificial», así como sus clasificaciones. Posteriormente, enmarca las transformaciones estructurales en curso en el contexto de la quinta revolución industrial, con atención a sus aspectos empresariales y laborales. Acto seguido, trata las implicaciones de la tecnología pensante para la investigación científica, actividad no necesariamente relacionada con la labor diaria de la mayoría de las empresas, pero que, como veremos, está indirectamente conectada con su futuro.

EL CONCEPTO

¿Qué es la IA? Cuando menos, ¿qué entenderemos a lo largo de este libro por este concepto? De las miles de definiciones que pueden existir, la siguiente me parece particularmente acertada: «La ciencia y el conjunto de tecnologías computacionales que se inspiran en —pero típicamente operan de forma muy diferente a— las maneras en que las personas usan sus sistemas nerviosos y cuerpos para percibir, aprender, razonar y actuar» (AI100 Standing Committee, 2016). Esta definición resalta no solo la capacidad funcional de la IA, sino también su naturaleza como un reflejo tecnológico de la complejidad cognitiva humana.

Su autoría corresponde al AI100 Standing Committee, un conglomerado de expertos en IA convocados por la Universidad de Stanford. Desde su fundación en 2016, el objetivo del Comité ha sido desarrollar una metodología que le permita seguir los avances de la IA en el mundo durante un periodo de cien años, con reportes cada cinco (hasta ahora se cuenta con 2016, 2021 y se espera el de 2026). El equipo consiguió donantes que garantizaron el financiamiento desde el inicio para mantener la investigación activa hasta 2116.

Con respecto a la definición, resulta pertinente enfatizar tres elementos fundamentales. En primer lugar, la IA se trata de dos cosas a la vez: ciencia y conjunto de tecnologías. Frecuentemente, nos encontramos con las tecnologías, pero detrás de ellas hay un trabajo científico que las hace posibles.

Lo segundo se encuentra en la oración subordinada: la manera en que operan las máquinas, si bien está inspirada en los humanos, es diferente a como opera una mente humana en términos de flujos, programación y arquitectura. No obstante, aunque difieren en sus procesos, comparten objetivos similares. ¿Para qué se utilizan las tecnologías de IA? Para percibir, aprender, razonar y actuar. En definitiva, el objetivo es emular la capacidad humana de pensamiento y de percepción mediante mecanismos distintos a aquellos con los cuales los humanos procesan la información.

Tercero, estas tecnologías se inspiran en cómo las personas usan su sistema nervioso y su cuerpo. Respecto al cuerpo humano, la IA tiene un ámbito particularmente relevante en sus aplicaciones en la robótica, una de las fronteras hacia donde avanzan con fuerza empresas como NVIDIA o Google. De hecho, esta rama de la robótica opera mediante mecanismos diferentes a los del cuerpo humano

y no necesariamente busca emular la anatomía o el movimiento de humanos o animales, según sea el caso.

Para ilustrar lo anterior, pensemos por ejemplo que la humanidad lleva más de cien años construyendo dispositivos que vuelan, pero apenas hace unos cuantos ha empezado a desarrollarlos utilizando los mismos mecanismos que emplean las aves. Es decir, la razón física por la cual vuela un avión es radicalmente distinta a la que permite el vuelo de un pájaro. De hecho, los dispositivos que intentan volar imitando la tecnología natural de las aves son relativamente recientes y con frecuencia suelen fracasar.

Por lo tanto, no necesariamente se debe seguir la ruta humana. Eso es, precisamente, lo que sugiere en el fondo la definición: alcanzar los objetivos deseados puede lograrse mediante mecanismos distintos a los que usan los humanos.

TIPOS DE IA

Más allá de la definición, la IA suele clasificarse en dos tipos: generativa y predictiva. La primera produce contenido propio (textos, imágenes, audio o código computacional) que se crean como una respuesta a comandos humanos, y utilizando modelos lingüísticos avanzados que transforman entradas en salidas significativas. Este tipo de IA sustenta herramientas masivamente utilizadas en el ámbito empresarial, entre las que se encuentran los modelos ChatGPT y Gemini.

En general, la principal interacción de las empresas y de la sociedad con la IA generativa es conversacional, es decir, mediante chatbots. Estos permiten interactuar a través de un lenguaje natural con un

*La era de la IA,
sustentada en datos y
poder computacional,
transformará la
estructura económica y
social con un impacto
comparable al de
anteriores revoluciones
industriales.*

LLM. Fundamentalmente, el chatbot toma el comando (*prompt*) del usuario, lo lleva al LLM y, apoyándose en este, crea texto (o imágenes) que responde al comando inserto. Además de la interacción conversacional, en las empresas se ha vuelto cada vez más común relacionarse con los LLM mediante consultas por una interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés), que permite preguntas masivas sin necesidad de un usuario enfrente.

La IA predictiva, por su parte, se apoya en información cuantitativa histórica que ayuda a anticipar tendencias futuras, pero también a analizar datos faltantes en el presente o en el pasado (Kahneman, Sibony & Sunstein, 2021). Dicho enfoque predictivo es crucial para la transformación digital de áreas tales como Planeación, Comercial, Operaciones, Finanzas y Mercadotecnia.

Ahondando más en la IA predictiva, esta se basa en el aprendizaje automático (ML, por sus siglas en inglés). En el contexto del ML, a partir de datos históricos se programa un algoritmo o modelo para que «aprenda» a identificar patrones en los datos y genere conclusiones que no fueron explícitamente definidas por el programador; en otras palabras, para que sea capaz de emitirlas de manera autónoma.

En cuanto a la utilidad del ML, dos de las tareas más comunes en los negocios que utilizan estas herramientas son predecir (demanda, oferta, competencia, inflación, tipo de cambio, etc.) y optimizar (precio, compras, abastecimiento, logística, mercadotecnia y más).

La IA supera a la inteligencia humana en estas tareas por al menos cuatro razones: puede procesar volúmenes de datos mucho mayores y lo hace con mayor rapidez; comete menos errores de cálculo y, en principio, está menos expuesta a sesgos cognitivos humanos (aunque

no está exenta de sesgos propios ni de riesgos de alucinación, como veremos más adelante) (Petersen, 2023b).

Hay varios casos icónicos del exitoso uso de ML en contextos predictivos y también de optimización en empresas. En cuanto a predicción, tenemos el lanzamiento de la afamada serie de Netflix *House of Cards*, que se basó en el análisis del comportamiento de los suscriptores de la plataforma mediante ML. Se trató, literalmente, de un éxito por diseño, en donde la compañía había predicho que el producto sería ampliamente aceptado. El impacto de la serie fue, efectivamente, enorme: con una inversión de 100 millones de dólares en las primeras dos temporadas se volvieron líderes en la producción de contenidos (antes solo se dedicaban a la reproducción de estos).

De acuerdo con datos del periodista estadounidense Paul La Monica (2017), en tan solo cuatro años, de 2013 a 2017, Netflix pasó de 33 a 109 millones de suscriptores, con una facturación que fue creciendo en proporción semejante. Más impresionante aún: el valor de la compañía se multiplicó catorce veces, pasando de 6 a 85 000 millones de dólares. Por si esto fuera poco, el precio de la acción se incrementó más de 600 %.

En lo que respecta a optimización, el uso del precio dinámico para maximizar rentabilidad es cada vez más frecuente (antes solo se limitaba a la tarifa de Uber o a los precios de los vuelos). Hoy en día, de acuerdo con FT Strategies (2022), se estima que entre el 25 % y el 30 % de los minoristas en Reino Unido y Europa han adoptado estrategias de precios dinámicos. Amazon, por ejemplo, ajusta constantemente sus precios a partir de la navegación de sus clientes, los precios de la competencia y el inventario, entre otros factores. De hecho, lo hace un promedio de 2.5 millones de veces al día, logrando

aumentar sus ganancias en aproximadamente un 25 %. De igual manera, los modelos de precio dinámico son ya moneda corriente en eventos masivos, como veremos más adelante.

UN VISTAZO A LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES

Rastrear lo orígenes de la IA como tecnología de la información podría llevarnos hasta el surgimiento mismo de la comunicación humana, como plantea el historiador israelí Yuval Noah Harari en *Nexus* (2024). Aquí, sin embargo, se intenta algo bastante más modesto, centrado en el arco temporal que va desde la Revolución Industrial inglesa hasta la actualidad.

La humanidad ha sido testigo de cinco revoluciones industriales, cada una definida por avances tecnológicos que han transformado la economía y la sociedad. La denominada quinta revolución industrial en curso sería la de la IA, que no se limita a las aplicaciones tecnológicas, sino que también plantea cuestiones profundas sobre la economía, el futuro del trabajo, la ética empresarial y la competitividad industrial y comercial.

A medida que avancemos en este capítulo, reflexionaremos sobre el impacto histórico de las revoluciones precedentes y cómo la IA está moldeando la era actual. Poco a poco iremos viendo que la adaptación a este cambio exponencial no es una opción; por el contrario, se trata de una necesidad para las empresas. Sobre todo, se ha vuelto un imperativo para aquellos negocios que no solo buscan sobrevivir, sino prosperar e, incluso, crecer aceleradamente en un entorno cada vez más competitivo, innovador y tecnológicamente avanzado.

El pasado ofrece una orientación valiosa. Si bien no necesariamente el mañana será como el ayer, es incontestable que hay una conexión entre ambos, la cual otorga valor al hecho de revisar el pasado para explorar el futuro. Como bien dijo el político y pensador romano Cicerón en *De Oratore*: «La historia es maestra de vida» (Cicerón, 2001).

Antes de proceder, conviene hacer una aclaración terminológica. Se suele hablar de revoluciones industriales puesto que la denominación proviene de la Revolución Industrial británica del siglo XVIII. Sin embargo, estas revoluciones son, en realidad, económicas, y abarcan dimensiones allende lo industrial.

La primera revolución industrial comenzó a mediados del siglo XVIII y se extendió hasta la primera mitad del XIX. El núcleo de esta revolución pionera fue la máquina de vapor, que transformó la producción textil y marcó el auge del ferrocarril. Dicho periodo también trajo consigo cambios significativos en la organización laboral, marcando el inicio de las fábricas modernas.

La segunda revolución industrial, o revolución tecnológica, ocurrió entre finales del siglo XIX y principios del XX, con progresos significativos como el motor de combustión interna, la electricidad, la bombilla y el teléfono (todos ellos avances que siguen presentes en nuestra cotidianidad). Tales desarrollos posibilitaron la producción masificada, superando la mecanización previa. Además, este periodo se caracterizó por la proliferación de las corporaciones internacionales y el capitalismo globalizado, transformando a su vez el comercio y las finanzas.

La tercera revolución industrial, conocida también como revolución digital, emergió en los años sesenta y setenta del siglo XX, con tecnologías como semiconductores, computadoras personales

e internet. Dicha etapa aceleró la productividad al optimizar el procesamiento de texto, datos e imágenes, incrementar el almacenamiento de información y mejorar las telecomunicaciones. Las cadenas de suministro globalizadas y las plataformas digitales surgieron como características clave de esta era. Resulta interesante que, en el marco de esta revolución, comienza a desarrollarse lo que es el epicentro de la quinta revolución industrial: Silicon Valley, en el sur de la Bahía de San Francisco, California (de hecho, los primeros inversionistas en la ahora mundialmente célebre Sand Hill Road comenzaron a establecerse en ese sitio a principios de los setenta).

La cuarta revolución industrial, cuyo inicio suele establecerse con el comienzo del siglo XXI, en buena medida propicia una aceleración de la revolución digital, donde destacan los avances en realidad virtual, robótica y tecnologías de encriptamiento y almacenamiento (nube). También incorpora la interacción entre biología y tecnología, con ejemplos notables en modificación genética, bioingeniería y desde luego biotecnología. Tal revolución marcó el inicio de la integración masiva de tecnologías inteligentes en todos los sectores productivos, por lo que suele tomarse a la IA como parte de esta. Sin embargo, como veremos más adelante, la reciente aceleración de la tecnología conocida como IA da pie a considerar que estamos entrando en la quinta revolución industrial.

La historia muestra cómo cada una de estas revoluciones transformó el panorama empresarial, con efectos que se extendieron durante décadas o incluso siglos. Sin ir más lejos, a la fecha seguimos usando el ferrocarril, el motor de combustión interna, la electricidad, la bombilla o el teléfono, que son innovaciones de las dos primeras revoluciones industriales.

LA DESTRUCCIÓN CREATIVA EN EL MARCO DE LA QUINTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Las revoluciones industriales son procesos acelerados de lo que el economista austriaco Joseph A. Schumpeter denominó «destrucción creativa», es decir, la transformación interna de la estructura económica mediante la constante eliminación de lo obsoleto y la creación de lo nuevo. Para Schumpeter (1996), esta representa nada menos que el «hecho esencial del capitalismo».

Por el peso estructural de la destrucción creativa, rechazar la innovación cuando es acelerada —ya sea que se trate de la máquina de combustión interna en la Inglaterra victoriana, la computadora personal en los setenta en Silicon Valley o la IA hoy— es elegir la irrelevancia en el escenario más optimista y la muerte empresarial en el más sombrío, aunque no por ello menos realista.

Los cambios recientes en IA, particularmente acelerados desde 2022, permiten sostener que estamos ante la quinta revolución industrial. Los avances en IA generativa, la competencia global en aprendizaje profundo y la rápida, y robusta, apropiación social de este conjunto de tecnologías, indican que la IA ha trascendido su vínculo con la cuarta revolución y se ha convertido en el eje de esta nueva etapa (Petersen, 2024f).

En el caso de las empresas, la quinta revolución industrial representa una oportunidad para competir en un escenario global, siempre y cuando adopten estrategias que las posicionen como pioneras en la implementación de estas tecnologías. Sin embargo, es innegable que también esto puede verse como una amenaza. En particular, los elementos a la vista sugieren que ignorar la IA será visto en el futuro como un grave error,

sobre todo en áreas clave de la dinámica empresarial como Planeación, Comercial, Operaciones, Finanzas y Mercadotecnia.

AUTOMATIZACIÓN E IMPACTO LABORAL DE LA IA

Mucho se habla del efecto de la IA en los mercados de trabajo. En contraste, se comenta poco que uno de los principales mecanismos que impactará laboralmente no fue creado por esta tecnología, sino que solo ayudó a acelerarlo: la automatización.

¿En qué consiste? Automático, de acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española (s. f.), significa «que funciona en todo o en parte por sí solo». Los aparatos automáticos datan de hace siglos si consideramos las ruedas hidráulicas o los molinos de viento, por citar dos ejemplos. Sin embargo, fue el ascenso de la computadora personal en los años setenta lo que permitió automatizar tareas que antes eran manuales, como la corrección ortográfica y gramatical, los respaldos de información, la actualización de campos, etc. La era de la IA supone una aceleración significativa de esta tendencia, llevando la automatización a niveles que antes parecían escenarios de ciencia ficción.

Es un hecho que millones de puestos de trabajo en el mundo no volverán a ser los mismos tras la revolución sociotecnológica impulsada por la masificación de la IA. Aún está por definirse si el saldo neto de esta transformación en el empleo será positivo o negativo. Mientras existe una enorme cantidad de vacantes en la industria relacionada con esta tecnología, también son frecuentes las noticias sobre recortes en empresas del sector, presumiblemente atribuidos a su adopción. Lo que es un hecho es que esta revolución eliminará algunas fuentes

*Los avances acelerados
de la IA desde 2022
señalan una quinta
revolución industrial,
donde la IA generativa,
la IA predictiva y la
adopción global de ambas
se vuelven el eje central.*

de trabajo, generará otras y, quizá lo más relevante, está modificando (o lo hará) casi todas las profesiones.

Tratemos, entonces, de manera más específica las formas en que la IA y la automatización están impactando a la fuerza de trabajo (Petersen, 2024a). Según un informe de Goldman Sachs, dos tercios de los empleos en Estados Unidos y Europa están expuestos a las consecuencias de la automatización, y una cuarta parte enfrenta de manera directa los efectos de los sistemas generativos. En el caso estadounidense, se estima que uno de cada diez trabajadores será reemplazado, seis de cada diez verán sus tareas complementadas, y solo tres de cada diez no verán alterado su entorno laboral (Hatzius et al., 2023). Estas cifras reflejan una disrupción con pocos precedentes en la larga historia del capitalismo.

Dicha transformación, lejos de ser exclusiva de los países desarrollados, también plantea interrogantes cruciales para las economías emergentes. Aunque los impactos más visibles —eliminación y creación de algunas fuentes de trabajo— se han manifestado primero en los países industrializados, los procesos de convergencia propios de la globalización provocarán que los países en desarrollo emulen progresivamente estas tendencias.

¿Cómo incide la IA en el empleo? Al menos pueden distinguirse tres modalidades:

1. **Sustitución directa de tareas humanas.** Esta es la que suele tener más cobertura mediática, y se refiere a reemplazar las actividades que antes realizaba una persona (por ejemplo, elaborar una infografía, producir un video animado a partir de un guion o traducir textos a distintos idiomas).

2. **Apoyo al trabajo humano.** Esto mediante herramientas que permiten convertir notas en textos estructurados o limpiar bases de datos contables o financieros. Tal modalidad puede incluso contribuir a mejorar el perfil socioprofesional de numerosos trabajadores, incrementando los escenarios para una inserción laboral exitosa.
3. **Automatización de procesos predictivos.** Aunque estos son inviables para una persona, siguen requiriendo inteligencia humana para gestionar las dinámicas sociales que se desprenden de su implementación (por ejemplo, proporcionando específicamente el punto de reorden de alimentos preparados por punto de venta, caso que veremos más a detalle en los capítulos subsecuentes).

El Foro Económico Mundial emitió un reporte en 2023 categorizando los empleos según el porcentaje del tiempo automatizable con IA y, por ende, el grado de «exposición» de dichos empleos a esta tecnología (Shine, 2023). Entre los puestos más automatizables están autorizadores de crédito (81 %), telemarketing (68 %), cajeros (60 %), receptionistas (58 %) y capturistas (55 %).

No puede negarse que la inmensa mayoría de estas tareas siguen siendo humanas, por lo que el escenario de la destrucción de puestos de trabajo está a la vista. Más aún, máquinas que no necesariamente involucran IA han comenzado a sustituir a trabajadores en estas tareas: llamadas de telemarketing con robots, cajas de autoservicios y la digitalización de numerosos servicios financieros que antes eran personales, lo que confirma que la automatización —y sus consecuencias sobre el mundo del trabajo— antecede a la IA, y que esta solo ha acelerado el proceso.

La pregunta crucial es cómo automatizar, dado que no automatizar difícilmente será una alternativa económicamente viable en mercados competitivos. Me parece que la respuesta es incorporando a la mayor cantidad posible de personas y redireccionándolas hacia tareas que desempeñan mejor que las máquinas, partiendo de que, en el futuro, las máquinas suplantarán a las personas por superarlas en ciertas tareas. Dicho enfoque no solo promueve la sostenibilidad laboral, sino que también maximiza la capacidad de innovación de una organización.

Pensemos en ejemplos concretos. Efectivamente, una máquina puede autorizar un crédito mejor que una persona, pero ¿qué ocurre al comunicar la decisión al cliente? En un caso más extremo, diversas investigaciones muestran que una máquina puede identificar tumores malignos con mayor anticipación que un médico, incluso años antes, dependiendo del tipo de tumor (Lovelace Jr. et al., 2023). No obstante, difícilmente superará a un médico en el abordaje con el paciente de una situación tan delicada como esta.

En la misma línea, tal vez no se requieran cajeros en los bancos para solventar trámites, pero sí para auxiliar a quienes no son nativos digitales o tienen alguna discapacidad. De manera similar, quizá no hay necesidad funcional de una persona que atienda la recepción, pero ¿qué pasa si la competencia sí la mantiene y su trato personalizado le permite ganar al cliente? (Petersen, 2024a).

Hoy en día, las máquinas son mejores que ayer y permiten reemplazar la mano de obra humana en ciertas tareas. De alguna manera, el reto es que el ser humano también sea mejor en aquellas donde, al menos hasta ahora, sigue superando a las máquinas.

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA E INNOVACIÓN DIGITAL

La combinación de los dos tipos de IA mencionados (generativa y predictiva), da lugar a herramientas que han resuelto problemas complejos que antes requerían décadas de trabajo humano, como ocurrió con el *software* AlphaFold del laboratorio IA de Google, DeepMind y sus aplicaciones en materia de química, como veremos enseguida.

Dicho tipo de avances no solo revolucionan la ciencia, sino también redefinen el papel de los humanos en la colaboración con las máquinas, mostrando la potencia que dicha sinergia tiene hacia el futuro en la sociedad, la ciencia y la tecnología.

Como ejemplo icónico de reunir IA generativa, predictiva y talento científico humano, en 2024 se anunció el otorgamiento del Premio Nobel de Química a dos investigadores de IA: Demis Hassabis y John Jumper, CEO e investigador de Google DeepMind, respectivamente. Aunque suene extraño, el reconocimiento a ambos investigadores tiene su antecedente en el juego oriental *Go*, considerado el más complejo del mundo, mucho más difícil que el ajedrez. En los años noventa, IBM desarrolló una computadora llamada Deep Blue que célebremente le ganó una partida de ajedrez al entonces campeón del mundo, Garry Kasparov, y se creía que esto no era replicable en el caso de *Go*.

Demis Hassabis es un investigador británico formado en universidades de élite en Inglaterra. Realizó su doctorado en Psicología en la University College London y, durante este periodo, se enfocó en entender el funcionamiento de la mente humana; al contar con un fuerte componente tecnológico en su formación, se preguntaba cómo todo lo que aprendió sobre la mente podría ser replicable en una máquina.

Posteriormente, Hassabis fundó un laboratorio de investigación en IA DeepMind, que algunos años después fue comprado por Google por cientos de millones de dólares, bajo la consigna de que él siguiera dirigiendo lo que hoy es Google DeepMind. A ese equipo se integró John Jumper, y parte de su trabajo consistió en desarrollar un algoritmo que se enfocara en el juego de *Go*. El proyecto, al que llamaron AlphaGo, logró en 2016 vencer al campeón mundial de dicho juego, el surcoreano Lee Sedol.

Tras AlphaGo, DeepMind desarrolló AlphaFold, un nuevo proyecto. Gracias a este programa, Hassabis y Jumper recibieron el máximo galardón en el ámbito de la química al demostrar que, mediante IA generativa, AlphaFold logró predecir la estructura de 200 millones de proteínas.

El avance es de enorme relevancia, pues antes la predicción estructural de una sola proteína tomaba años de trabajo humano; ahora puede realizarse en minutos. Esta predicción es clave para entender la evolución y los posibles cursos de tratamiento de distintas enfermedades. Como es evidente, también aquí estamos ante una predicción que no es del futuro, sino del presente de una proteína (Kahneman, Sibony & Sunstein, 2021).

El Premio Nobel de Química también reconoció a David Baker, profesor de la Universidad de Washington, que lideró un equipo de investigación que logró sintetizar la primera proteína nueva —es decir, no existente en la naturaleza— ayudándose de la IA y del poder computacional (Petersen, 2024l).

El estadounidense John Hopfield, profesor de la Universidad de Princeton, y el canadiense Geoffrey Hinton, profesor de la Universidad de

Toronto, son investigadores pioneros en el ML, uno de los campos principales de la IA. Hopfield y Hinton fueron reconocidos con el Premio Nobel de Física 2024 por sus aportaciones en los años setenta y ochenta, al sentar las bases teóricas de las redes neuronales artificiales. Si bien ambos son figuras cardinales, pertenecen a generaciones distintas: Hopfield proviene de una muy conectada al trabajo con circuitos eléctricos, mientras que Hinton —catorce años menor— pertenece a la siguiente (Hopfield nació en 1933 y Hinton en 1947).

Las redes neuronales artificiales son un conjunto de nodos informáticos interconectados que permiten encontrar patrones en conglomerados de datos. El establecimiento de dichos patrones se da mediante la asignación de determinado peso estadístico a cada nodo. Este conjunto de unidades interactúa entre sí de manera similar al comportamiento de las neuronas, de ahí el nombre (Petersen, 2024l). Lo que buscan es que, a partir de un determinado *input* y mediante procesos que simulan hasta cierto punto el funcionamiento neuronal, se genere un *output*.

Un ejemplo sencillo ayudará a entender esto. Dentro del mundo empresarial, digamos que se busca predecir la demanda de un producto nuevo, es decir, uno que nunca se ha fabricado. En un modelo sencillo hay tres capas de neuronas: color, material y tamaño. En la capa color hay una neurona que se llama rojo, una negro y otra gris. En la capa tamaño tenemos chico, mediano y grande; y en la capa material está piel o plástico. Pensemos que sea una bolsa.

Ahora bien, ¿cómo funciona una red neuronal? Primero entra un *input* que dice rojo, chico y piel. Este pasa primero por la neurona rojo (que representa el color), luego por la neurona chico (del tamaño) y después por la neurona piel (el material). Así, a partir de ese recorrido, la

red genera un *output* con la predicción de la demanda estimada de ese producto nuevo.

La predicción en realidad no estaba ubicada en ninguna parte de la red neuronal, sino que sale de la interacción entre las diferentes neuronas. No es que el sistema «muestre» algo que estaba ahí, sino que, de alguna manera, «produce algo nuevo» a partir de la interacción. Lo anterior es importante, especialmente cuando surgen preocupaciones sobre si al usar modelos como ChatGPT en su versión libre, por ejemplo, nuestros datos pueden utilizarse para entrenar al sistema. Lo anterior es cierto y conocido, pero hay un elemento adicional: técnicamente hablando, el chatbot no puede eliminar el contenido con el cual aprendió el algoritmo, en parte porque no lo *inputó*, es decir, no está en ningún otro lado más que en la interacción entre neuronas. De modo que, más allá de que no quieran eliminarlo, en realidad no pueden.

Profundizando en el Premio Nobel de Física para Geoffrey Hinton, la academia sueca pudo haberse inclinado por figuras de peso comparable, como el computólogo canadiense Yoshua Bengio o el francés Yann LeCun. De hecho, Hinton, Bengio y Le Cun recibieron en 2018 el Premio Turing.

Destaca la elección de Hinton, que se ha vuelto un crítico de la IA, sobre todo en cuanto a la falta de límites y posibles escenarios catastróficos. Fue tan público con sus opiniones que, en 2023, renunció a una de las vicepresidencias de Google por su desacuerdo con las políticas de la compañía en materia de avance de la IA. Sus críticas se han centrado en la falta de regulación y en los peligros de una posible disputa entre humanos y máquinas por el control de la sociedad. Tras recibir el Nobel, declaró: «Tener el Premio Nobel puede significar que la gente me tomará más en serio».

Con esto, el Comité Nobel dio un respaldo significativo a las reservas de Hinton. Sin embargo, hay que destacar que, más allá de sus críticas, se está premiando la tecnología que sustenta, por ejemplo, a ChatGPT y casi cualquier otro chatbot basado en IA generativa y en LLM. En suma, ¡cuatro premios Nobel para científicos que se apoyan en la IA en un solo año!

Si bien la IA es aceptada como una disciplina científica desde los años cincuenta y sesenta, con pioneros como Alan Turing, John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon y otros, la novedad de los Premios Nobel 2024 es que ahora se ha convertido en la base de otras disciplinas científicas, colaborando con humanos en descubrimientos seminales.

Resulta difícil imaginar otra actividad tan típicamente humana como la ciencia. Utilizar la razón para explicar y entender empíricamente la realidad es algo que aparentemente solo un humano podía hacer, hasta ahora.

DESCUBRE EL POTENCIAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA TRANSFORMAR TU EMPRESA

Este libro ofrece una guía clara para crear empresas inteligentes en diversas industrias, utilizando la IA con sentido estratégico. El autor expone casos de su uso en compañías mexicanas en áreas como Planeación, Comercial, Operaciones, Finanzas y Mercadotecnia, y se dirige a directivos de organizaciones que buscan adoptar tecnología con propósito y convertir los datos en decisiones que transforman resultados.

German es uno de los principales pioneros en la aplicación de la IA al mejoramiento de los procesos productivos de las compañías en México. En este texto presenta ejemplos reales con resultados tangibles que hoy día están siendo capitalizados por sus accionistas, y los complementa con el contexto necesario para comprender el origen y la posible evolución futura de esta tecnología.

Luis Torres, CEO de Electrolit México

Esta obra recuerda que la IA no transforma por sí sola; lo hace el liderazgo que la usa con criterio. La predicción solo adquiere valor cuando se convierte en decisión, y la decisión, cuando genera resultados. La tecnología acelera, pero la dirección, el criterio, el propósito y la visión siguen siendo humanos.

Edgar Arredondo, CEO de CLOE

En todas las empresas reconocemos la importancia de integrar la IA a nuestros procesos. Gracias a Polydata, hemos experimentado de primera mano los beneficios del *machine learning* en nuestras operaciones diarias. Nos ha permitido optimizar procesos y comprobar que las posibilidades de mejora y crecimiento son infinitas.

Marisa Lazo, CEO de Marisa/Dolce Natura



ISBN: 978-968-9721-20-8



9 789689 721208