Inteligencia artificial aplicada a la transformación digital

EDUCA - PLUS
EDITORIAL ACADÉMICA

Octubre 2026 – Educa Plus Editorial Académica
Copyright © Educa Plus Editorial Académica
Copyright del texto © 2026 de Autores
Ecuador, Naranjito, Cod. Post. 091803
Email: editorial@educapluseditorial.com
Contacto: +593 960 838 709
https://biblioteca.educapluseditorial.com/

Datos Técnicos de Publicación Internacional
Título: Inteligencia artificial aplicada a la transformación digital
Subtítulo: Fundamentos, tecnologías, aplicaciones y estrategias para organizaciones inteligentes
Autores: Pino Cordero, D., Enriquez Fierro, C. S., Rivera Calle, R. R., Barco Acosta, J. F., & Moncayo Guarnizo, J. P.
Diseño y producción editorial: Durán Sánchez, Stephany
Editor: Barco Acosta, Jonathan
Formato: PDF
Páginas: 157
Tamaño: A4 21x29.7cm
Modo de acceso: Recurso digital disponible en línea
ISBN: 978-9907-9622-1-5
DOI: https://doi.org/10.66646/educa-plus/10oct2620
Prefijo Editorial ISBN: 978-9907-9571

Este libro fue sometido a arbitraje académico bajo el sistema de evaluación por pares doble ciego (*double-blind peer review*).

Disponible para su descarga gratuita en https://biblioteca.educapluseditorial.com/

Disponible para su descarga gratuita en https://biblioteca.redsa.ec/

Los contenidos de este libro pueden ser descargados, reproducidos, difundidos e impresos con fines de estudio, investigación y docencia, o para su utilización en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca adecuadamente a los autores como fuente y titulares de los derechos de propiedad intelectual, sin que ello implique en modo alguno que aprueban las opiniones, productos o servicios resultantes. En el caso de contenidos que indiquen expresamente que proceden de terceros, deberán dirigirse a la fuente original indicada para gestionar los permisos correspondientes.

Cómo citar esta obra

Pino Cordero, D., Enriquez Fierro, C. S., Rivera Calle, R. R., Barco Acosta, J. F., & Moncayo Guarnizo, J. P. (2026). Inteligencia artificial aplicada a la transformación digital: Fundamentos, tecnologías, aplicaciones y estrategias para organizaciones inteligentes. Educa Plus Editorial Académica. https://doi.org/10.66646/educa-plus/10oct2620

Proceso Editorial:

Cada uno de los textos publicados por **Educa Plus Editorial Académica** ha sido sometido a un riguroso proceso de **evaluación por pares doble ciego externos** (*double-blind peer review*), conforme a los estándares editoriales internacionales y a la normativa interna de la editorial.

Aviso Legal:

La información presentada, así como el contenido, fotografías, gráficos, cuadros, tablas y referencias de este manuscrito, es de exclusiva responsabilidad del/los autor/es y no refleja necesariamente el pensamiento ni la posición institucional de la **Educa Plus Editorial Académica**. Las opiniones expresadas en cada capítulo son responsabilidad exclusiva de sus respectivos autores.

Derechos de Autor ©

Este documento se publica bajo los términos y condiciones de la licencia:

Creative Commons Reconocimiento — No Comercial — Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Usted es libre de compartir y adaptar el material, siempre que otorgue el crédito correspondiente, no lo utilice con fines comerciales y distribuya sus contribuciones bajo la misma licencia.

Para ver una copia de esta licencia, visite: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

CONTENIDO

Introducción 7

CAPÍTULO 1
Transformación digital e inteligencia artificial: fundamentos conceptuales y evolución **10**

1.1. De la digitalización a la transformación digital 11
1.2. Evolución histórica de la inteligencia artificial 14
1.3. La convergencia entre IA y transformación digital 17
1.4. Del paradigma de la organización digital a la organización inteligente 19

CAPÍTULO 2
Tecnologías habilitadoras de la inteligencia artificial **23**

2.1. Aprendizaje automático y aprendizaje profundo 24
2.2. Procesamiento del lenguaje natural y visión por computadora 27
2.3. IA generativa y modelos fundacionales 29
2.4. Computación en la nube, IoT y computación en el borde 32

CAPÍTULO 3
Datos, infraestructura y arquitectura tecnológica para la IA **36**

3.1. Datos como activo estratégico y ciclo de vida del dato 37
3.2. Calidad de datos, integración e interoperabilidad 40
3.3. Arquitecturas de datos: data lakes, data warehouses y plataformas analíticas 43
3.4. MLOps, escalabilidad y gestión de la infraestructura de IA 45

CAPÍTULO 4
Estrategia de transformación digital basada en inteligencia artificial **50**

4.1. Visión estratégica y alineación con los objetivos organizacionales 51
4.2. Modelos de madurez digital y diagnóstico organizacional 53
4.3. Hoja de ruta, priorización de casos de uso y gestión de portafolio 56
4.4. Modelos de negocio digitales y ventaja competitiva basada en IA 60

CAPÍTULO 5
Aplicaciones de la IA en procesos, operaciones y cadena de suministro 63

5.1. Automatización inteligente de procesos y RPA 64
5.2. Mantenimiento predictivo y optimización de operaciones 66
5.3. Logística, cadena de suministro y gestión de inventarios 69
5.4. Medición de la productividad y del retorno de la inversión en IA 72

CAPÍTULO 6
Aplicaciones de la IA en clientes, mercado y experiencia de usuario **76**

6.1. Analítica de clientes y segmentación inteligente 77
6.2. Personalización, sistemas de recomendación y asistentes conversacionales 79
6.3. Marketing y ventas con apoyo de IA 82
6.4. Experiencia del cliente, privacidad y confianza 86

CAPÍTULO 7
Aplicaciones de la IA en finanzas, gestión del riesgo y toma de decisiones **90**

7.1. Analítica predictiva y prescriptiva para decisiones estratégicas 91
7.2. Inteligencia artificial en finanzas y pronósticos 93
7.3. Gestión del riesgo, detección de fraude y anomalías 96
7.4. Sistemas de apoyo a la decisión y autonomía algorítmica 99

CAPÍTULO 8
Talento humano, cultura organizacional y gestión del cambio **103**

8.1. Transformación del trabajo, automatización y nuevas competencias 104
8.2. Gestión del talento apoyada por IA 108
8.3. Cultura digital, liderazgo y gestión del cambio 111
8.4. Colaboración humano-máquina y bienestar laboral 114

CAPÍTULO 9
Gobernanza, ética, regulación y seguridad de la inteligencia artificial **117**

9.1. Gobernanza de datos y de la IA en las organizaciones 118
9.2. Ética, sesgos algorítmicos, transparencia y explicabilidad 120
9.3. Marcos regulatorios y cumplimiento normativo 123
9.4. Ciberseguridad, privacidad y gestión de riesgos de la IA 127

CAPÍTULO 10
Sostenibilidad, tendencias y escenarios futuros de las organizaciones inteligentes 131

10.1. IA, sostenibilidad y responsabilidad social corporativa 132
10.2. Tendencias emergentes: IA agéntica, hiperautomatización y gemelos digitales 135
10.3. Escenarios futuros de las organizaciones inteligentes 137
10.4. Recomendaciones estratégicas para una transformación digital responsable 141

Bibliografía 145
Autores 152

INTRODUCCIÓN

La incorporación de la inteligencia artificial en las organizaciones plantea preguntas que trascienden la selección de herramientas tecnológicas. Su utilización modifica las formas de producir conocimiento, coordinar actividades, atender necesidades y fundamentar decisiones. También introduce exigencias relacionadas con la calidad de los datos, la distribución de responsabilidades y la evaluación de consecuencias. Comprender estos cambios requiere examinar conjuntamente sus dimensiones técnicas, estratégicas y humanas, reconociendo que las posibilidades de una tecnología dependen de las condiciones en las que se desarrolla y utiliza.

La transformación digital constituye el marco desde el cual esta obra aborda dichas relaciones. Se entiende como un proceso de cambio organizacional en el que las tecnologías digitales participan en la modificación de prácticas, capacidades y mecanismos de creación de valor. Su alcance comprende decisiones sobre procesos, estructuras, cultura y vínculos con el entorno. Dentro de este proceso, la inteligencia artificial ofrece recursos para identificar patrones, elaborar estimaciones, generar contenidos y apoyar actuaciones. Sin embargo, su incorporación requiere justificar qué problemas se pretende resolver y cómo se comprobará la pertinencia de los resultados.

Inteligencia artificial aplicada a la transformación digital: Fundamentos, tecnologías, aplicaciones y estrategias para organizaciones inteligentes tiene como propósito proporcionar una comprensión articulada de estas cuestiones. La obra examina los fundamentos de la IA, sus principales tecnologías habilitadoras y las condiciones necesarias para integrarlas en la gestión organizacional. A partir de esta base, analiza aplicaciones en operaciones, relaciones con clientes, finanzas y talento humano, e incorpora la gobernanza, la seguridad y la sostenibilidad como responsabilidades presentes durante todo el proceso de transformación.

El concepto de organización inteligente orienta el desarrollo del libro. Designa una organización capaz de combinar datos, conocimiento humano y recursos tecnológicos para aprender de su experiencia, mejorar sus decisiones y adaptarse responsablemente a su entorno. Esta capacidad requiere información confiable, competencias pertinentes y mecanismos para revisar actuaciones. Su construcción depende de la coordinación entre áreas y de la posibilidad de reconocer errores, cuestionar supuestos y modificar decisiones cuando la evidencia lo exige.

La perspectiva adoptada reconoce la diversidad de las organizaciones. Las necesidades de una empresa industrial, una institución educativa, una entidad pública o una organización de servicios pueden diferir considerablemente. También varían sus recursos, infraestructuras y capacidades de gestión. Por esta razón, los conceptos y criterios desarrollados deben interpretarse en relación con cada contexto. Una solución pertinente requiere considerar la finalidad institucional, las características de los procesos y las condiciones de las personas que participarán en su utilización o experimentarán sus efectos.

Esta consideración resulta especialmente relevante para América Latina, donde coexisten organizaciones con capacidades tecnológicas consolidadas y otras que enfrentan dificultades de conectividad, integración de datos o formación especializada. La obra incorpora estas condiciones dentro de un enfoque internacional, evitando presentar una trayectoria única de adopción. La cooperación, el desarrollo gradual de capacidades y la selección de iniciativas que puedan sostenerse ofrecen posibilidades que deben evaluarse según las necesidades y restricciones de cada institución.

El recorrido del libro se organiza en diez capítulos. El primero establece las distinciones conceptuales entre digitalización, transformación digital, inteligencia artificial y organización inteligente, y presenta antecedentes históricos que permiten comprender su convergencia. El segundo describe las tecnologías habilitadoras, incluyendo aprendizaje automático, procesamiento del lenguaje natural, visión por computadora, IA generativa y modalidades de computación distribuida. El tercero examina los datos, la infraestructura y las prácticas necesarias para desarrollar y operar soluciones confiables.

El cuarto capítulo sitúa la incorporación de IA dentro de la estrategia organizacional. Aborda la alineación con objetivos, el diagnóstico de capacidades, la priorización de casos de uso y la construcción de una hoja de ruta revisable. Sobre esta base, los capítulos quinto, sexto y séptimo estudian aplicaciones en procesos y cadena de suministro, relaciones con clientes y decisiones financieras. Su análisis combina posibilidades de uso con criterios de evaluación, considerando las limitaciones de los modelos y la necesidad de delimitar la autonomía de los sistemas.

El octavo capítulo desarrolla las dimensiones laborales y culturales del cambio. Examina la transformación de tareas, las competencias profesionales, la gestión del talento y las condiciones de colaboración entre personas y tecnologías. El noveno aborda la gobernanza, la ética, la regulación y la seguridad, distinguiendo responsabilidades organizacionales, obligaciones jurídicas y referencias técnicas. Finalmente, el décimo integra las dimensiones de sostenibilidad, analiza tendencias y explora escenarios para orientar decisiones presentes bajo incertidumbre.

La exposición combina fundamentos conceptuales, literatura especializada y criterios de aplicación. Las tablas permiten comparar categorías, responsabilidades e indicadores, mientras que las figuras representan relaciones y procesos relevantes. Estos recursos apoyan la comprensión y la discusión académica; su utilización en diagnósticos o proyectos concretos requiere establecer evidencias, participantes y condiciones de evaluación. Los ejemplos cumplen una función pedagógica y deben interpretarse dentro del alcance con el que se presentan.

Un criterio transversal de la obra es distinguir el desempeño técnico de la contribución organizacional. Un modelo puede alcanzar resultados favorables en una evaluación y encontrar dificultades al integrarse en un proceso real. Del mismo modo, reducir el tiempo de una actividad puede generar nuevas exigencias de revisión o trasladar trabajo hacia otras personas. La evaluación necesita observar el conjunto de efectos, incluyendo costos de mantenimiento, calidad del servicio, condiciones laborales y consecuencias para quienes reciben las decisiones.

La responsabilidad también exige reconocer los límites del conocimiento disponible. Las predicciones dependen de datos y supuestos; los contenidos generados requieren comprobación; y las recomendaciones necesitan interpretarse según el contexto. En consecuencia, el juicio humano debe contar con información, competencias, tiempo y autoridad para intervenir. La supervisión adquiere sentido cuando permite revisar, corregir o suspender actuaciones y cuando las responsabilidades pueden identificarse de manera efectiva.

El libro está dirigido a estudiantes universitarios, docentes, investigadores, directivos y profesionales interesados en comprender y orientar procesos de transformación digital. Su lectura puede realizarse de forma secuencial para construir una visión integrada, o por capítulos para profundizar en ámbitos específicos, conservando las relaciones entre estrategia, tecnología y gestión. La finalidad es aportar criterios para formular mejores preguntas, valorar alternativas y sostener decisiones fundamentadas.

La construcción de organizaciones inteligentes constituye un proceso de aprendizaje institucional. Requiere definir propósitos, desarrollar capacidades y examinar de manera continua qué resultados

se obtienen y cómo se distribuyen sus beneficios y costos. Desde esta perspectiva, la inteligencia artificial adquiere relevancia cuando su utilización contribuye a objetivos pertinentes, fortalece la capacidad de actuación de las personas y se mantiene sujeta a evaluación y responsabilidad.

Transformación digital e inteligencia artificial: fundamentos conceptuales y evolución

La transformación digital y la inteligencia artificial constituyen dos procesos estrechamente relacionados, aunque conceptualmente diferentes. La primera implica revisar cómo una organización crea valor, desarrolla sus actividades y se relaciona con su entorno mediante tecnologías digitales. La segunda reúne enfoques y técnicas computacionales que permiten realizar tareas vinculadas con la percepción, el aprendizaje, el razonamiento y la generación de resultados. Su convergencia amplía las posibilidades de innovación, pero también exige capacidades organizacionales, criterios de evaluación y responsabilidades claramente definidas.

Este capítulo establece el marco conceptual e histórico de la obra. Inicialmente, distingue la conversión digital de información, la digitalización de procesos y la transformación organizacional. Posteriormente, examina la evolución de la inteligencia artificial y explica su articulación con los cambios estratégicos y operativos. Finalmente, propone una definición de organización inteligente centrada en el aprendizaje institucional, la coordinación entre personas y tecnologías y la creación responsable de valor.



1.1. De la digitalización a la transformación digital

1.1.1. Conversión de información, digitalización de procesos y transformación organizacional

La incorporación de tecnologías digitales puede producir cambios de distinta profundidad. Convertir un documento impreso en un archivo electrónico modifica su soporte, pero no necesariamente altera el procedimiento que lo utiliza. Registrar una solicitud mediante una plataforma puede reducir desplazamientos y facilitar su seguimiento, aunque conserve las mismas autorizaciones y demoras del trámite anterior. Reconfigurar integralmente ese servicio, eliminando requisitos innecesarios y coordinando decisiones entre unidades, representa una intervención organizacional más amplia. Estas diferencias permiten reconocer que la presencia de tecnología constituye una condición material del cambio, mientras que su alcance depende de aquello que efectivamente se modifica.

En esta obra se distinguirán tres conceptos relacionados. La conversión digital de información designa el paso de contenidos analógicos a representaciones digitales. La digitalización de procesos consiste en utilizar tecnologías y datos para modificar actividades, flujos de trabajo e interacciones. La transformación digital se entenderá como un proceso estratégico de cambio organizacional que, apoyado en tecnologías digitales, reconfigura la creación de valor, las capacidades y las relaciones con el entorno. Esta delimitación reconoce que las traducciones del término inglés *digitization* varían entre publicaciones; por ello, se mantendrá una terminología explícita y estable para evitar ambigüedades durante el desarrollo del libro.

La Tabla 1.1 compara los alcances de estos conceptos y permite identificar qué cambia en cada intervención, qué objetivos persigue y cómo pueden evaluarse sus resultados.

Tabla 1.1

Diferencias entre conversión digital de información, digitalización de procesos y transformación digital

Criterio	Conversión digital de información	Digitalización de procesos	Transformación digital
Definición	Conversión de contenidos analógicos en representaciones digitales.	Utilización de tecnologías y datos para modificar actividades, flujos de trabajo e interacciones.	Proceso estratégico de cambio organizacional que reconfigura la creación de valor, las capacidades y las relaciones con el entorno mediante tecnologías digitales.
Objeto del cambio	El soporte y la representación de la información.	La ejecución y coordinación de los procesos.	El funcionamiento organizacional y la creación de valor.
Alcance	Documentos, imágenes, registros y otros contenidos.	Actividades y procedimientos de una o varias unidades.	Estrategia, procesos, estructuras, capacidades y relaciones institucionales.
Propósito	Facilitar conservación, consulta y circulación de información.	Mejorar eficiencia, trazabilidad y coordinación del trabajo.	Responder a necesidades y desarrollar formas de crear y entregar valor.

Criterio	Conversión digital de información	Digitalización de procesos	Transformación digital
Cambios organizacionales requeridos	Ajustes en captura, almacenamiento y acceso a contenidos.	Revisión de tareas, responsabilidades y transferencias de información.	Articulación de liderazgo, cultura, competencias, recursos y mecanismos de gobernanza.
Ejemplo ilustrativo	Escanear formularios de matrícula y conservarlos como archivos electrónicos.	Integrar matrícula, pagos y seguimiento académico mediante una plataforma.	Reorganizar la atención y el acompañamiento estudiantil utilizando información integrada para identificar barreras de permanencia y ofrecer apoyo oportuno.
Criterios de evaluación	Fidelidad de la conversión, legibilidad, recuperación y accesibilidad.	Tiempo de resolución, errores, trazabilidad y calidad del proceso.	Resultados institucionales, experiencia de los usuarios, capacidad de adaptación y sostenibilidad de las mejoras.
Limitación principal	Cambiar el soporte no modifica necesariamente el procedimiento.	Mejorar actividades aisladas puede conservar restricciones del funcionamiento general.	Requiere coordinación y aprendizaje continuo; la adquisición tecnológica no garantiza resultados.

Nota. Los tres conceptos describen alcances de cambio relacionados, pero no constituyen etapas obligatorias ni una secuencia universal.

La comparación muestra que la profundidad del cambio depende de las prácticas y capacidades modificadas. Su evaluación exige comprobar resultados, más allá de la presencia de herramientas digitales.

La revisión de Vial (2019) sitúa la transformación digital dentro de una dinámica en la que las tecnologías generan perturbaciones y las organizaciones elaboran respuestas estratégicas. Esta perspectiva permite superar una interpretación limitada a la adquisición de infraestructura. El cambio involucra decisiones acerca de las estructuras, las barreras organizacionales y los mecanismos de creación de valor. Por consiguiente, instalar aplicaciones puede formar parte de una transformación, pero su existencia no demuestra que esta se haya producido. Se requiere examinar cómo las herramientas modifican las prácticas institucionales y qué consecuencias tienen para los resultados y las personas involucradas.

Considérese, como ejemplo ilustrativo, una institución educativa que sustituye formularios físicos por documentos descargables. Existe una conversión del soporte y posiblemente una mejora de acceso. Si posteriormente integra matrícula, pagos y seguimiento académico, avanza en la digitalización de procesos. La transformación adquiere mayor profundidad cuando esa integración permite reorganizar la atención, identificar barreras de permanencia y ofrecer acompañamiento oportuno. El criterio decisivo reside en el cambio de funcionamiento y de valor generado. Incluso entonces, debe comprobarse que la nueva modalidad resulte accesible, comprensible y útil para estudiantes, docentes y personal administrativo en condiciones diversas de conectividad y alfabetización digital.

1.1.2. Creación de valor y rediseño de las capacidades organizacionales

La creación de valor constituye el referente central para evaluar la transformación digital. En una empresa puede expresarse mediante una mejor propuesta comercial, menores tiempos de respuesta o productos adaptados a necesidades específicas. En una entidad pública puede vincularse con el acceso equitativo, la transparencia y la calidad del servicio. En una organización social puede relacionarse con la ampliación de su capacidad de acompañamiento. Estas expresiones no son intercambiables: cada institución necesita definir qué resultados considera valiosos y para quiénes. Sin esa precisión, la modernización tecnológica puede convertirse en una acumulación de herramientas difíciles de justificar o sostener.

El rediseño de procesos exige comprender las actividades que producen esos resultados. Un procedimiento suele contener decisiones, transferencias de información, controles y excepciones que no aparecen completamente en los manuales. Digitalizarlo sin analizar su funcionamiento puede reproducir demoras, duplicidades y responsabilidades confusas. Por ello, el diagnóstico debe considerar tanto la secuencia formal como las prácticas reales del trabajo. La pregunta relevante consiste en determinar qué problema merece resolverse y qué cambio permitiría hacerlo. Solo después corresponde seleccionar la tecnología apropiada, atendiendo a la complejidad de la tarea, las capacidades disponibles y las necesidades de quienes utilizarán el sistema.

Las capacidades organizacionales incluyen conocimientos, rutinas y mecanismos de coordinación que permiten ejecutar actividades de manera consistente. Una herramienta analítica aporta poco si nadie interpreta sus resultados o si las unidades implicadas carecen de autoridad para actuar. Asimismo, disponer de información integrada no garantiza colaboración cuando los incentivos favorecen el aislamiento entre departamentos. La transformación requiere alinear estos elementos para que la infraestructura encuentre una aplicación efectiva. Ello supone revisar responsabilidades, competencias y criterios de evaluación del desempeño. También implica reconocer que determinadas prácticas anteriores conservan valor y pueden integrarse al nuevo funcionamiento sin necesidad de eliminarlas por razones exclusivamente tecnológicas.

La sostenibilidad del cambio depende, además, de su correspondencia con los recursos institucionales. Una solución sofisticada puede resultar inadecuada cuando exige mantenimiento, conectividad o especialización que la organización no puede asegurar. En cambio, una intervención gradual y bien articulada puede construir capacidades duraderas. Esta consideración resulta especialmente relevante para pequeñas empresas e instituciones con restricciones presupuestarias. La profundidad de una transformación no debe confundirse con el volumen de inversión ni con la complejidad del sistema adquirido. Debe apreciarse mediante la coherencia entre el problema abordado, la solución implementada, el aprendizaje generado y la posibilidad de mantener sus beneficios.

1.1.3. Transformación digital como proceso estratégico y sociotécnico

La transformación digital es estratégica porque obliga a decidir qué actividades fortalecer, qué relaciones modificar y qué capacidades desarrollar. Estas decisiones deben vincularse con el propósito institucional y con una interpretación razonada del entorno. No basta con reaccionar ante cada innovación disponible, pues la adopción sucesiva de herramientas puede dispersar recursos y generar dependencias difíciles de administrar. Se requiere una orientación que conecte las iniciativas particulares con resultados organizacionales reconocibles. Esa orientación tampoco constituye un plan rígido: necesita revisarse cuando cambian las condiciones, aparecen evidencias nuevas o se identifican consecuencias que no habían sido previstas durante el diseño inicial.

Su carácter sociotécnico deriva de la interacción entre tecnologías, personas, normas y estructuras de trabajo. Un mismo sistema puede producir resultados diferentes según la manera en que se utiliza, las competencias de sus usuarios y las relaciones de autoridad existentes. Si una plataforma aumenta la visibilidad del desempeño individual, por ejemplo, puede facilitar apoyo oportuno o intensificar formas inadecuadas de vigilancia. El efecto depende de decisiones institucionales concretas. Por tanto, evaluar la transformación exige estudiar simultáneamente el funcionamiento técnico y las condiciones sociales de implementación, considerando la experiencia de quienes operan los sistemas y de quienes reciben sus servicios.

La resistencia al cambio debe interpretarse con cuidado. Algunas objeciones expresan preferencias por prácticas conocidas, pero otras revelan dificultades reales de diseño, sobrecarga laboral o pérdida de garantías. Desestimar esas observaciones como falta de adaptación impide aprovechar conocimiento situado. La participación del personal permite identificar excepciones, riesgos y necesidades que pueden pasar inadvertidos para los equipos directivos o tecnológicos. Esta participación requiere espacios donde sea posible cuestionar propuestas sin consecuencias indebidas. También demanda comunicar qué decisiones pueden modificarse y cuáles responden a restricciones justificadas, evitando consultas meramente formales que debiliten la confianza en el proceso de transformación.

En contextos latinoamericanos, el análisis debe atender a la heterogeneidad institucional sin asumir que todas las organizaciones comparten idénticas limitaciones. Las condiciones de conectividad, formalización, financiamiento y disponibilidad de talento varían entre territorios y sectores. Una estrategia pertinente necesita reconocer esas diferencias y establecer prioridades realistas. También debe considerar lenguas, prácticas culturales y necesidades de accesibilidad que influyen en el uso efectivo de los servicios digitales. Desde esta perspectiva, transformar significa construir una relación coherente entre posibilidades tecnológicas y propósitos institucionales. La incorporación de inteligencia artificial deberá juzgarse posteriormente con ese mismo criterio de pertinencia, viabilidad y valor verificable.

1.2. Evolución histórica de la inteligencia artificial

1.2.1. Antecedentes y consolidación del campo de estudio

La inteligencia artificial tiene antecedentes en la lógica, las matemáticas, la filosofía y los estudios sobre el funcionamiento de la mente. Su desarrollo como campo computacional requirió herramientas para representar problemas mediante símbolos y ejecutar operaciones de manera sistemática. Estas bases hicieron posible formular preguntas sobre tareas que anteriormente se asociaban de forma exclusiva con capacidades humanas. Sin embargo, la posibilidad de describir formalmente un procedimiento no implica que toda actividad intelectual pueda reducirse sin dificultades a una secuencia de instrucciones. Desde sus comienzos, el campo ha mantenido debates sobre representación, significado, conocimiento y criterios para reconocer un comportamiento inteligente.

Turing (1950) contribuyó a esta discusión al proponer una reformulación operativa de la pregunta sobre si las máquinas podían pensar. Su planteamiento desplazó la atención hacia un procedimiento de interacción que permitiera examinar el comportamiento observable de una máquina. La relevancia histórica de esta propuesta reside en convertir una controversia abstracta en un problema susceptible de análisis. No obstante, evaluar respuestas conversacionales no equivale a demostrar conciencia, comprensión humana o confiabilidad universal. Para el estudio organizacional, esta distinción resulta fundamental: un desempeño convincente en una interacción específica

no acredita automáticamente competencia en cualquier tarea ni justifica delegar decisiones sin controles adicionales.

La propuesta del proyecto de Dartmouth, redactada en 1955 por McCarthy, Minsky, Rochester y Shannon para una reunión prevista en 1956, constituye un hito en la institucionalización del campo. El documento planteó investigar aspectos del aprendizaje y de la inteligencia mediante máquinas. Su importancia no consiste en haber resuelto esos problemas, sino en haber articulado una agenda compartida de investigación. La referencia permite distinguir la formulación de un programa científico de sus resultados posteriores. Asimismo, muestra que la inteligencia artificial surgió vinculada con diversas preguntas sobre lenguaje, abstracción y resolución de problemas, antes de adquirir sus actuales aplicaciones comerciales.

La delimitación del campo nunca ha dependido de una única técnica. Russell y Norvig (2021) presentan perspectivas relacionadas con el pensamiento, el comportamiento, la racionalidad y la acción de agentes. A partir de esa diversidad, esta obra utilizará inteligencia artificial para designar el campo que desarrolla sistemas computacionales capaces de realizar tareas asociadas con percepción, aprendizaje, razonamiento y generación de resultados orientados a objetivos. Esta definición permite incluir enfoques simbólicos y basados en datos. También evita identificar la inteligencia artificial exclusivamente con robots, interfaces conversacionales o redes neuronales, que representan manifestaciones particulares dentro de un conjunto más amplio de métodos.

1.2.2. Enfoques simbólicos, aprendizaje estadístico y aprendizaje profundo

Los enfoques simbólicos representan conocimientos mediante entidades, relaciones y reglas explícitas. En un sistema de este tipo, determinadas condiciones permiten derivar conclusiones o seleccionar acciones conforme a una estructura previamente definida. Su interés organizacional radica en que pueden formalizar criterios especializados y ofrecer trazabilidad sobre parte del razonamiento ejecutado. Sin embargo, requieren traducir conocimientos y excepciones a representaciones utilizables por la máquina. Cuando el dominio cambia o contiene ambigüedades difíciles de anticipar, mantener esas representaciones puede resultar complejo. La utilidad del enfoque depende, por tanto, de la naturaleza del problema y de la posibilidad de expresar sus condiciones relevantes.

Los sistemas expertos ilustran esta orientación al organizar conocimientos de un dominio para apoyar tareas delimitadas. Su funcionamiento evidenció tanto el valor de capturar experiencia especializada como las dificultades para adquirirla, actualizarla y transferirla entre contextos. Un conjunto de reglas adecuado para una situación puede perder pertinencia cuando cambian las prácticas o las condiciones del entorno. De esta experiencia se desprende una lección vigente: formalizar conocimiento no elimina la necesidad de revisión institucional. Además, las reglas explícitas conservan aplicaciones útiles cuando existen criterios estables, obligaciones definidas o restricciones que deben respetarse independientemente de las predicciones de otros componentes del sistema.

El aprendizaje automático amplió las posibilidades de construir sistemas mediante procedimientos que ajustan modelos a partir de datos. En lugar de especificar exhaustivamente cada regla, se establecen condiciones de entrenamiento y criterios para evaluar resultados. Esta diferencia no significa ausencia de intervención humana: las personas definen problemas, seleccionan datos y determinan qué errores consideran aceptables. Tampoco implica que el modelo descubra relaciones válidas para cualquier situación. Su desempeño depende de las condiciones observadas y de su correspondencia con el contexto de aplicación. Por ello, aprender regularidades estadísticas

constituye una capacidad técnica cuya utilidad debe comprobarse para cada tarea organizacional.

El aprendizaje profundo desarrolla esta orientación mediante modelos con múltiples capas que aprenden representaciones de los datos. LeCun et al. (2015) explican que estas arquitecturas permiten construir niveles sucesivos de abstracción, relevantes para tareas como reconocimiento de imágenes y procesamiento del habla. El avance no debe interpretarse como una reproducción completa del pensamiento humano. Se trata de mecanismos computacionales con capacidades y limitaciones particulares. Su expansión también muestra que los resultados de la inteligencia artificial dependen de la articulación entre métodos, datos e infraestructura. En consecuencia, la evolución histórica combina innovaciones conceptuales con condiciones materiales que hacen viable entrenar y utilizar modelos.

1.2.3. Modelos generativos y lecciones de la evolución histórica

La IA generativa se caracteriza por producir contenidos, como texto, imágenes o código, mediante modelos que aprenden regularidades de datos. Esta capacidad modifica las interfaces de interacción y permite que usuarios sin conocimientos especializados formulen instrucciones en lenguaje natural. No obstante, la facilidad de uso puede ocultar la complejidad del sistema y favorecer interpretaciones excesivas sobre su competencia. Una respuesta fluida puede contener errores, omisiones o afirmaciones sin respaldo. Por ello, el análisis conceptual debe separar la calidad expresiva de la validez del contenido, especialmente cuando los resultados se incorporan a informes, procedimientos o decisiones que afectan a otras personas.

Un desarrollo relevante para diversos modelos contemporáneos fue la arquitectura presentada por Vaswani et al. (2017), basada en mecanismos de atención para el procesamiento de secuencias. Este trabajo constituye un antecedente técnico importante para comprender desarrollos posteriores del lenguaje computacional. Su significado histórico debe apreciarse dentro de una trayectoria colectiva de investigación, evitando atribuir toda la evolución reciente a un único descubrimiento. Las aplicaciones actuales resultan de múltiples decisiones sobre arquitectura, entrenamiento y utilización. El estudio detallado de estas tecnologías corresponde al capítulo siguiente; aquí interesa reconocer que las innovaciones técnicas adquieren relevancia organizacional cuando pueden integrarse de manera útil y controlada.

La historia de la inteligencia artificial incluye periodos de expectativas elevadas y etapas de revisión de sus posibilidades. Esta alternancia aconseja examinar críticamente las promesas de sustitución generalizada del trabajo o de resolución automática de problemas complejos. Una demostración exitosa acredita capacidad dentro de ciertas condiciones, pero no prueba funcionamiento estable en todos los entornos. Las organizaciones deben distinguir entre resultados experimentales, aplicaciones operativas y discursos comerciales. Esa distinción exige preguntar qué tarea se evaluó, con qué datos, bajo qué restricciones y mediante qué criterios. También requiere conocer qué sucede ante errores, situaciones excepcionales o cambios en las condiciones de uso.

La principal enseñanza histórica es que los enfoques no se reemplazan de manera absoluta. Reglas, métodos estadísticos, modelos profundos y procedimientos de optimización pueden coexistir dentro de una misma solución. La selección depende del problema, la información disponible y las exigencias de control. Asimismo, el progreso técnico no elimina preguntas antiguas sobre representación y evaluación; las reformula en escenarios nuevos. Para la gestión organizacional, esta trayectoria invita a mantener una actitud de apertura crítica: reconocer capacidades demostradas, establecer límites de aplicación y conservar mecanismos de revisión. La inteligencia artificial debe comprenderse como un campo en evolución cuyos productos requieren evaluación contextual.

La Figura 1.1 presenta hitos de la evolución de la inteligencia artificial y permite reconocer cambios en sus fundamentos, enfoques técnicos y posibilidades de aplicación.

Figura 1.1

Hitos de la evolución de la inteligencia artificial



La evolución representada combina avances conceptuales y tecnológicos. Sus hitos permiten comprender la coexistencia de distintos enfoques y la ampliación progresiva de sus aplicaciones organizacionales.

1.3. La convergencia entre IA y transformación digital

1.3.1. Complementariedad entre datos, procesos y capacidades de inteligencia artificial

La convergencia entre inteligencia artificial y transformación digital se produce cuando las capacidades computacionales se articulan con cambios en el funcionamiento organizacional. Las actividades digitalizadas generan registros que pueden utilizarse para analizar situaciones, formular predicciones o apoyar decisiones. A su vez, la inteligencia artificial puede identificar oportunidades para modificar esas actividades. Sin embargo, esta relación no constituye un circuito automáticamente beneficioso. Los registros pueden ser incompletos y las recomendaciones pueden resultar inaplicables. El valor aparece cuando existe correspondencia entre el problema institucional, la información disponible y una intervención que las personas responsables están en condiciones de ejecutar y evaluar.

La disponibilidad de datos constituye una condición relevante, aunque insuficiente. Un registro de ventas, por ejemplo, puede mostrar operaciones realizadas sin representar adecuadamente la demanda que no pudo atenderse. Si se interpreta como una descripción completa del mercado, el análisis puede reproducir limitaciones anteriores. Del mismo modo, los datos administrativos reflejan las categorías y los procedimientos mediante los cuales fueron producidos. Comprender su origen ayuda a evitar que se confundan registros institucionales con representaciones neutrales de la realidad. Esta precaución resulta necesaria desde el inicio, aunque la gestión detallada del ciclo de vida del dato se desarrollará en el capítulo tercero.

La integración con los procesos determina si una salida del modelo se convierte en una acción útil. Una predicción sobre retrasos puede ser técnicamente adecuada y carecer de efectos cuando nadie tiene responsabilidad para reorganizar entregas. También puede generar actuaciones contradictorias

si diferentes unidades interpretan el resultado con criterios incompatibles. Por ello, cada aplicación necesita una ubicación reconocible dentro del trabajo: quién recibe la información, qué decisión puede tomar y cómo se comprueba su pertinencia. La transformación digital proporciona parte de esa estructura mediante flujos de información y coordinación; la inteligencia artificial introduce capacidades adicionales que deben incorporarse con una finalidad explícita.

La convergencia exige, además, reconocer que existen problemas para los cuales una solución convencional resulta suficiente. Cuando una actividad puede resolverse mediante una regla estable, una validación sencilla o un mejor procedimiento, incorporar un modelo complejo puede aumentar costos y dificultades de mantenimiento. La pertinencia de la inteligencia artificial depende de una comparación razonada con alternativas disponibles. Esta evaluación debe considerar calidad, tiempo, recursos y consecuencias del error. El objetivo organizacional consiste en resolver necesidades con medios proporcionados. De ese modo, la selección tecnológica se convierte en una decisión fundamentada y evita que la innovación se reduzca a seguir tendencias.

1.3.2. Automatización, ampliación de capacidades y rediseño de decisiones

La automatización consiste en ejecutar actividades mediante sistemas con distintos grados de intervención humana. Puede apoyarse en reglas convencionales o incorporar inteligencia artificial cuando requiere reconocer patrones, interpretar entradas variables o producir recomendaciones. La ampliación de capacidades, por su parte, ocurre cuando la tecnología ayuda a una persona a desarrollar una tarea conservando una participación sustantiva en su ejecución o evaluación. Ambas modalidades pueden coexistir. Un sistema puede clasificar documentos automáticamente y remitir casos ambiguos a revisión especializada. Lo importante es establecer qué se delega, qué permanece bajo responsabilidad humana y qué condiciones justifican modificar esa distribución.

El rediseño debe partir de las características de la tarea y de las consecuencias de equivocarse. Corregir una etiqueta interna y decidir sobre el acceso a un servicio esencial no presentan la misma relevancia institucional. Una aplicación aceptable para una actividad exploratoria puede ser insuficiente para una decisión con efectos difíciles de revertir. Por tanto, la autonomía debe graduarse mediante criterios explícitos de alcance, incertidumbre y posibilidad de reparación. La supervisión humana solo resulta efectiva cuando quienes revisan disponen de información, tiempo y autoridad para intervenir. Una aprobación rutinaria, realizada sin esas condiciones, aporta escaso control sobre el funcionamiento real.

La presencia de una recomendación algorítmica también puede modificar el juicio de sus usuarios. Cuando el resultado aparece con una presentación convincente o procede de una herramienta prestigiosa, existe el riesgo de aceptarlo sin suficiente examen. En sentido contrario, la desconfianza indiscriminada puede impedir aprovechar información útil. La relación adecuada requiere comprender para qué sirve el sistema, en qué condiciones funciona y qué señales obligan a revisar sus resultados. Esta alfabetización no exige que cada usuario domine la construcción matemática del modelo, pero sí que pueda interpretar sus salidas y reconocer que ninguna recomendación sustituye por sí misma la responsabilidad institucional.

El diseño de la colaboración debe contemplar excepciones y desacuerdos. Cuando una persona modifica una recomendación, resulta útil registrar el motivo para examinar si existe un problema del modelo, información adicional o una diferencia legítima de criterio. Asimismo, los errores humanos no deben utilizarse como argumento suficiente para aceptar cualquier automatización: la comparación necesita condiciones equivalentes y resultados relevantes. Una evaluación equilibrada considera el desempeño del conjunto formado por personas, procedimientos y tecnología. Esta

unidad de análisis permite observar mejoras y dificultades que permanecerían ocultas si se estudiara exclusivamente la precisión técnica o la conducta individual de los trabajadores.

1.3.3. Valor organizacional, experimentación y evidencia de resultados

Una iniciativa de inteligencia artificial adquiere sentido estratégico cuando se vincula con resultados que la organización considera relevantes. Reducir el tiempo de elaboración de un informe puede ser útil, pero su valor depende de que el documento conserve calidad y llegue oportunamente a quienes deben decidir. Incrementar el número de interacciones atendidas tampoco demuestra una mejor experiencia si aumentan los errores o las solicitudes sin resolver. En consecuencia, la evaluación debe diferenciar resultados técnicos, cambios operativos y efectos institucionales. Esta separación permite comprender en qué punto se produce una mejora y dónde aparecen dificultades que requieren ajustes de diseño o implementación.

La experimentación ofrece un medio para examinar esas relaciones antes de ampliar una solución. Un proyecto inicial necesita un problema delimitado, una situación de referencia y criterios de éxito comprensibles. También requiere establecer condiciones para detenerlo o reformularlo cuando los resultados sean insuficientes. La finalidad de experimentar consiste en aprender, por lo que documentar una limitación puede ser tan útil como demostrar una mejora. Sin embargo, un piloto exitoso no garantiza funcionamiento equivalente a mayor escala. Al ampliar usuarios, unidades o contextos, pueden aparecer variaciones que no estuvieron presentes durante las primeras pruebas y que exigen una evaluación adicional.

Para atribuir cambios a una intervención se necesita cautela metodológica. Una mejora posterior a la implementación puede coincidir con variaciones estacionales, capacitación adicional o modificaciones de la demanda. Cuando sea viable, conviene comparar situaciones mediante diseños que ayuden a distinguir esos factores. La información cuantitativa permite examinar tiempos, errores y resultados observables; la indagación cualitativa ayuda a comprender experiencias, obstáculos y mecanismos de cambio. Su combinación puede ofrecer una interpretación más completa. La elección metodológica debe corresponder a la pregunta evaluativa y a las condiciones institucionales, evitando convertir la disponibilidad de métricas en sustituto de un análisis razonado del proceso.

La confianza también forma parte del valor generado. El NIST (2023) caracteriza los sistemas de inteligencia artificial como sociotécnicos y plantea que sus riesgos emergen de la interacción entre componentes técnicos y condiciones sociales de uso. Esta orientación respalda la necesidad de evaluar aplicaciones dentro de sus contextos concretos. Una herramienta útil debe poder sostenerse mediante responsabilidades, procedimientos y mecanismos de revisión. En esta obra, la gobernanza de la IA designará precisamente el conjunto de estructuras y decisiones que orientan su desarrollo y utilización. Su tratamiento específico se realizará posteriormente, manteniendo desde ahora la responsabilidad como condición transversal de la transformación.

1.4. Del paradigma de la organización digital a la organización inteligente

1.4.1. Definición y alcance de la organización inteligente

Una organización digital utiliza tecnologías y datos de manera integrada para desarrollar actividades, coordinar recursos y relacionarse con su entorno. Esta condición puede mejorar la disponibilidad de información y facilitar operaciones, aunque no garantiza aprendizaje ni decisiones pertinentes. Una institución puede disponer de numerosos indicadores y continuar respondiendo tardíamente

a sus problemas. También puede automatizar procedimientos que han perdido sentido. Por ello, el tránsito hacia una organización inteligente exige examinar cómo la información se interpreta y cómo esa interpretación modifica la acción. El criterio relevante es la capacidad institucional de aprender y adaptarse con fundamento, más allá de la disponibilidad de infraestructura.

En esta obra, organización inteligente designará una organización capaz de integrar datos, conocimiento humano y tecnologías de inteligencia artificial para aprender de su experiencia, coordinar decisiones y adaptar responsablemente sus procesos y propuestas de valor. Se trata de una definición de trabajo, no de una categoría universalmente estandarizada. Su utilidad consiste en establecer un referente coherente para los capítulos posteriores. La inteligencia organizacional no se atribuye a una aplicación aislada, sino a la articulación entre capacidades técnicas y humanas. Incluye la posibilidad de reconocer incertidumbre, cuestionar resultados y corregir decisiones cuando la evidencia muestra que una intervención resulta insuficiente o inadecuada.

La Figura 1.2 representa cinco componentes interdependientes de la organización inteligente, cuya articulación permite transformar datos y conocimiento en decisiones, aprendizaje y adaptación responsable al entorno.

Figura 1.2

Componentes de la organización inteligente



La inteligencia organizacional surge de la interacción entre capacidades humanas y tecnológicas. Su desarrollo requiere integrar información confiable, aprendizaje continuo y supervisión de las decisiones

El conocimiento humano cumple una función esencial porque permite interpretar situaciones que los registros no representan completamente. La experiencia profesional ayuda a identificar cambios de contexto, comprender excepciones y formular preguntas pertinentes. Sin embargo, tampoco debe idealizarse: puede contener errores, hábitos desactualizados y juicios parciales. La organización inteligente necesita mecanismos para contrastar tanto las recomendaciones algorítmicas como las

interpretaciones de sus integrantes. Esa reciprocidad evita establecer una oposición simplificada entre objetividad tecnológica y subjetividad humana. El conocimiento institucional se fortalece cuando diferentes fuentes pueden examinarse mediante criterios compartidos y cuando existe disposición para revisar conclusiones previamente aceptadas.

La inteligencia organizacional tampoco equivale a maximizar velocidad en todas las actividades. Algunas decisiones requieren deliberación, consulta o comprobaciones adicionales. Resolverlas más rápido puede disminuir su calidad si se omiten condiciones relevantes. Una organización inteligente distingue entre situaciones que admiten respuesta inmediata y aquellas que necesitan reflexión. Asimismo, reconoce que eficiencia, equidad, seguridad y sostenibilidad pueden plantear tensiones legítimas. Su capacidad consiste en hacer explícitas esas tensiones y decidir con argumentos verificables. De este modo, la adaptación se orienta por el propósito institucional y por las consecuencias de las acciones, evitando que la optimización de indicadores particulares sustituya una evaluación integral.

1.4.2. Aprendizaje institucional y capacidades dinámicas

El aprendizaje institucional requiere convertir experiencias dispersas en conocimientos que puedan orientar actuaciones posteriores. Un equipo puede resolver eficazmente un problema sin que la organización aprenda de esa solución, especialmente cuando el conocimiento permanece limitado a sus integrantes. Documentar decisiones, revisar resultados y compartir criterios ayuda a reducir esa dependencia. Sin embargo, almacenar documentos tampoco garantiza aprendizaje: es necesario que la información pueda recuperarse, interpretarse y aplicarse. La inteligencia artificial puede apoyar algunas de estas actividades, pero la selección de conocimientos relevantes y la valoración de su pertinencia continúan requiriendo criterios institucionales y participación de quienes comprenden el contexto del trabajo.

La perspectiva de capacidades dinámicas de Teece (2007) ofrece un fundamento para analizar la adaptación estratégica. El autor examina capacidades relacionadas con identificar oportunidades y amenazas, aprovechar oportunidades y reconfigurar activos y estructuras. Aplicada al tema de esta obra, esta perspectiva ayuda a comprender que disponer de recursos tecnológicos no basta para responder al cambio. Se requieren procesos que permitan reconocer necesidades, movilizar decisiones y ajustar la organización. Esta aplicación constituye una interpretación del marco estratégico: la inteligencia artificial puede contribuir a esas actividades, aunque su aporte depende de cómo se combine con conocimientos, responsabilidades y mecanismos efectivos de coordinación.

El aprendizaje implica revisar tanto la ejecución como los supuestos que la orientan. Si un servicio recibe solicitudes repetidas de aclaración, puede mejorarse la velocidad de respuesta o cuestionarse la claridad del procedimiento original. La segunda posibilidad modifica el problema que se intenta resolver. Una organización inteligente debe conservar espacios para ese tipo de revisión, pues la automatización puede hacer más eficiente una práctica sin examinar su pertinencia. La pregunta sobre cómo ejecutar una actividad debe complementarse con otra acerca de por qué se realiza y si continúa contribuyendo al propósito institucional bajo las condiciones presentes de operación y atención.

La madurez digital se entenderá como el grado de desarrollo y articulación de capacidades para utilizar tecnologías y datos de manera coherente con los objetivos organizacionales. No representa una condición absoluta ni necesariamente uniforme entre áreas. Una institución puede mostrar avances en atención digital y debilidades en integración de información o formación del personal.

Este carácter multidimensional exige evitar diagnósticos basados únicamente en equipamiento. El capítulo cuarto abordará modelos de evaluación y formulación estratégica. Desde el fundamento conceptual aquí establecido, la madurez debe apreciarse por la consistencia entre recursos, prácticas y resultados, así como por la capacidad de sostener mejoras y corregir dificultades.

1.4.3. Responsabilidad, pertinencia y trayectoria de transformación

La organización inteligente necesita distribuir responsabilidades de manera compatible con el uso de sistemas automatizados. Debe poder identificarse quién define objetivos, quién valida resultados y quién interviene cuando aparecen consecuencias adversas. La participación de proveedores externos no elimina estas obligaciones institucionales. Contratar una herramienta implica comprender suficientemente sus condiciones de uso y determinar si resulta apropiada para las actividades previstas. Esta comprensión debe ser proporcional al impacto de la aplicación. En tareas de mayor relevancia, se requieren garantías más exigentes de evaluación y revisión, además de procedimientos que permitan atender consultas, corregir errores y responder por las decisiones adoptadas.

La pertinencia exige considerar a las personas afectadas por la transformación. Un servicio puede ser técnicamente eficiente y producir exclusión cuando presupone competencias digitales, dispositivos o condiciones de acceso que parte de sus destinatarios no posee. La mejora debe evaluarse desde la experiencia completa de utilización, incluyendo dificultades para comprender instrucciones y solicitar apoyo. En organizaciones de alcance internacional, también importa la adecuación lingüística y cultural. Estas consideraciones no constituyen añadidos posteriores al diseño: ayudan a definir qué significa funcionar correctamente. Una aplicación cumple su finalidad cuando permite alcanzar resultados valiosos bajo condiciones reales y diversas de participación y acceso.

La trayectoria hacia una organización inteligente puede construirse mediante avances graduales, siempre que exista coherencia entre ellos. Integrar información, mejorar competencias y establecer mecanismos de evaluación puede aportar más que introducir simultáneamente múltiples herramientas. Cada iniciativa debería dejar capacidades aprovechables para las siguientes, como criterios compartidos, conocimiento documentado o mejores formas de coordinación. Esta acumulación requiere continuidad directiva y recursos de mantenimiento. También exige aceptar que algunas soluciones deberán modificarse o retirarse. La capacidad de detener una aplicación que dejó de resultar pertinente constituye una expresión de aprendizaje institucional y de responsabilidad en el uso de la tecnología.

El marco desarrollado permite comprender la transformación digital como un proceso estratégico y sociotécnico, la inteligencia artificial como un campo de capacidades computacionales y la organización inteligente como una construcción institucional orientada al aprendizaje responsable. Su relación depende de decisiones concretas sobre problemas, datos, personas y resultados. La tecnología amplía posibilidades, mientras que la organización determina cómo se utilizan y con qué consecuencias. Sobre esta base, el siguiente capítulo examinará las tecnologías habilitadoras de la inteligencia artificial. Su estudio conservará la distinción fundamental entre capacidad técnica y valor organizacional, indispensable para formular aplicaciones pertinentes, evaluar sus límites y sostener una transformación digital fundamentada.

Tecnologías habilitadoras de la inteligencia artificial

La aplicación organizacional de la inteligencia artificial requiere comprender las tecnologías que permiten aprender de datos, interpretar información, generar contenidos y ejecutar operaciones en distintos entornos computacionales. Esta comprensión no exige que cada directivo domine la programación de modelos, pero sí que reconozca sus principios de funcionamiento, condiciones de uso y limitaciones. Como se estableció en el capítulo anterior, una capacidad técnica adquiere valor cuando responde a un problema definido y se integra adecuadamente con las personas y los procesos.

Este capítulo examina cuatro conjuntos de tecnologías habilitadoras. Primero, presenta el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo. Después, aborda el procesamiento del lenguaje natural y la visión por computadora. A continuación, analiza la IA generativa y los modelos fundacionales. Finalmente, explica la función de la computación en la nube, el Internet de las cosas y la computación en el borde. El propósito es proporcionar criterios conceptuales para interpretar sus posibilidades sin confundir disponibilidad tecnológica con pertinencia organizacional.



2.1. Aprendizaje automático y aprendizaje profundo

2.1.1. Principios del aprendizaje automático y modalidades de aprendizaje

El aprendizaje automático comprende métodos que permiten ajustar modelos a partir de datos para realizar tareas específicas. Un modelo constituye una representación computacional que relaciona entradas con resultados mediante parámetros, estructuras o reglas obtenidas durante el aprendizaje. El algoritmo de entrenamiento establece cómo se construye o modifica esa representación. Esta distinción resulta importante porque algoritmo y modelo no son términos equivalentes: el primero define un procedimiento, mientras que el segundo es un resultado de su aplicación. En una organización, el entrenamiento puede utilizar registros históricos para desarrollar un sistema que posteriormente estime resultados ante situaciones nuevas, dentro de determinadas condiciones.

El aprendizaje supervisado utiliza ejemplos que incluyen entradas y resultados conocidos, denominados etiquetas o variables objetivo. Cuando se busca asignar categorías, la tarea se denomina clasificación; cuando se estima una magnitud numérica, se habla de regresión. Una organización podría clasificar solicitudes según su temática o estimar la duración de un procedimiento. En ambos casos, las etiquetas deben corresponder al problema institucional. Si representan decisiones anteriores inconsistentes, el modelo puede aprender esas inconsistencias. Por ello, disponer de numerosos registros no garantiza un aprendizaje adecuado: también se necesita examinar qué representan, cómo fueron producidos y si constituyen una referencia pertinente para el uso previsto.

El aprendizaje no supervisado trabaja con datos sin una variable objetivo proporcionada para cada ejemplo. Puede utilizarse para explorar agrupaciones, reducir dimensiones o identificar estructuras relevantes. Sin embargo, los patrones encontrados requieren interpretación y no equivalen automáticamente a categorías naturales o útiles para la gestión. El aprendizaje autosupervisado, por su parte, construye señales de entrenamiento a partir de los propios datos, como ocurre al predecir elementos ocultos de una secuencia. Esta modalidad permite aprovechar información sin etiquetado manual exhaustivo. Las diferencias entre enfoques responden principalmente a la forma de organizar la señal de aprendizaje, aunque pueden combinarse dentro de una solución.

El aprendizaje por refuerzo aborda situaciones en las que un agente selecciona acciones y recibe señales de recompensa vinculadas con su interacción con un entorno. Su objetivo consiste en aprender una política de actuación, considerando que una decisión puede influir en resultados posteriores. Este planteamiento resulta distinto de ajustar predicciones sobre ejemplos independientes. Su aplicación requiere definir cuidadosamente recompensas, restricciones y condiciones de exploración. En contextos organizacionales, experimentar directamente puede producir consecuencias inaceptables, por lo que pueden necesitarse simulaciones, datos previos y controles adicionales. Una recompensa mal formulada puede favorecer comportamientos que mejoran el indicador seleccionado sin cumplir la finalidad institucional.

La Tabla 2.1 sintetiza las modalidades de aprendizaje automático, distinguiendo sus señales de entrenamiento, aplicaciones y limitaciones para orientar su selección según el problema organizacional.

Tabla 2.1

Modalidades de aprendizaje automático: características, aplicaciones y limitaciones

Modalidad	Características y señal de aprendizaje	Aplicaciones organizacionales	Limitaciones principales
Aprendizaje supervisado	Utiliza ejemplos con entradas y resultados conocidos. Ajusta un modelo para clasificar categorías o estimar magnitudes numéricas.	Clasificación de solicitudes, estimación de demanda y predicción de tiempos de resolución.	Requiere etiquetas pertinentes y datos representativos. Puede reproducir errores históricos y perder desempeño cuando cambian las condiciones de aplicación.
Aprendizaje no supervisado	Analiza datos sin una variable objetivo proporcionada para cada ejemplo. Identifica agrupaciones, relaciones o representaciones de menor dimensión.	Exploración de segmentos de clientes, agrupación de documentos e identificación de patrones inusuales para revisión.	Los patrones necesitan interpretación. Los grupos obtenidos no representan necesariamente categorías significativas ni diferencias útiles para decidir.
Aprendizaje autosupervisado	Construye señales de entrenamiento a partir de los propios datos, por ejemplo, prediciendo elementos ocultos o relacionando distintas representaciones de una observación.	Preentrenamiento de modelos de lenguaje, aprendizaje de representaciones de imágenes y preparación de modelos para tareas especializadas.	La calidad depende de los datos y del objetivo de entrenamiento. El aprendizaje de representaciones no garantiza exactitud, ausencia de sesgos ni adecuación a una tarea posterior.
Aprendizaje por refuerzo	Un agente aprende una política de actuación mediante interacciones con un entorno y señales de recompensa. Considera consecuencias que pueden extenderse a decisiones posteriores.	Programación adaptativa de recursos, control de sistemas y selección secuencial de acciones en entornos delimitados.	Una recompensa inadecuada puede favorecer conductas contrarias al propósito institucional. La exploración puede resultar costosa o riesgosa y requerir simulación, restricciones y supervisión.

Nota. Las modalidades se distinguen por la forma de organizar la señal de aprendizaje y pueden combinarse en una misma solución. Las aplicaciones son ilustrativas; su pertinencia requiere evaluación contextual.

La selección debe considerar información disponible, finalidad y consecuencias del error. Las modalidades pueden complementarse; ninguna garantiza resultados adecuados sin validación y condiciones organizacionales de utilización pertinentes.

2.1.2. Redes neuronales y aprendizaje de representaciones

Las redes neuronales artificiales organizan operaciones matemáticas en unidades conectadas que transforman entradas para producir salidas. Durante el entrenamiento se ajustan parámetros para reducir una función de pérdida, que expresa alguna forma de discrepancia respecto del objetivo

definido. La denominación neuronal tiene inspiración histórica, pero no debe interpretarse como una reproducción completa del cerebro. Se trata de estructuras computacionales cuya utilidad depende de la arquitectura y del entrenamiento. Comprender esta diferencia ayuda a evitar explicaciones antropomórficas y permite evaluar el sistema mediante tareas, resultados y condiciones observables, sin atribuirle capacidades humanas que no han sido demostradas.

El aprendizaje profundo utiliza redes con múltiples capas capaces de construir representaciones sucesivas de los datos. Goodfellow et al. (2016) explican este enfoque mediante la articulación entre aprendizaje de representaciones y estructuras de composición. En términos generales, las transformaciones internas permiten expresar propiedades útiles para una tarea sin definir manualmente todas sus características. Ello no elimina el diseño humano: siguen siendo necesarias decisiones sobre datos, arquitectura, objetivos y evaluación. Tampoco implica que cada capa corresponda a un concepto interpretable. Una representación puede ser funcional para predecir y, al mismo tiempo, resultar difícil de explicar mediante categorías comprensibles para sus usuarios.

Las arquitecturas se seleccionan según las características de la información y de la tarea. Las redes convolucionales aprovechan relaciones locales y parámetros compartidos, propiedades relevantes para procesar imágenes. Las redes recurrentes incorporan mecanismos para tratar secuencias, mientras que los transformadores utilizan mecanismos de atención para relacionar elementos dentro de una representación. Estas familias no constituyen compartimentos absolutos ni determinan una única aplicación posible. Su elección exige considerar desempeño, recursos y restricciones operativas. Además, una arquitectura destacada en investigación puede requerir adaptaciones importantes antes de resultar adecuada para documentos institucionales, señales industriales o información producida en condiciones diferentes de las utilizadas durante su desarrollo.

El aprendizaje profundo tampoco debe suponerse superior para cualquier problema. En conjuntos de datos tabulares pueden existir alternativas, como modelos lineales, árboles de decisión y métodos de ensamble, que ofrezcan resultados competitivos con menores exigencias operativas. La comparación necesita realizarse sobre datos pertinentes y mediante criterios organizacionales. Un incremento limitado del desempeño puede no compensar mayores costos, dificultades de interpretación o tiempos de respuesta. La complejidad debe justificarse por su contribución al problema. Esta consideración permite seleccionar soluciones proporcionadas y mantiene la coherencia con el principio desarrollado en el apartado 1.3: utilizar inteligencia artificial requiere examinar alternativas técnicamente suficientes.

2.1.3. Generalización, evaluación y límites del aprendizaje

La generalización es la capacidad de mantener un desempeño adecuado ante datos distintos de los utilizados para entrenar. Un modelo puede ajustarse excesivamente a particularidades del conjunto de entrenamiento y funcionar deficientemente en situaciones nuevas, fenómeno denominado sobreajuste. También puede ser demasiado restrictivo para representar relaciones relevantes, produciendo subajuste. La evaluación debe distinguir ambos problemas y evitar conclusiones basadas únicamente en resultados de entrenamiento. Separar datos para entrenamiento, validación y prueba constituye una práctica habitual, aunque su implementación necesita respetar la estructura del problema. Los registros vinculados con una misma persona, equipo o periodo pueden introducir dependencias que alteren la interpretación.

La fuga de información ocurre cuando el entrenamiento o la evaluación incorporan datos que no estarían disponibles al utilizar el sistema. Si se pretende anticipar una demora, incluir información registrada después de su ocurrencia produce una estimación artificialmente favorable. Algo

semejante sucede cuando ejemplos casi idénticos aparecen en conjuntos que deberían permanecer separados. Estos problemas muestran que evaluar exige conocimiento del proceso que origina los datos. Una partición aleatoria no siempre resulta apropiada, especialmente cuando existen secuencias temporales. Para pronósticos organizacionales, debe comprobarse que las condiciones de prueba representen razonablemente la información disponible en el momento real de decisión.

Las métricas deben relacionarse con las consecuencias del error. En clasificación, la proporción global de aciertos puede resultar engañosa cuando una categoría es poco frecuente. Conviene examinar precisión, sensibilidad y otros indicadores según la tarea, distinguiendo, por ejemplo, falsas alertas de casos relevantes que no fueron detectados. En regresión, diferentes medidas penalizan de manera distinta los errores grandes y pequeños. También importa conocer si las probabilidades estimadas están calibradas y si el desempeño varía entre grupos o condiciones. Ninguna métrica aislada resume todas estas dimensiones; su selección requiere explicar qué aspecto se pretende medir y por qué resulta pertinente.

Finalmente, una relación predictiva no demuestra causalidad. Un modelo puede identificar asociaciones útiles sin establecer qué intervención produciría un cambio deseado. Esta distinción resulta decisiva cuando se utilizan predicciones para diseñar políticas o modificar procesos. Además, el desempeño puede deteriorarse cuando cambian los datos o las relaciones entre variables y resultados. La vigilancia posterior debe atender a esas variaciones, sin asumir que todo ajuste requiere entrenar nuevamente. A veces corresponde revisar el procedimiento o suspender el uso. Los mecanismos de operación continua se desarrollarán en el capítulo tercero; aquí queda establecido que aprender de datos no elimina la necesidad de evaluación contextual.

2.2. Procesamiento del lenguaje natural y visión por computadora

2.2.1. Representación y procesamiento del lenguaje natural

El procesamiento del lenguaje natural estudia métodos computacionales para analizar y generar lenguaje humano. Sus tareas incluyen clasificar textos, extraer información, recuperar documentos, traducir, resumir y reconocer o producir habla. El lenguaje presenta dificultades particulares porque su interpretación depende del contexto, las convenciones y los propósitos comunicativos. Una misma expresión puede tener significados distintos según el sector o la situación. Por ello, procesar palabras correctamente no garantiza comprender la intención de una solicitud. En aplicaciones organizacionales, se necesita definir qué operación lingüística se espera del sistema y qué evidencia permitirá determinar si la realizó de manera suficientemente adecuada.

Para trabajar computacionalmente, el texto suele dividirse en unidades denominadas *tokens*, que pueden corresponder a palabras, fragmentos de palabras u otras unidades. Estas unidades se convierten en representaciones numéricas. Los vectores de representación, conocidos como *embeddings*, permiten expresar relaciones aprendidas entre elementos lingüísticos. En representaciones contextuales, un mismo término puede recibir una representación diferente según su entorno textual. Esta propiedad ayuda a procesar ambigüedades, pero no constituye una garantía de interpretación correcta. Asimismo, la proximidad entre vectores refleja criterios aprendidos por el modelo y no debe confundirse con una equivalencia conceptual válida para cualquier decisión o dominio profesional.

Jurafsky y Martin (2026) presentan el procesamiento del lenguaje como un campo que integra representaciones, modelos del lenguaje y tareas de análisis y generación. Esta amplitud permite comprender que un sistema lingüístico no necesariamente es conversacional ni generativo. Un

clasificador de comunicaciones internas puede producir únicamente una categoría, mientras que un extractor identifica nombres, fechas o relaciones dentro de documentos. La elección depende de la necesidad. Cuando basta con localizar información o asignar etiquetas, generar una respuesta extensa puede añadir variabilidad innecesaria. Definir la tarea con precisión contribuye a seleccionar métodos y controles proporcionales al resultado que realmente necesita la organización.

Las condiciones lingüísticas requieren atención específica en contextos internacionales. El desempeño puede variar entre idiomas, variedades regionales, registros profesionales y formas de escritura. Abreviaturas, errores ortográficos y términos locales pueden modificar la interpretación. En el habla, también influyen el ruido, la velocidad y las características de la grabación. Por tanto, una evaluación realizada con textos formales no acredita funcionamiento equivalente en mensajes breves o conversaciones reales. La organización necesita pruebas representativas de sus usuarios y documentos. También debe establecer procedimientos de corrección cuando una interpretación equivocada afecte la clasificación de una solicitud, la recuperación de información o la atención ofrecida.

2.2.2. Fundamentos y tareas de la visión por computadora

La visión por computadora desarrolla métodos para extraer información de imágenes y videos. Aunque una imagen digital se representa mediante valores numéricos, interpretar su contenido exige relacionar esos valores con objetos, estructuras o movimientos relevantes. Szeliski (2022) presenta el campo mediante problemas que incluyen formación de imágenes, reconocimiento, correspondencia y reconstrucción. Esta diversidad impide reducirlo a identificar objetos. Una aplicación puede medir dimensiones, estimar desplazamientos o localizar defectos sin necesitar una descripción completa de la escena. En consecuencia, el diseño debe precisar qué propiedad visual se necesita observar y en qué condiciones de captura podrá distinguirse de forma confiable.

La clasificación asigna una categoría a una imagen o región. La detección localiza objetos, habitualmente mediante recuadros, mientras que la segmentación delimita regiones con mayor detalle, incluso a nivel de píxel. El seguimiento relaciona observaciones a lo largo del tiempo para estimar trayectorias. Estas tareas responden a preguntas diferentes y exigen datos anotados de manera distinta. Hay que reconocer que una imagen contiene una pieza defectuosa no implica localizar el defecto ni medir su extensión. Por ello, definir una solución únicamente como reconocimiento visual resulta insuficiente. Es necesario determinar qué salida permitirá actuar y cuál será la tolerancia al error.

La calidad de captura condiciona todo el procesamiento posterior. Iluminación, perspectiva, resolución, movimiento y oclusiones pueden alterar la información disponible. Si una cámara no registra con suficiente detalle una característica, un modelo no puede recuperar de manera confiable aquello que nunca fue observado. El diseño de una aplicación visual requiere, por tanto, coordinar condiciones físicas y componentes computacionales. En inspección de productos, por ejemplo, puede ser necesario estabilizar la posición de las piezas y controlar reflejos. Esta consideración muestra que algunas mejoras decisivas provienen del entorno de adquisición, antes de modificar el algoritmo o aumentar su complejidad.

La evaluación necesita representar variaciones reales de operación y distinguir errores relevantes para la actividad. Una tasa de detección favorable puede ocultar dificultades con objetos pequeños, condiciones nocturnas o categorías poco frecuentes. Además, la incorporación de cámaras modifica las condiciones de observación de personas y espacios. Detectar presencia no habilita automáticamente identificar individuos, y reconocer expresiones no permite atribuir con certeza

estados emocionales. Las inferencias deben limitarse a aquello que el sistema puede sustentar y a finalidades justificadas. La precisión técnica constituye una dimensión de evaluación; la pertinencia del uso depende también de sus consecuencias y de las condiciones institucionales.

2.2.3. Integración documental, multimodalidad y validación contextual

Muchas aplicaciones organizacionales combinan lenguaje y visión porque sus entradas son documentos con texto, imágenes y estructura espacial. El reconocimiento óptico de caracteres transforma representaciones visuales de escritura en texto procesable. Sin embargo, extraer caracteres no equivale a interpretar correctamente un documento. La ubicación de una cifra, su relación con una etiqueta y la presencia de tablas pueden ser determinantes. Una solución documental debe conservar esas relaciones cuando sean necesarias para la tarea. También requiere mecanismos para detectar baja calidad de captura, campos ausentes y formatos no reconocidos, evitando completar información mediante supuestos que podrían producir errores administrativos.

Una cadena de procesamiento puede acumular fallos entre sus componentes. Si el reconocimiento óptico interpreta incorrectamente un importe y el siguiente módulo lo valida solo por su formato numérico, el resultado puede parecer coherente aunque sea falso. Por ello, evaluar cada etapa de manera independiente es insuficiente. Debe examinarse el recorrido completo desde la entrada hasta la acción institucional. Las comprobaciones pueden incluir coherencia entre campos, contraste con registros autorizados y revisión de excepciones. La confianza declarada por un componente tampoco debe asumirse como una probabilidad exacta de corrección sin estudiar previamente su comportamiento y calibración en documentos representativos.

La multimodalidad integra información de diferentes modalidades, como texto, imagen y audio. Esta combinación puede aportar contexto adicional: una descripción escrita puede ayudar a interpretar una fotografía, y una señal visual puede complementar una instrucción verbal. Sin embargo, reunir modalidades también introduce posibles contradicciones y problemas de sincronización. El sistema necesita criterios para relacionar entradas y resolver discrepancias. Además, una capacidad demostrada con una combinación particular no se extiende automáticamente a cualquier otra. Las pruebas deben identificar qué modalidades aportan información útil y si su incorporación mejora efectivamente la tarea frente a soluciones más sencillas y fáciles de mantener.

La validación contextual permite transformar estas capacidades en servicios utilizables. Una organización debe examinar documentos, voces e imágenes producidos bajo condiciones habituales, incluyendo casos difíciles y situaciones excepcionales. También necesita determinar cuándo el sistema debe abstenerse, solicitar una nueva captura o transferir el caso a una persona. La abstención puede ser una respuesta adecuada cuando la información resulta insuficiente. El objetivo no consiste en producir siempre una salida, sino en sostener decisiones pertinentes. Esta orientación conserva el papel del conocimiento profesional y evita que resultados visuales o lingüísticos plausibles se acepten automáticamente como descripciones completas de una situación.

2.3. IA generativa y modelos fundacionales

2.3.1. Relación entre generación, preentrenamiento y adaptación

La IA generativa y los modelos fundacionales describen propiedades relacionadas, pero diferentes. La primera alude a la capacidad de producir contenidos; los segundos se caracterizan por un entrenamiento amplio que permite adaptarlos a diversas tareas posteriores. Bommasani et al. (2021) desarrollan este concepto para analizar oportunidades y riesgos de modelos que funcionan

como base para múltiples aplicaciones. No todo modelo fundacional se utiliza para generar contenidos, ni todo sistema generativo necesita una escala fundacional. Mantener esta distinción permite comprender mejor las opciones tecnológicas y evita identificar una familia completa de modelos con una única interfaz o modalidad comercial.

En numerosos modelos del lenguaje, el preentrenamiento utiliza objetivos de predicción sobre grandes colecciones de secuencias. Mediante ese proceso se ajustan parámetros que permiten representar regularidades lingüísticas y otras relaciones presentes en los datos. Posteriormente pueden aplicarse etapas adicionales para orientar el seguimiento de instrucciones o adaptar comportamientos. Estas etapas modifican el sistema, pero no convierten sus respuestas en conocimiento verificado. Tampoco garantizan actualización respecto de acontecimientos posteriores a sus datos de entrenamiento. La organización debe distinguir entre la capacidad de formular una respuesta y la disponibilidad de evidencia suficiente para respaldar cada afirmación que esa respuesta contiene.

La generación de texto suele realizarse de manera secuencial, seleccionando unidades a partir de distribuciones producidas por el modelo. Las estrategias de selección influyen en la variabilidad de las respuestas. Configuraciones más conservadoras pueden reducir diversidad, pero no aseguran exactitud factual. El contexto proporcionado mediante instrucciones y documentos también condiciona el resultado, aunque tiene una capacidad limitada y no siempre se utiliza de forma uniforme. Por ello, incorporar una instrucción extensa no equivale a imponer una regla infalible. Las restricciones importantes deben apoyarse, cuando corresponda, en validaciones externas y controles de aplicación que no dependan únicamente de la generación.

La adaptación puede realizarse mediante instrucciones, ejemplos incluidos en el contexto o ajuste de parámetros con datos específicos. Estas alternativas presentan diferencias de costo, mantenimiento y alcance. Un ajuste fino puede ayudar a reproducir formatos o comportamientos especializados, pero no constituye necesariamente el medio apropiado para mantener información institucional cambiante. Asimismo, entrenar con documentos propios exige evaluar autorizaciones, calidad y posibles exposiciones de información. La decisión debe partir del comportamiento que se desea modificar. Cuando el problema consiste en acceder a contenidos actualizados, puede resultar más pertinente una estrategia de recuperación documental que una modificación de los parámetros del modelo.

2.3.2. Recuperación de información, herramientas y especialización organizacional

La generación aumentada por recuperación combina mecanismos de búsqueda con un modelo generativo. En lugar de depender exclusivamente de información incorporada durante el entrenamiento, el sistema recupera documentos o fragmentos relevantes y los proporciona como contexto. Lewis et al. (2020) estudiaron esta integración para tareas intensivas en conocimiento. En una aplicación institucional, el principio permite vincular respuestas con un corpus seleccionado. Sin embargo, recuperar información no garantiza que sea correcta, vigente o suficiente. La calidad de la solución depende tanto de la búsqueda y selección documental como de la manera en que el modelo utiliza los contenidos recuperados.

La preparación del corpus requiere decisiones sobre estructura y significado. Dividir documentos en fragmentos puede facilitar la búsqueda, aunque también separar una condición de su excepción o una cifra de su explicación. Los metadatos ayudan a identificar procedencia, fecha y ámbito de aplicación. La recuperación puede combinar coincidencias léxicas con similitud entre

representaciones vectoriales, según las necesidades. Después, una etapa de selección puede ordenar los resultados más pertinentes. Cada decisión influye en la evidencia disponible para responder. Por ello, una aplicación documental debe evaluar si encuentra la información necesaria antes de atribuir cualquier error exclusivamente al componente generativo.

La Figura 2.1 muestra cómo la generación aumentada por recuperación integra documentos relevantes en el contexto del modelo para elaborar respuestas que requieren una comprobación posterior.

Figura 2.1

Funcionamiento de la generación aumentada por recuperación



La recuperación aporta información contextual, pero no garantiza respuestas correctas. La comprobación debe contrastar las afirmaciones con las fuentes y determinar si existe evidencia suficiente.

Las referencias producidas también necesitan comprobación. Un sistema puede mencionar un documento existente y formular una conclusión que ese documento no respalda. Mostrar enlaces constituye una ayuda para la revisión, pero no demuestra correspondencia entre fuente y afirmación. Es necesario examinar fidelidad, integridad y tratamiento de contradicciones. Además, el acceso a los documentos debe respetar permisos: una búsqueda no debería revelar información restringida a usuarios sin autorización. La personalización de respuestas exige controlar qué contenidos puede recuperar cada persona. Esta condición debe establecerse en la aplicación y en sus servicios de información, evitando confiar exclusivamente en instrucciones dirigidas al modelo.

La conexión con herramientas permite que un modelo solicite operaciones externas, como consultar una base autorizada o preparar un registro. El modelo puede proponer una llamada estructurada, mientras que la aplicación decide si cumple condiciones y permisos para ejecutarla. Esta separación resulta esencial cuando existen efectos sobre sistemas institucionales. Deben validarse argumentos, límites y resultados, especialmente si una instrucción ambigua puede provocar acciones indebidas. La capacidad de utilizar herramientas amplía la utilidad del sistema, pero también exige controles adicionales. Su integración debe distinguir entre producir una recomendación, consultar información y modificar efectivamente el estado de un proceso organizacional.

2.3.3. Limitaciones, seguridad y evaluación de sistemas generativos

Una limitación relevante es la producción de contenidos plausibles sin respaldo suficiente, fenómeno habitualmente denominado alucinación o confabulación. Puede manifestarse mediante datos inventados, relaciones inexistentes o interpretaciones incorrectas de documentos reales. La fluidez dificulta reconocer estos errores cuando el usuario desconoce el tema. Por ello, el sistema

debe evaluarse con criterios de exactitud y fundamentación, además de calidad expresiva. Solicitar al modelo que declare seguridad tampoco ofrece una garantía confiable. La incertidumbre debe examinarse mediante pruebas y mecanismos de verificación adecuados a la tarea, especialmente cuando los resultados se incorporan a comunicaciones oficiales o decisiones relevantes.

La evaluación debe considerar conjuntos de solicitudes representativas y criterios explícitos de aceptación. Resumir un documento requiere conservar ideas centrales y restricciones; extraer datos exige correspondencia con la fuente; generar código demanda comprobar su comportamiento. Estas tareas no pueden juzgarse mediante una única impresión general de utilidad. También conviene evaluar casos adversos, instrucciones contradictorias y preguntas para las cuales no existe información suficiente. Las comparaciones deben utilizar condiciones equivalentes y considerar variabilidad entre respuestas. Un resultado favorable aislado no acredita funcionamiento estable, y una valoración automática puede necesitar revisión humana cuando comparte limitaciones con el modelo evaluado.

La seguridad incluye amenazas derivadas de instrucciones maliciosas incorporadas en entradas o documentos. En una inyección de instrucciones, un contenido puede intentar alterar el comportamiento previsto y provocar divulgación de información o uso indebido de herramientas. El problema resulta especialmente importante cuando se mezclan instrucciones autorizadas con materiales externos. Las defensas necesitan controles de permisos, validación y separación de funciones, además de orientaciones al modelo. También deben contemplarse datos sensibles incluidos accidentalmente por usuarios y condiciones contractuales del servicio utilizado. Una interfaz sencilla no reduce por sí misma la complejidad de proteger información y acciones dentro de un sistema generativo.

La selección entre servicios externos y modelos ejecutados en infraestructura propia depende de requisitos concretos. Deben compararse desempeño, recursos, condiciones de licencia, disponibilidad y capacidad de control. Que los parámetros puedan descargarse no significa que todos los componentes del desarrollo sean abiertos ni que cualquier uso esté permitido. Del mismo modo, un servicio administrado puede simplificar operación sin resolver automáticamente las obligaciones institucionales. La decisión exige revisar condiciones vigentes y realizar pruebas contextualizadas. Para una organización inteligente, la opción adecuada será aquella que permita cumplir la finalidad con calidad verificable y responsabilidades sostenibles, manteniendo posibilidades de revisión y sustitución cuando resulte necesario.

2.4. Computación en la nube, IoT y computación en el borde

2.4.1. Computación en la nube y provisión de capacidades de inteligencia artificial

La computación en la nube ofrece acceso mediante redes a recursos configurables que pueden aprovisionarse según necesidades. Mell y Grance (2011) identifican características como autoservicio, acceso amplio por red, recursos compartidos, elasticidad y medición del servicio. Este modelo permite utilizar almacenamiento, procesamiento y aplicaciones sin administrar necesariamente toda la infraestructura física. Para la inteligencia artificial, puede facilitar experimentación y acceso a recursos especializados. Sin embargo, la nube constituye una modalidad de provisión tecnológica, no una garantía de calidad analítica. Su contribución debe evaluarse según los requisitos de la aplicación, las condiciones de conectividad y la capacidad institucional para administrar el servicio.

Los modelos de servicio distribuyen responsabilidades de manera diferente. En infraestructura como servicio, la organización dispone de recursos básicos y conserva mayor responsabilidad sobre sistemas y aplicaciones. En plataforma como servicio, utiliza entornos administrados que simplifican parte del desarrollo y la operación. En software como servicio, accede a funcionalidades completas mediante una aplicación. Las ofertas de inteligencia artificial pueden combinar estas modalidades, incluyendo entrenamiento administrado o acceso a modelos mediante interfaces de programación. Comprender esa distribución ayuda a identificar qué controla el proveedor y qué debe resolver la organización, evitando asumir que contratar un servicio transfiere todas las responsabilidades operativas.

El entrenamiento y la inferencia presentan necesidades distintas. El primero ajusta parámetros y puede exigir grandes recursos durante periodos determinados; la segunda utiliza el modelo para producir resultados y debe responder a las condiciones del servicio. Algunas aplicaciones admiten procesamiento por lotes, mientras que otras requieren tiempos de respuesta reducidos. La elección de infraestructura debe considerar memoria, capacidad de cómputo y circulación de datos, además del tamaño del modelo. Un acelerador especializado puede resultar útil para ciertas cargas, pero innecesario para otras. La configuración adecuada depende de mediciones representativas y de la relación entre desempeño requerido y recursos disponibles.

La elasticidad permite aumentar o reducir capacidad, aunque no elimina restricciones de costo, disponibilidad o coordinación. Transferir grandes volúmenes de información puede introducir demoras y cargos que deben contemplarse. También importan las condiciones de exportación, recuperación y cambio de proveedor. Para evaluar una solución conviene estimar el recorrido completo de datos y operaciones, incluyendo periodos de mayor demanda. La continuidad requiere conocer qué ocurre ante interrupciones y qué funciones pueden mantenerse temporalmente. Estas decisiones forman parte del diseño organizacional del servicio, aunque sus mecanismos detallados de infraestructura y escalabilidad se examinarán con mayor profundidad en el capítulo siguiente.

2.4.2. Internet de las cosas y conexión con entornos físicos

El Internet de las cosas, conocido como IoT, conecta dispositivos físicos capaces de captar información, comunicarse y, en determinados casos, actuar sobre su entorno. Sensores de temperatura, medidores y equipos industriales pueden producir datos sobre condiciones que los registros administrativos no describen directamente. Los actuadores permiten ejecutar acciones, como ajustar una válvula o modificar una configuración. No todos los dispositivos conectados incorporan inteligencia artificial, ni toda aplicación de IA requiere IoT. Su convergencia aparece cuando las observaciones del entorno alimentan modelos y sus resultados apoyan decisiones o acciones dentro de un proceso definido y sujeto a controles.

Las mediciones necesitan interpretarse considerando sus condiciones de producción. Un sensor puede presentar descalibración, interrupciones o cambios de ubicación que alteren el significado de sus registros. La frecuencia de captura debe corresponder al fenómeno observado: medir con excesiva separación puede ocultar variaciones relevantes, mientras que aumentar frecuencia indiscriminadamente genera costos sin beneficio claro. También es necesario registrar unidades, marcas temporales e identidad del dispositivo. Sin esa información, combinar señales puede conducir a conclusiones erróneas. La calidad del dato comienza en la observación física y depende del mantenimiento y de la documentación, además de los procedimientos posteriores de procesamiento.

La conectividad organiza el intercambio entre dispositivos, pasarelas y plataformas de

procesamiento. Las opciones disponibles presentan diferencias de alcance, consumo energético, capacidad y continuidad. Una aplicación distribuida en zonas con conectividad variable requiere estrategias distintas de una instalada en un recinto con redes estables. El diseño puede incorporar almacenamiento temporal y transmisión posterior, siempre que la tarea admita esa demora. Asimismo, deben coordinarse formatos y significados para interpretar observaciones producidas por equipos diferentes. La interoperabilidad no se resuelve únicamente mediante conexión física: también requiere acuerdos sobre qué representa cada dato y cómo debe utilizarse dentro del proceso institucional.

La seguridad debe considerarse durante todo el periodo de uso. Fagan et al. (2020), en la línea base NISTIR 8259A, describen capacidades como identificación del dispositivo, configuración, protección de datos, control de acceso a interfaces, actualización de software y conocimiento de su estado de ciberseguridad. Estas capacidades ofrecen una referencia para examinar equipos conectados, aunque necesitan adaptarse al contexto. La organización debe conocer qué dispositivos mantiene, qué soporte reciben y cuándo corresponde retirarlos. Un sensor aparentemente simple puede convertirse en un punto de exposición si permanece conectado sin mantenimiento o con permisos incompatibles con su función real.

2.4.3. Computación en el borde e integración de entornos distribuidos

La computación en el borde sitúa procesamiento cerca del lugar donde se generan o utilizan los datos. Puede ejecutarse en dispositivos, pasarelas o servidores locales, según la arquitectura. Esta proximidad busca atender necesidades de respuesta, continuidad o reducción de transferencias. No constituye una categoría completamente uniforme: sus límites dependen del sistema considerado. La computación en la niebla describe arreglos distribuidos intermedios entre dispositivos y servicios centralizados. Iorga et al. (2018) desarrollan un modelo conceptual para relacionar estas formas de procesamiento con entornos IoT. En la práctica, resulta más útil precisar dónde ocurre cada función que depender exclusivamente de etiquetas arquitectónicas.

Ejecutar inferencia local puede reducir la dependencia de comunicaciones externas y evitar transmitir información que no necesita abandonar el entorno. Sin embargo, esas ventajas dependen de la implementación. Un dispositivo local también puede filtrar datos o resultar inaccesible durante una avería. Además, sus recursos de memoria, energía y refrigeración suelen limitar los modelos utilizables. Técnicas como cuantización, poda y destilación pueden reducir exigencias, aunque requieren comprobar posibles cambios de desempeño. La reducción del tamaño no debe evaluarse únicamente por ahorro de recursos: también debe examinarse si mantiene la calidad necesaria ante condiciones y casos relevantes para la aplicación.

Una arquitectura híbrida puede entrenar modelos en infraestructura centralizada y ejecutar inferencias en equipos cercanos a la operación. También puede filtrar señales localmente y enviar eventos seleccionados para análisis más amplio. Esta distribución requiere coordinar versiones, actualizaciones y comportamiento ante desconexiones. Si distintos dispositivos operan con modelos diferentes, los resultados pueden dejar de ser comparables. Asimismo, una actualización necesita comprobar compatibilidad y permitir recuperación cuando introduce dificultades. En procesos físicos, deben conservarse mecanismos de seguridad independientes cuando la consecuencia de una predicción incorrecta lo exija. La inteligencia artificial no sustituye por sí misma los controles necesarios para mantener una operación segura.

La Figura 2.2 muestra una arquitectura que integra dispositivos IoT, procesamiento en el borde y servicios en la nube mediante intercambios de datos, modelos e instrucciones.

Figura 2.2

Integración de dispositivos IoT, computación en el borde y nube



La distribución del procesamiento depende de la latencia, conectividad, privacidad y capacidad disponible. Su coordinación exige seguridad y gestión de dispositivos durante todo el ciclo operativo.

Las tecnologías examinadas conforman posibilidades complementarias: el aprendizaje automático obtiene modelos de datos; el lenguaje y la visión permiten procesar información diversa; los sistemas generativos producen contenidos; y la nube, IoT y el borde proporcionan medios de conexión y ejecución. Su combinación debe responder a una necesidad institucional, con límites de operación y criterios de evaluación explícitos. La organización inteligente no se define por utilizar todas estas tecnologías, sino por integrarlas con criterio y aprender de sus resultados. El capítulo siguiente estudiará los datos y las arquitecturas que permiten sostener esa integración de manera confiable, escalable y coherente con los objetivos organizacionales.

Datos, infraestructura y arquitectura tecnológica para la IA

La aplicación organizacional de la inteligencia artificial depende de condiciones que preceden al entrenamiento y continúan después del despliegue. Los modelos requieren datos pertinentes, mecanismos de integración y una infraestructura capaz de sostener su funcionamiento. Como se explicó en el capítulo anterior, un resultado técnicamente favorable no garantiza un servicio confiable cuando las entradas cambian, las dependencias fallan o las responsabilidades permanecen indefinidas.

Este capítulo examina esos fundamentos desde una perspectiva organizacional y tecnológica. Primero, analiza los datos como activo estratégico y presenta su ciclo de vida. Después, estudia la calidad, la integración y la interoperabilidad. A continuación, distingue arquitecturas de almacenamiento y plataformas analíticas. Finalmente, desarrolla los principios de MLOps, escalabilidad y gestión de infraestructura. El propósito es explicar cómo construir condiciones que permitan utilizar inteligencia artificial de manera reproducible, sostenible y coherente con las necesidades institucionales.



3.1. Datos como activo estratégico y ciclo de vida del dato

3.1.1. Valor organizacional y características del activo de datos

Los datos representan observaciones, atributos o acontecimientos registrados mediante procedimientos determinados. Su significado depende del contexto y de las convenciones utilizadas para producirlos. Una fecha puede indicar creación, aprobación o recepción, mientras que un importe puede representar una obligación, un pago o una estimación. Por ello, disponer de registros no equivale a comprenderlos. Para utilizarlos estratégicamente se necesita relacionar sus contenidos con procesos y decisiones concretas. Esta relación permite reconocer qué información resulta pertinente, cuáles son sus limitaciones y qué condiciones deben mantenerse para que pueda apoyar actividades organizacionales sin inducir interpretaciones incompatibles con su origen.

Considerar los datos como activo estratégico significa reconocer su capacidad potencial para contribuir a objetivos institucionales y la necesidad de administrarlos deliberadamente. Esta denominación no implica que cualquier conjunto tenga valor inmediato ni que deba reconocerse contablemente de una forma específica. Su utilidad depende de calidad, accesibilidad, derechos de uso y posibilidades de aplicación. Un archivo extenso puede aportar poco si nadie conoce su procedencia o si sus campos no pueden interpretarse. En cambio, un conjunto reducido y bien documentado puede sostener una decisión importante. El valor se construye mediante condiciones de uso y resultados verificables, además de la disponibilidad material.

DAMA International (2017) presenta la gestión de datos como un conjunto articulado de funciones que abarca dimensiones como arquitectura, calidad, integración, metadatos y seguridad. Esta amplitud ayuda a comprender que los datos no corresponden exclusivamente al área informática. Las unidades operativas conocen sus significados y condiciones de producción, mientras que los equipos técnicos proporcionan mecanismos para conservarlos y procesarlos. La coordinación entre estas responsabilidades resulta indispensable. Una modificación aparentemente técnica puede alterar una interpretación administrativa, y una decisión operativa puede cambiar las entradas de un modelo. La gestión necesita, por tanto, acuerdos compartidos y canales explícitos para comunicar modificaciones relevantes.

El valor también depende de reconocer límites legítimos de utilización. Que una organización pueda acceder técnicamente a un dato no significa que deba incorporarlo a cualquier análisis. Deben examinarse finalidad, autorizaciones y proporcionalidad respecto del problema. Asimismo, acumular información sin una necesidad definida aumenta costos y exposición, mientras dificulta distinguir registros útiles de materiales obsoletos. Una estrategia responsable establece prioridades de conservación y mejora. Para ello, conviene identificar conjuntos críticos según su influencia sobre servicios y decisiones. Esta clasificación permite asignar recursos de manera diferenciada, concentrando esfuerzos donde una pérdida, alteración o interpretación equivocada tendría consecuencias organizacionales más relevantes.

3.1.2. Etapas del ciclo de vida y decisiones de conservación

El ciclo de vida del dato comprende las actividades mediante las cuales se planifica, obtiene, transforma, utiliza, conserva y finalmente elimina o archiva información. Estas actividades no siempre ocurren de manera lineal: un conjunto puede reutilizarse, corregirse o integrarse con nuevas fuentes. Sin embargo, reconocer sus etapas permite asignar controles y responsabilidades. La planificación debe comenzar por la finalidad de uso, las variables necesarias y las condiciones de obtención. Esta anticipación reduce la recolección innecesaria y ayuda a evitar problemas

posteriores. También permite establecer desde el inicio criterios de calidad, actualización y conservación compatibles con las necesidades institucionales.

La obtención puede realizarse mediante registros transaccionales, formularios, sensores, documentos o fuentes externas. Cada mecanismo introduce condiciones particulares que deben documentarse. Un formulario representa aquello que sus preguntas permiten declarar; un sistema transaccional conserva acontecimientos según sus reglas; un sensor mide dentro de límites físicos determinados. Después de la captura, la ingestión incorpora información a los entornos de almacenamiento y procesamiento. En esta etapa conviene verificar integridad, identificación de la fuente y correspondencia con el formato esperado. También deben diferenciarse el momento del acontecimiento y el de su registro, pues esa distinción puede resultar decisiva para análisis históricos y predicciones.

La Figura 3.1 representa el ciclo de vida del dato en aplicaciones de inteligencia artificial, con gobernanza, calidad y seguridad como responsabilidades transversales durante su gestión.

Figura 3.1

Ciclo de vida del dato en aplicaciones de inteligencia artificial



Las etapas pueden solaparse y requerir revisiones. La conservación y eliminación responden a finalidades y plazos definidos; nuevas necesidades deben justificar la obtención de datos adicionales.

La preparación transforma los datos para hacerlos utilizables, mediante operaciones como estandarización, vinculación, agregación y construcción de variables. Estas intervenciones requieren trazabilidad porque modifican la representación disponible. Eliminar registros incompletos puede simplificar un análisis, pero también excluir sistemáticamente situaciones relevantes. Asimismo, una agregación puede ocultar diferencias necesarias para evaluar resultados. Durante el uso deben conservarse las condiciones que permiten interpretar cada transformación. Para aplicaciones de aprendizaje automático, también importa distinguir qué información estaba disponible en el momento de decisión. Esta separación evita reconstrucciones históricas que parecen precisas porque incorporan datos conocidos únicamente después del acontecimiento que se pretendía anticipar.

La conservación debe responder a necesidades justificadas y condiciones aplicables, evitando asumir que todo material debe mantenerse indefinidamente. Archivar implica preservar información para usos posteriores bajo mecanismos de recuperación y comprensión; realizar una copia de seguridad

busca principalmente permitir recuperación ante fallos. Estas funciones se relacionan, pero no son equivalentes. La eliminación también necesita planificación, especialmente cuando existen réplicas, exportaciones y conjuntos derivados. En aplicaciones de IA, deben identificarse relaciones entre datos y artefactos producidos, sin asumir que borrar un archivo elimina automáticamente toda influencia sobre un modelo. Las decisiones requieren evaluar dependencias y posibilidades técnicas dentro del contexto correspondiente.

3.1.3. Metadatos, procedencia y reutilización controlada

Los metadatos describen propiedades que permiten localizar, interpretar y administrar conjuntos de datos. Pueden incluir nombres de campos, unidades, fechas de actualización, responsables y restricciones de uso. Un diccionario de datos explica estructuras y significados; un catálogo facilita descubrir conjuntos y conocer sus condiciones. Estas funciones resultan complementarias. Sin metadatos, una organización puede disponer de información y desconocer que existe o cómo utilizarla. La documentación debe actualizarse junto con los sistemas, pues una descripción desfasada puede resultar tan problemática como su ausencia. Además, debe ser suficientemente comprensible para usuarios con responsabilidades diferentes, sin depender exclusivamente de conocimientos técnicos especializados.

La procedencia identifica el origen y las circunstancias de producción de los datos. El linaje registra relaciones entre fuentes, transformaciones y productos derivados, permitiendo reconstruir recorridos relevantes. Si cambia una variable utilizada por varios modelos, el linaje ayuda a identificar componentes afectados. También facilita investigar errores y explicar por qué dos informes presentan resultados distintos. Su utilidad depende del nivel de detalle conservado: una descripción general puede ser suficiente para ciertos análisis, mientras que decisiones sensibles requieren evidencia más precisa. La trazabilidad debe diseñarse según necesidades reales de interpretación y recuperación, evitando registros abundantes que nadie pueda consultar o mantener adecuadamente.

Wilkinson et al. (2016) formularon los principios FAIR para favorecer que los datos sean localizables, accesibles, interoperables y reutilizables. Aunque surgieron en el ámbito de la gestión científica, proporcionan criterios útiles para reflexionar sobre activos organizacionales. Su aplicación requiere comprender que accesibilidad no equivale necesariamente a apertura irrestricta. Un conjunto puede estar descrito y disponible mediante procedimientos de autorización. Asimismo, reutilizar exige conocer condiciones y contexto. En una organización, estos principios pueden orientar documentación e intercambio, siempre que se adapten a las características del servicio y a las responsabilidades asociadas con la información que se administra.

La reutilización controlada demanda examinar si una nueva finalidad resulta compatible con las condiciones del conjunto original. Datos recogidos para administrar una prestación pueden ser insuficientes para evaluar necesidades de toda una población. Quienes no accedieron al servicio quizá no aparecen en los registros. Por tanto, el análisis necesita considerar cobertura, selección y cambios de contexto. Esta evaluación conecta gestión de datos y metodología de investigación: las posibilidades de inferencia dependen de cómo se observaron los acontecimientos. La organización inteligente conserva esas condiciones de interpretación y evita presentar la disponibilidad administrativa como garantía de representatividad o de validez para cualquier pregunta.

3.2. Calidad de datos, integración e interoperabilidad

3.2.1. Calidad como adecuación al uso y medición contextual

La calidad de datos debe evaluarse en relación con una finalidad. Wang y Strong (1996) mostraron que la perspectiva de los usuarios incluye aspectos que exceden la exactitud, como pertinencia contextual, representación y accesibilidad. Un registro puede reflejar correctamente un acontecimiento y resultar inadecuado si llega demasiado tarde para decidir. Asimismo, una tabla completa puede ser poco útil cuando sus categorías no corresponden al problema. Esta comprensión evita tratar la calidad como una propiedad absoluta. Cada aplicación necesita identificar qué características son relevantes y qué deficiencias podrían afectar sus resultados, considerando tanto el procesamiento técnico como la interpretación organizacional.

Entre las dimensiones habituales se encuentran exactitud, completitud, consistencia, validez, unicidad y oportunidad. La exactitud examina correspondencia con aquello que se pretende representar; la completitud considera presencia de información necesaria; la consistencia atiende a compatibilidad entre registros relacionados. La validez verifica reglas de formato y dominio, mientras que la unicidad examina duplicaciones respecto de entidades o acontecimientos definidos. La oportunidad considera disponibilidad temporal para el uso previsto. Estas dimensiones pueden presentar tensiones. Esperar verificaciones adicionales puede mejorar exactitud y reducir oportunidad. Por ello, los criterios de aceptación deben formularse mediante decisiones explícitas y no mediante una exigencia abstracta de perfección.

La Tabla 3.1 presenta dimensiones de calidad de datos y criterios para examinarlas, considerando que su relevancia y los niveles aceptables dependen de la finalidad organizacional.

Tabla 3.1

Dimensiones de calidad de datos y criterios de evaluación

Dimensión	Descripción	Criterios de evaluación	Ejemplo ilustrativo
Exactitud	Grado de correspondencia entre los datos y los hechos o atributos que pretenden representar.	Contrastar registros con fuentes de referencia pertinentes. Examinar discrepancias y documentar la confiabilidad de la verificación.	Comprobar que el importe registrado de una operación corresponde al documento que la respalda.
Completitud	Presencia de la información necesaria para una finalidad determinada.	Medir campos o registros requeridos disponibles. Distinguir ausencias por desconocimiento, falta de captura o inaplicabilidad.	Verificar que las solicitudes incluyan los datos indispensables para su evaluación.
Consistencia	Compatibilidad lógica entre datos relacionados, dentro de una fuente o entre varias.	Comprobar reglas entre campos, correspondencia entre sistemas y coherencia de definiciones, periodos y unidades.	Confirmar que el saldo pendiente concuerda con el valor total y los pagos registrados.
Validez	Cumplimiento de reglas de formato, dominio y estructura establecidas para los datos.	Revisar tipos, rangos, códigos admitidos y restricciones definidas. Diferenciar cumplimiento formal y exactitud.	Verificar que una fecha tenga formato permitido y represente un día existente en el calendario.

Dimensión	Descripción	Criterios de evaluación	Ejemplo ilustrativo
Unicidad	Ausencia de representaciones duplicadas no justificadas de una misma entidad o acontecimiento.	Definir la unidad de registro y examinar duplicados mediante identificadores y atributos pertinentes. Revisar coincidencias ambiguas antes de fusionar registros.	Detectar una factura incorporada dos veces al sistema, sin confundirla con operaciones legítimas de igual importe.
Oportunidad	Disponibilidad y actualización de los datos en el momento necesario para utilizarlos.	Medir retrasos entre acontecimiento, registro y acceso. Compararlos con los plazos requeridos por la decisión.	Comprobar que la información de existencias esté actualizada antes de generar una orden de reposición.

Nota. Las dimensiones son complementarias y pueden presentar tensiones. Los criterios y umbrales deben definirse según el uso previsto.

La evaluación requiere combinar dimensiones y analizar causas de las deficiencias. Un indicador global puede ocultar problemas concentrados en determinados grupos, periodos o procesos relevantes para decisiones organizacionales.

El perfilado de datos permite describir distribuciones, ausencias, valores frecuentes y relaciones básicas antes de establecer controles. Sus resultados ayudan a identificar irregularidades, aunque no determinan automáticamente si existe un error. Un valor extremo puede representar una equivocación o un acontecimiento legítimo. Del mismo modo, un campo vacío puede significar desconocimiento, inaplicabilidad o falta de captura. Distinguir estas situaciones requiere conocimiento del dominio. Las reglas de calidad deben incorporar esas interpretaciones y documentar qué ocurre cuando se incumplen. Algunas anomalías justifican bloquear procesamiento; otras requieren advertencias o revisión posterior, según su relevancia para la actividad y las alternativas disponibles.

Medir calidad exige definir denominadores, periodos y ámbitos de evaluación. Una proporción global de completitud puede ocultar que las ausencias se concentran en una unidad o grupo específico. Para IA, además, debe examinarse cobertura de situaciones, calidad de etiquetas y correspondencia con el entorno de aplicación. El desacuerdo entre anotadores puede revelar ambigüedad conceptual, no simplemente descuido. La mejora requiere investigar causas y ajustar procedimientos de captura o definición. Corregir continuamente archivos sin intervenir sobre su origen mantiene el problema. Una gestión efectiva combina controles técnicos con acciones organizacionales que reduzcan la producción recurrente de información incompleta o inconsistente.

3.2.2. Integración de fuentes y conciliación de identidades

La integración reúne información procedente de sistemas diferentes para permitir usos coordinados. Puede involucrar extracción, transformación y carga, conocidas como ETL, o cargar primero y transformar dentro del entorno de destino, modalidad denominada ELT. Estas alternativas describen la ubicación y secuencia de operaciones, sin establecer por sí mismas una jerarquía de calidad. La selección depende de seguridad, recursos y necesidades de procesamiento. También importa decidir si las actualizaciones se realizarán por lotes, mediante eventos o combinando mecanismos. Una organización debe evitar que cada aplicación construya integraciones independientes sin documentación, pues esa fragmentación incrementa duplicidades y dificulta explicar discrepancias entre resultados.

Relacionar registros exige identificar qué entidades y acontecimientos representan. Dos sistemas pueden describir al mismo proveedor mediante códigos diferentes, mientras que nombres similares pueden corresponder a personas distintas. La resolución de entidades utiliza identificadores y atributos para establecer correspondencias. Cuando no existe una clave confiable, pueden emplearse criterios probabilísticos, aunque sus errores deben evaluarse cuidadosamente. Fusionar indebidamente dos entidades y mantener separada una misma entidad producen consecuencias distintas. La integración necesita definir qué evidencia resulta suficiente, cómo se revisan casos ambiguos y qué mecanismos permiten corregir asociaciones, conservando información sobre las decisiones realizadas y sus efectos posteriores.

Los datos maestros proporcionan referencias compartidas para entidades relevantes, como productos, unidades organizacionales o clientes. Su gestión requiere acordar identificadores, atributos y procedimientos de actualización. No implica necesariamente concentrar toda la información en una única aplicación, sino establecer criterios para mantener coherencia. También conviene distinguir datos maestros de datos de referencia, como catálogos de monedas o estados de un trámite. Si cada sistema utiliza categorías incompatibles, la agregación produce interpretaciones difíciles de sostener. El trabajo de armonización debe involucrar a las áreas responsables de los significados, pues una solución técnica no puede resolver por sí sola diferencias institucionales de definición.

La integración temporal introduce dificultades adicionales. Una dirección puede cambiar, una unidad puede reorganizarse y una clasificación puede modificarse. Si se sobrescriben valores sin conservar historia, los análisis anteriores pueden resultar irreproducibles. Por ello, algunas aplicaciones necesitan registrar periodos de vigencia y distinguir la fecha efectiva del cambio de la fecha en que fue incorporado. También deben contemplarse eventos tardíos y correcciones retroactivas. Esta disciplina resulta especialmente relevante para modelos predictivos, que requieren reconstruir información disponible en momentos determinados. Una integración adecuada conserva relaciones y contexto temporal, en lugar de limitarse a reunir los valores más recientes de cada fuente.

3.2.3. Interoperabilidad y acuerdos para el intercambio

La interoperabilidad es la capacidad de sistemas y organizaciones para intercambiar información y utilizarla de manera coherente. Su dimensión técnica permite comunicación; la sintáctica establece estructuras; la semántica busca conservar significados; y la organizacional coordina responsabilidades y procedimientos. Estas dimensiones se complementan. Dos aplicaciones pueden intercambiar archivos correctamente y entender de manera distinta un campo denominado ingreso. Una puede registrar facturación y otra pagos efectivamente recibidos. Sin un acuerdo conceptual, la conexión produce datos accesibles pero resultados incompatibles. Por ello, interoperar exige hacer explícitas las definiciones y condiciones de uso, además de resolver formatos y protocolos de transmisión.

Los contratos de datos formalizan expectativas entre productores y consumidores. Pueden especificar estructura, significados, frecuencia, criterios de calidad y procedimientos para comunicar cambios. Su valor consiste en reducir dependencias implícitas: un equipo sabe qué puede esperar y el otro conoce qué efectos puede producir una modificación. Estos acuerdos necesitan mecanismos de cumplimiento y revisión. Un documento desactualizado no protege una integración activa. Asimismo, deben contemplar excepciones y responsabilidades ante interrupciones. Para organizaciones pequeñas, el contrato puede ser sencillo; lo esencial es que exista claridad sobre compromisos verificables y sobre la forma de gestionar cambios que afecten servicios y modelos

dependientes.

El W3C (2017) recomienda prácticas relacionadas con metadatos, procedencia, calidad, versiones, identificadores y condiciones de uso para datos publicados en la web. Estos elementos también aportan criterios para intercambios institucionales. Un formato documentado facilita procesamiento, pero necesita acompañarse de definiciones y estabilidad de acceso. El versionado permite distinguir modificaciones y anticipar incompatibilidades. Cuando cambia un servicio de intercambio, conviene comunicar plazos y ofrecer procedimientos de transición. La interoperabilidad sostenible depende de esta continuidad y de mecanismos para resolver incidencias. La publicación de una interfaz constituye el inicio de una relación operativa, no la conclusión del trabajo de integración.

El intercambio debe aplicar permisos acordes con la finalidad y conservar evidencia suficiente sobre accesos relevantes. Compartir todo un conjunto puede ser innecesario cuando basta consultar atributos específicos o resultados agregados. Asimismo, las extracciones locales pueden generar copias que pierden actualización y controles. La arquitectura debe considerar esos recorridos y ofrecer alternativas utilizables para evitar prácticas informales. La protección y la disponibilidad necesitan diseñarse conjuntamente: controles imposibles de aplicar durante el trabajo cotidiano suelen favorecer soluciones paralelas. Una interoperabilidad efectiva proporciona acceso pertinente, comprensible y administrable, conservando responsabilidades sobre los significados y las condiciones de utilización de la información intercambiada.

3.3. Arquitecturas de datos: data lakes, data warehouses y plataformas analíticas

3.3.1. Almacenes de datos y estructuración del análisis

La arquitectura de datos define cómo se organizan fuentes, flujos, almacenamiento y servicios para satisfacer necesidades institucionales. Incluye relaciones lógicas y decisiones físicas, sin reducirse a un diagrama de productos. Su diseño debe partir de usos previstos, exigencias de actualización y condiciones de control. También conviene distinguir sistemas transaccionales, orientados a registrar operaciones, de entornos analíticos, destinados a examinar información y construir interpretaciones. Esta separación permite adaptar estructuras y cargas de trabajo. Sin embargo, no exige necesariamente infraestructuras independientes para toda organización: el grado de separación debe responder a volumen, criticidad y capacidades disponibles para administrar los componentes.

Un *data warehouse*, o almacén de datos, integra información preparada para consultas y análisis consistentes. Suele organizar datos históricos con definiciones compartidas y estructuras que facilitan combinar medidas y dimensiones. Las medidas expresan cantidades de interés; las dimensiones ofrecen perspectivas como tiempo, producto o unidad. Su diseño permite responder preguntas recurrentes con criterios estables. La utilidad depende de que esas definiciones representen adecuadamente los procesos. Un almacén técnicamente eficiente puede producir indicadores engañosos si mezcla acontecimientos diferentes o utiliza agregaciones incompatibles. Por ello, modelar información analítica exige acordar qué se está contando y bajo qué condiciones se comparan los resultados.

La granularidad establece que representa cada registro y constituye una decisión fundamental. Una tabla puede conservar líneas de pedido, pedidos completos o totales diarios. Cada elección permite ciertos análisis y limita otros. Combinar tablas con granularidades diferentes sin controles puede multiplicar registros y sobreestimar cantidades. También es necesario definir cómo se administrarán cambios históricos en atributos relevantes. Si un producto cambia de categoría, el

análisis puede necesitar conservar su clasificación anterior o aplicar la actual, según la pregunta. La arquitectura debe sostener ambas interpretaciones cuando sean necesarias, evitando que una modificación administrativa altere silenciosamente la lectura de periodos ya evaluados.

Los repositorios departamentales, frecuentemente denominados *data marts*, pueden proporcionar información adaptada a funciones específicas. Su utilidad aumenta cuando comparten definiciones y procedencia, pues de lo contrario cada unidad puede construir versiones incompatibles de un mismo indicador. Una capa semántica ayuda a formalizar medidas y relaciones utilizadas por herramientas de consulta. Sin embargo, centralizar definiciones no elimina necesidades locales legítimas. El diseño debe permitir especialización sin perder coherencia. Para aplicaciones de IA, el almacén puede aportar variables históricas confiables, siempre que se compruebe su disponibilidad temporal y que la preparación analítica no haya eliminado detalles necesarios para el aprendizaje o la evaluación.

3.3.2. Lagos de datos y arquitecturas lakehouse

Un *data lake*, o lago de datos, permite almacenar información heterogénea con distintos grados de preparación. Puede incluir tablas, documentos, imágenes y registros de eventos, conservando formatos cercanos a los originales. Esta flexibilidad resulta útil cuando existen múltiples usos y necesidades de exploración. Sin embargo, mantener información sin estructurar no equivale a prescindir de organización. Cada conjunto necesita identificación, procedencia y condiciones de acceso. La posibilidad de interpretar estructuras durante la lectura desplaza parte del trabajo de preparación, pero no lo elimina. Sin documentación y criterios de mantenimiento, la acumulación dificulta localizar conjuntos confiables y comprender sus diferencias.

Una práctica arquitectónica consiste en distinguir zonas según el estado de procesamiento. Puede mantenerse una zona de recepción, otra de información depurada y una tercera con productos preparados para consumo. Estas divisiones son convenciones de diseño, no requisitos universales. Su función es hacer visibles transformaciones y niveles de confianza. Conservar originales puede facilitar reconstrucción y auditoría, aunque debe responder a condiciones justificadas de retención y protección. Asimismo, una zona denominada depurada no garantiza calidad para cualquier uso. Los usuarios necesitan conocer qué verificaciones se realizaron y cuáles permanecen pendientes antes de incorporar los datos a análisis o modelos.

Armbrust et al. (2021) presentan el patrón *lakehouse* como una aproximación que busca combinar almacenamiento abierto y capacidades de administración y consulta asociadas con almacenes analíticos. Su propuesta articula necesidades de análisis tradicional y aprendizaje automático. Esta perspectiva resulta relevante porque examina dificultades de duplicación y coordinación entre plataformas. Sin embargo, debe interpretarse como una propuesta arquitectónica cuyos beneficios necesitan evaluación contextual. El nombre no garantiza por sí mismo consistencia, rendimiento o reducción de costos. La organización debe comprobar qué funciones están disponibles, cómo se implementan y si responden a sus cargas de trabajo y capacidades de operación.

La elección entre almacén, lago o combinación requiere analizar tipos de información y finalidades. Un entorno centrado en indicadores estables puede beneficiarse de estructuras muy controladas, mientras que investigación con imágenes y documentos demanda mayor flexibilidad. También importan frecuencia de consulta, recursos de administración y posibilidades de portabilidad. Debe evitarse trasladar toda información a una plataforma nueva únicamente por su denominación. La arquitectura puede evolucionar gradualmente y conservar componentes útiles. Lo relevante es reducir complejidad innecesaria, mantener definiciones interpretables y proporcionar servicios

confiables. Una solución adecuada debe demostrar ventajas operativas respecto de alternativas más sencillas y sostenibles para la institución.

3.3.3. Plataformas analíticas y servicios para aplicaciones de IA

Una plataforma analítica combina capacidades de ingestión, procesamiento, catálogo, acceso y explotación de información. Puede integrar herramientas de consulta, entornos de desarrollo y servicios de modelos. Su coherencia depende de que estos componentes compartan mecanismos de identificación y control. Adquirir múltiples aplicaciones no constituye automáticamente una plataforma: es necesario organizar sus relaciones y responsabilidades. También debe evitarse que los entornos de experimentación accedan indiscriminadamente a datos operativos. La separación entre desarrollo y producción ayuda a controlar cambios, aunque necesita procedimientos que permitan avanzar sin duplicar trabajo. La plataforma debe facilitar actividades autorizadas y conservar evidencia de las transformaciones realizadas.

Para aprendizaje automático, la construcción de variables requiere consistencia entre entrenamiento y uso. Si durante el desarrollo se calcula un promedio con una ventana temporal y en producción se aplica otra, el modelo recibe información diferente de la evaluada. Un repositorio de características, denominado *feature store*, puede ayudar a administrar definiciones y suministrar valores para distintos entornos. No es obligatorio para toda implementación ni resuelve automáticamente problemas de diseño. Su utilidad depende de reutilización y complejidad. Además, deben respetarse las condiciones temporales para evitar que valores posteriores entren en reconstrucciones históricas destinadas a entrenar o evaluar predicciones.

Las aplicaciones generativas introducen otros componentes, como repositorios documentales e índices para recuperación. Un índice vectorial conserva representaciones que permiten buscar elementos por similitud, pero no sustituye la documentación original ni demuestra veracidad. Debe poder relacionarse cada resultado con su fuente y con sus permisos. Cuando cambia un documento, puede ser necesario actualizar fragmentos y representaciones para evitar respuestas basadas en versiones anteriores. Asimismo, distintos modelos de representación pueden producir espacios incompatibles. La plataforma necesita identificar versiones y procedimientos de reconstrucción. Estos controles conectan la arquitectura documental con los mecanismos de recuperación descritos en el apartado 2.3.

La observabilidad permite comprender el funcionamiento mediante registros, métricas y relaciones entre acontecimientos. En una plataforma de datos, conviene conocer retrasos de actualización, fallos de procesamiento y conjuntos afectados. Para ello, los flujos necesitan responsables y expectativas de servicio. Un proceso puede ejecutarse sin errores técnicos y producir resultados desactualizados, por lo que el seguimiento debe incluir condiciones de contenido y oportunidad. La arquitectura también requiere pruebas de recuperación y procedimientos para comunicar incidentes. Su calidad se aprecia cuando puede explicar qué información está disponible, con qué limitaciones y qué servicios resultarían afectados por una interrupción o una modificación relevante.

3.4. MLOps, escalabilidad y gestión de la infraestructura de IA

3.4.1. MLOps y reproducibilidad del ciclo de desarrollo

MLOps designa un conjunto de prácticas para coordinar desarrollo, despliegue y operación de sistemas de aprendizaje automático. Kreuzberger et al. (2023) lo analizan mediante principios,

componentes, funciones y flujos de trabajo que articulan disciplinas técnicas. Su finalidad organizacional consiste en reducir la distancia entre un experimento y un servicio mantenible. El modelo representa una parte del sistema, junto con datos, código e infraestructura. Por ello, una implementación requiere coordinar equipos que poseen responsabilidades diferentes. MLOps no equivale a adquirir una herramienta ni a automatizar cada decisión: supone establecer procesos repetibles y controles proporcionados para administrar cambios durante todo el ciclo operativo.

La reproducibilidad requiere conservar elementos suficientes para reconstruir un resultado dentro de condiciones definidas. Deben identificarse versiones de datos, código, dependencias, configuraciones y parámetros de entrenamiento. También conviene registrar decisiones de preparación y criterios de selección. Un archivo con los parámetros finales resulta insuficiente cuando se desconoce qué transformaciones esperaba el modelo. En ciertos entornos, diferencias de hardware o procedimientos no deterministas impiden obtener valores idénticos. Esta limitación debe documentarse, estableciendo tolerancias pertinentes. El objetivo práctico consiste en que otra persona autorizada pueda comprender y repetir el proceso con suficiente fidelidad para evaluar sus resultados y mantener el servicio.

El seguimiento de experimentos permite comparar alternativas sin depender de recuerdos individuales o archivos dispersos. Un registro de modelos puede identificar versiones, evaluaciones y estados de aprobación. Estas funciones facilitan distinguir lo que está en exploración de aquello autorizado para operar. Los criterios de promoción deben incorporar desempeño y condiciones de uso, además de compatibilidad técnica. Una nueva versión puede mejorar una métrica general y empeorar casos relevantes. Por tanto, su aprobación requiere examinar resultados desagregados y consecuencias operativas. El registro debe conservar también responsables y límites conocidos, permitiendo interpretar por qué se seleccionó una versión y cuándo corresponde revisarla.

La automatización de flujos puede ejecutar pruebas, preparar artefactos y desplegar versiones mediante procedimientos consistentes. Sin embargo, automatizar reentrenamiento no implica aprobar automáticamente un modelo. Las pruebas deben controlar datos, código, integración y comportamiento esperado. Breck et al. (2017) proponen una rúbrica de preparación para producción que muestra la importancia de estas verificaciones más allá del desempeño experimental. Su aportación permite comprender que un sistema requiere evidencias operativas, no únicamente una comparación de precisión. La profundidad de los controles debe corresponder al impacto de la aplicación, manteniendo revisiones humanas donde sean necesarias y evitando trámites que no aporten información relevante.

La Figura 3.2 representa el ciclo de MLOps, articulando preparación de datos, entrenamiento, evaluación, registro, despliegue y seguimiento mediante prácticas de trazabilidad, automatización y supervisión responsable.

Figura 3.2

Ciclo de MLOps para el desarrollo y la operación de modelos



El seguimiento permite identificar cambios y orientar revisiones de datos, entrenamiento y evaluación. Cada actualización requiere controles proporcionales antes de introducir modificaciones en los modelos desplegados.

3.4.2. Despliegue, vigilancia y gestión de cambios

El despliegue incorpora un modelo a un entorno donde recibe entradas y produce resultados utilizables. Puede realizarse por lotes, mediante consultas interactivas o integrado en dispositivos. Cada modalidad presenta necesidades diferentes de disponibilidad y tiempo de respuesta. Antes de ampliar uso conviene comprobar compatibilidad con componentes dependientes y establecer una versión de referencia. Algunas estrategias permiten observar el comportamiento sin utilizar sus resultados para decidir, o introducir una versión en una parte controlada del servicio. Su pertinencia depende de riesgos y posibilidades de comparación. En todos los casos deben existir condiciones claras para detener el cambio o recuperar una versión anterior.

La vigilancia debe distinguir salud técnica, calidad de datos y desempeño del modelo. Un servicio puede responder rápidamente y producir resultados inadecuados si cambió la información de entrada. A su vez, una variación en la distribución de datos no demuestra necesariamente pérdida de calidad predictiva. Debe investigarse su significado. Cuando existen etiquetas tardías, el desempeño real puede conocerse después de la decisión, por lo que se requieren indicadores provisionales y revisión posterior. Las alertas deben vincularse con responsables y acciones posibles. Generar numerosas notificaciones sin criterios de intervención puede producir saturación y reducir atención sobre problemas que necesitan respuesta inmediata.

Los sistemas también modifican los procesos que generan sus datos. Una recomendación puede influir en decisiones posteriores y alterar lo que llegará a observarse. Si solo se verifican casos seleccionados por el modelo, las nuevas etiquetas reflejarán parcialmente su intervención. Sculley

et al. (2015) analizan dependencias y ciclos de retroalimentación como fuentes de deuda técnica en sistemas de aprendizaje automático. Esta perspectiva muestra que mantener un modelo exige comprender relaciones con su entorno. Las mejoras aparentes pueden depender de cambios de observación, y un componente aparentemente aislado puede afectar aplicaciones que consumen sus resultados sin que esa dependencia haya sido declarada.

La respuesta a incidentes necesita procedimientos para identificar alcance, contener efectos y recuperar funcionamiento. Según el problema, puede corresponder corregir datos, restaurar una versión, utilizar un procedimiento alternativo o suspender temporalmente automatización. Reentrenar no constituye una respuesta universal. También deben conservarse evidencias suficientes para comprender causas sin registrar información innecesaria. En sistemas generativos, los cambios pueden incluir instrucciones, corpus e índices, además del modelo. Todos estos elementos requieren evaluación coordinada. La retirada definitiva de una aplicación forma parte del ciclo operativo y debe contemplar consumidores dependientes, archivos y responsabilidades pendientes, evitando que servicios obsoletos permanezcan activos por falta de planificación.

3.4.3. Escalabilidad, continuidad y sostenibilidad de la infraestructura

La escalabilidad es la capacidad de atender incrementos de carga manteniendo condiciones de servicio definidas. Puede lograrse ampliando recursos de un equipo o distribuyendo trabajo entre varios, aunque ambas alternativas presentan límites. La planificación debe considerar concurrencia, memoria, transferencia y tiempos de procesamiento. Un modelo que funciona adecuadamente con solicitudes aisladas puede generar demoras bajo demanda simultánea. Por ello, las pruebas deben representar escenarios de carga plausibles. Técnicas como procesamiento por lotes, colas y almacenamiento temporal de resultados pueden mejorar utilización, siempre que sean compatibles con la tarea. Su selección exige medir efectos sobre oportunidad, consistencia y costos.

La continuidad requiere anticipar fallos y definir qué funciones deben preservarse. Las copias de seguridad necesitan pruebas de restauración, pues su existencia no demuestra recuperación efectiva. También deben identificarse dependencias, como servicios de identidad, redes y repositorios. Los objetivos de recuperación permiten acordar cuánto tiempo de interrupción y qué pérdida de información resultan tolerables. Estas decisiones corresponden al servicio completo, no únicamente al equipo técnico. En aplicaciones críticas, puede ser necesario mantener procedimientos alternativos que permitan operar con capacidades reducidas. La infraestructura debe apoyar esas decisiones y evitar puntos de fallo cuyo impacto no haya sido reconocido por la organización.

La gestión económica debe relacionar consumo con unidades de servicio pertinentes, como consultas, documentos procesados o ejecuciones de entrenamiento. El costo total incluye desarrollo, almacenamiento, transferencia, mantenimiento y trabajo especializado. Optimizar una partida puede aumentar otras, por lo que se necesita una visión integral. La sostenibilidad también exige examinar uso de recursos y vida útil de equipos, evitando comparaciones ambientales sin límites metodológicos claros. Un modelo menor, una frecuencia de actualización ajustada o la reutilización de resultados pueden reducir consumo cuando mantienen calidad suficiente. La infraestructura adecuada es aquella que satisface requisitos verificables con recursos proporcionados y posibilidades reales de mantenimiento.

Los fundamentos analizados muestran que la confiabilidad de la IA se construye mediante decisiones conectadas sobre datos, calidad, arquitectura y operación. Ningún componente compensa por sí solo la falta de claridad en los demás. Datos documentados requieren procesos de integración

coherentes; una plataforma necesita responsables; y un modelo desplegado exige vigilancia y capacidad de corrección. La organización inteligente articula estas condiciones para aprender sin perder control sobre sus servicios. Sobre esta base, el capítulo siguiente abordará la estrategia de transformación digital basada en IA, vinculando capacidades técnicas con diagnóstico, prioridades y decisiones de inversión orientadas a objetivos organizacionales explícitos y sostenibles.

Estrategia de transformación digital basada en inteligencia artificial

La estrategia de transformación digital basada en inteligencia artificial conecta el propósito organizacional con decisiones sobre capacidades, inversiones y formas de trabajo. Su formulación exige identificar qué problemas merecen atención, qué resultados se esperan y en qué condiciones una intervención tecnológica puede contribuir a alcanzarlos. Como se estableció en los capítulos anteriores, disponer de modelos, datos e infraestructura constituye una base necesaria para ciertas aplicaciones, pero no determina por sí mismo la orientación del cambio.

Este capítulo propone un marco de análisis para vincular visión, diagnóstico, priorización y creación de valor. Primero, examina la alineación estratégica y la definición de objetivos. Después, aborda la evaluación de madurez digital. A continuación, desarrolla criterios para construir una hoja de ruta y administrar un portafolio de iniciativas. Finalmente, estudia la relación entre modelos de negocio digitales y ventaja competitiva. El enfoque combina decisiones deliberadas con aprendizaje, manteniendo criterios de responsabilidad y viabilidad institucional.



4.1. Visión estratégica y alineación con los objetivos organizacionales

4.1.1. Propósito institucional y dirección de la transformación

Una visión estratégica expresa una situación futura deseada y proporciona orientación para coordinar decisiones presentes. En una transformación basada en IA, debe describir qué capacidades permitirán mejorar la actuación institucional y para quiénes se generará valor. Expresiones como incorporar inteligencia artificial o convertirse en una organización innovadora resultan insuficientes porque identifican medios o aspiraciones generales sin precisar cambios relevantes. Una visión útil puede referirse a servicios más accesibles, decisiones oportunas o procesos capaces de adaptarse a variaciones de demanda. Su formulación debe permitir reconocer diferencias observables respecto de la situación actual, evitando promesas que no pueden relacionarse con actuaciones concretas.

El punto de partida es el propósito institucional y su relación con necesidades del entorno. Una empresa debe examinar problemas de clientes y condiciones de competencia; una entidad pública necesita considerar mandato, derechos y calidad del servicio; una organización social debe atender a su misión y población destinataria. Estas orientaciones pueden compartir herramientas, pero utilizan criterios de valor diferentes. Por ello, la estrategia requiere especificar qué resultados son prioritarios y qué condiciones no deben deteriorarse durante su búsqueda. Mejorar rapidez, por ejemplo, puede ser deseable siempre que se mantengan garantías de calidad y accesibilidad pertinentes para el servicio que se transforma.

Kane et al. (2015) destacan la relevancia de la estrategia en los procesos de transformación digital. Esta perspectiva invita a interpretar la tecnología dentro de una orientación organizacional y permite examinar si las iniciativas responden a objetivos compartidos. En esta obra, su aplicación implica que la visión debe orientar decisiones sobre alcance, capacidades y secuencia de intervención. No basta con anunciar una prioridad y delegar toda su interpretación a equipos técnicos. La dirección necesita traducirla en criterios que permitan comparar propuestas y resolver desacuerdos, conservando participación de las unidades que conocen los procesos y de quienes experimentarán sus modificaciones.

La visión también necesita límites explícitos. Una organización puede decidir utilizar IA para apoyar análisis y mantener determinadas decisiones bajo responsabilidad profesional directa. Asimismo, puede excluir aplicaciones incompatibles con su propósito o con condiciones que considera esenciales. Estos límites ayudan a reducir ambigüedad y ofrecen estabilidad frente a propuestas atractivas pero poco pertinentes. Su formulación debe revisarse cuando cambian las capacidades o aparecen evidencias nuevas, sin convertir cada innovación en motivo para abandonar la orientación acordada. La consistencia estratégica consiste en mantener una relación justificable entre propósito, decisiones y resultados, admitiendo ajustes que puedan explicarse mediante razones institucionales.

4.1.2. Objetivos, hipótesis de valor y criterios de éxito

La alineación estratégica requiere traducir la visión en objetivos suficientemente precisos para orientar decisiones. Cada objetivo debe identificar un resultado, una población o proceso de referencia y un horizonte razonable de evaluación. También necesita una situación inicial que permita interpretar avances. Reducir demoras carece de significado operativo si se desconoce cómo se medirán, qué casos se incluirán y qué variaciones son habituales. La precisión no exige convertir toda finalidad en una cifra única. Algunos objetivos requieren combinar medidas y evidencia cualitativa, especialmente cuando se relacionan con confianza, comprensión o experiencia de uso.

Lo fundamental es establecer qué cambio se espera observar.

Una hipótesis de valor explica cómo una intervención podría contribuir al objetivo. Debe conectar capacidad tecnológica, modificación del proceso y resultado organizacional. Si se propone clasificar solicitudes mediante IA, la hipótesis podría sostener que una asignación inicial más pertinente reducirá transferencias y tiempos de resolución. Esta formulación permite identificar condiciones necesarias: categorías claras, responsables disponibles y procedimientos para corregir asignaciones. Si esas condiciones no existen, mejorar la clasificación puede no modificar el resultado final. Explicitar el mecanismo esperado ayuda a distinguir problemas técnicos de restricciones organizacionales y evita atribuir a la herramienta beneficios que dependen de decisiones todavía no adoptadas.

Los indicadores deben abarcar resultados y condiciones de funcionamiento. En el ejemplo anterior, la precisión de clasificación informa sobre una capacidad técnica; el número de transferencias describe un efecto operativo; y el tiempo de resolución permite examinar un resultado del servicio. También pueden requerirse medidas que detecten consecuencias adversas, como aumento de casos desatendidos o deterioro de atención a ciertos usuarios. Esta combinación evita optimizar un componente a costa del conjunto. Asimismo, deben establecerse responsables de interpretación y fuentes de información. Un indicador sin criterios de actuación puede convertirse en un dato adicional que no contribuye a corregir ni aprender.

La formulación estratégica necesita reconocer incertidumbre. Las estimaciones iniciales deben expresarse como supuestos revisables y, cuando corresponda, mediante rangos o escenarios. La



La alineación estratégica requiere evaluar resultados y revisar prioridades. Cada iniciativa debe justificar su pertinencia, contar con responsables y respetar criterios de viabilidad y gobernanza.

4.1.3. Responsabilidades y decisiones de alcance estratégico

Una estrategia necesita estructuras que permitan convertir orientación en decisiones. Debe existir patrocinio directivo con autoridad para resolver prioridades y asignar recursos, junto con responsables operativos capaces de incorporar cambios al trabajo cotidiano. El liderazgo técnico aporta evaluación de alternativas, mientras que las áreas usuarias contribuyen con conocimiento del proceso. Estas funciones no deben confundirse: desarrollar un modelo no implica asumir responsabilidad por todos sus efectos institucionales. La coordinación requiere identificar quién decide, quién ejecuta y quién verifica resultados. También debe establecerse cómo se resolverán

discrepancias cuando los criterios de calidad, oportunidad y recursos conduzcan a opciones diferentes.

Matt et al. (2015) analizan la estrategia de transformación digital mediante dimensiones relacionadas con tecnologías, creación de valor, cambios estructurales y aspectos financieros. Este planteamiento permite comprender que la orientación estratégica involucra decisiones interdependientes. En una iniciativa de IA, seleccionar un servicio externo puede modificar costos y necesidades de personal; ampliar automatización puede exigir nuevas responsabilidades; y cambiar la propuesta de valor puede requerir reorganizar procesos. Por tanto, estas decisiones deben examinarse conjuntamente. La coherencia surge cuando las elecciones tecnológicas encuentran respaldo en capacidades, estructuras y recursos compatibles con la transformación que se pretende desarrollar y sostener.

Las decisiones de desarrollar, adquirir o colaborar requieren comparar control, capacidades y velocidad de aprendizaje. Desarrollar internamente puede facilitar adaptación, pero demanda talento y mantenimiento. Contratar una solución puede acelerar disponibilidad, aunque introduce condiciones de dependencia y restricciones de personalización. Colaborar permite complementar capacidades, siempre que se definan responsabilidades y derechos sobre información y resultados. Ninguna alternativa es superior en términos absolutos. La organización debe identificar qué capacidades necesita conservar para comprender, evaluar y sustituir la solución cuando resulte necesario. Incluso al externalizar componentes, sigue siendo indispensable contar con conocimiento suficiente para formular necesidades y juzgar la calidad del servicio recibido.

La responsabilidad debe incorporarse desde la estrategia, sin esperar a que aparezcan incidentes. El NIST (2023) vincula gestión de riesgos con funciones de gobernar, contextualizar, medir y gestionar. Aplicado a este capítulo, ello implica considerar efectos previsibles al definir alcance y prioridades. Una iniciativa con beneficios potenciales puede requerir restricciones o evaluaciones adicionales según su impacto. Estos criterios deben influir en recursos y plazos. La gobernanza específica se desarrollará en el capítulo noveno; aquí interesa establecer que la aceptación de riesgos constituye una decisión institucional explícita y que las áreas técnicas necesitan criterios claros para identificar situaciones que requieren revisión directiva.

4.2. Modelos de madurez digital y diagnóstico organizacional

4.2.1. Alcance y selección de modelos de madurez

Como se definió en el apartado 1.4, la madurez digital expresa el desarrollo y articulación de capacidades para utilizar tecnologías y datos de manera coherente con objetivos organizacionales. Un modelo de madurez organiza dimensiones y criterios para describir esa situación. Su utilidad consiste en facilitar diagnóstico y conversación estratégica, no en certificar automáticamente éxito futuro. Las categorías propuestas representan simplificaciones de una realidad heterogénea. Una organización puede mostrar capacidades avanzadas en un servicio y limitaciones importantes en otro. Por ello, el diagnóstico debe conservar diferencias relevantes y evitar que una clasificación general sustituya el análisis de procesos concretos y necesidades particulares.

La selección del modelo exige examinar propósito, ámbito y evidencia de desarrollo. Un instrumento diseñado para manufactura puede incluir criterios poco pertinentes para una institución educativa o un servicio profesional. Schumacher et al. (2016), por ejemplo, proponen un modelo de preparación y madurez de industria 4.0 orientado a empresas manufactureras. Su aporte ilustra la posibilidad de estructurar evaluaciones, pero también la necesidad de considerar el contexto de aplicación. Transferir dimensiones entre sectores requiere justificar equivalencias y adaptar

definiciones. La existencia de un instrumento publicado no garantiza que sus preguntas permitan interpretar adecuadamente cualquier organización o iniciativa de inteligencia artificial.

Para el marco de esta obra, conviene examinar estrategia, procesos, datos, tecnología, talento y mecanismos de responsabilidad como dimensiones relacionadas. Esta organización constituye una propuesta analítica que debe adaptarse al contexto, no una escala universal validada. Cada dimensión necesita evidencias observables. En datos, pueden examinarse definiciones y trazabilidad; en talento, competencias demostradas y posibilidades de aprendizaje; en estrategia, claridad de objetivos y decisiones de prioridad. Lo importante es relacionar las capacidades con usos previstos. Una organización no necesita alcanzar el máximo nivel imaginable en todas las dimensiones, sino desarrollar condiciones suficientes para sus objetivos y gestionar limitaciones de forma consciente.

Los niveles de madurez pueden ayudar a describir transiciones desde prácticas informales hacia procesos coordinados y revisables. Sin embargo, deben definirse mediante comportamientos y evidencias, evitando adjetivos vagos como avanzado o excelente. También es necesario distinguir preparación para una iniciativa específica de madurez organizacional más amplia. Una institución puede estar preparada para una aplicación acotada sin poseer capacidades generalizadas de IA. Del mismo modo, una infraestructura desarrollada no asegura preparación para decisiones sensibles. Esta distinción permite evitar diagnósticos excesivamente optimistas y reconoce que la viabilidad depende de combinaciones concretas de capacidades, riesgos y condiciones del proceso que se pretende modificar.

4.2.2. Recopilación de evidencia y triangulación del diagnóstico

El diagnóstico debe comenzar por delimitar unidades, procesos y periodos de observación. Evaluar toda la organización mediante respuestas de un único departamento puede producir una imagen parcial. Es necesario identificar informantes y fuentes que permitan contrastar perspectivas. Entrevistas, revisión documental, observación y análisis de registros aportan evidencias diferentes. Las declaraciones muestran interpretaciones y experiencias; los documentos describen acuerdos formales; los registros permiten examinar funcionamiento observable. Ninguna fuente resulta suficiente en todos los casos. La triangulación ayuda a reconocer discrepancias y comprender si representan desactualización documental, prácticas locales o diferencias legítimas entre actividades que operan bajo condiciones distintas.

La valoración de competencias requiere distinguir formación recibida y capacidad efectiva de actuación. Haber participado en un curso no demuestra que una persona pueda interpretar resultados o identificar limitaciones en su trabajo. Conviene examinar tareas y decisiones relevantes mediante evidencias proporcionadas al propósito del diagnóstico. Asimismo, deben considerarse condiciones de tiempo y apoyo. Una competencia puede existir y permanecer inutilizada por ausencia de autoridad o recursos. El diagnóstico necesita identificar estas barreras para evitar atribuir toda dificultad al personal. También debe reconocer conocimientos informales que sostienen procesos y que podrían perderse si la transformación se diseña sin participación de sus portadores.

El análisis de datos e infraestructura debe apoyarse en evidencias operativas y remitir a los criterios desarrollados en el capítulo tercero. Interesa conocer disponibilidad, calidad y posibilidades de integración para los usos previstos. La presencia de una plataforma no acredita que contenga información pertinente o accesible. Del mismo modo, contar con manuales no demuestra cumplimiento cotidiano. Pueden revisarse ejemplos de trazabilidad, incidencias y recuperación para comprender capacidades reales. El nivel de profundidad debe ajustarse a la decisión estratégica.

Se necesita información suficiente para identificar restricciones y dependencias, evitando convertir el diagnóstico inicial en una auditoría exhaustiva sin relación con las prioridades institucionales.

Las autoevaluaciones pueden verse afectadas por incentivos para presentar buenos resultados o por interpretaciones desiguales de las preguntas. Para reducir estas dificultades se requieren definiciones claras, ejemplos y revisión de desacuerdos. Cuando varias personas califican una misma dimensión, conviene examinar por qué difieren antes de calcular un promedio. Las escalas ordinales tampoco deben tratarse automáticamente como mediciones exactas de distancia. Pasar de un nivel a otro puede requerir cambios muy distintos según la dimensión. El informe debe comunicar incertidumbre y calidad de evidencia, diferenciando hallazgos confirmados, indicios y aspectos que todavía requieren investigación antes de orientar decisiones de inversión relevantes.

4.2.3. Brechas, capacidades prioritarias y uso del diagnóstico

Una brecha representa la distancia entre capacidades disponibles y condiciones necesarias para un objetivo definido. Su relevancia depende de la contribución al resultado, no exclusivamente de su magnitud aparente. Una deficiencia de integración puede impedir múltiples iniciativas, mientras que una herramienta ausente podría tener escaso efecto. Por ello, las brechas deben analizarse con relación a dependencias y consecuencias. También conviene distinguir carencias que bloquean una intervención de limitaciones que pueden gestionarse mediante alcance reducido o controles temporales. Este análisis permite construir prioridades realistas y evita asumir que toda diferencia frente a un modelo debe resolverse antes de iniciar cualquier aplicación.

El estado deseado debe formularse mediante capacidades utilizables. En lugar de proponer mayor cultura digital, puede precisarse que los equipos necesitan interpretar indicadores, comunicar errores y participar en revisiones de procesos. En lugar de aspirar a datos excelentes, corresponde definir qué conjuntos requieren calidad y actualización suficientes para ciertas decisiones. Esta traducción facilita asignar responsables y evaluar avances. También permite identificar capacidades compartidas entre iniciativas, como criterios de acceso o documentación. Cuando una mejora habilita varios usos, su valor estratégico puede superar el beneficio de un proyecto aislado, aunque sus resultados sean menos visibles en una demostración tecnológica inmediata.

El diagnóstico también debe examinar capacidad de absorción del cambio. Iniciar múltiples proyectos puede superar el tiempo disponible de especialistas y usuarios, aunque existan recursos financieros. La transformación requiere actividades de aprendizaje, validación y reorganización que compiten con operaciones habituales. Por ello, la programación debe considerar carga de trabajo y secuencia. Una iniciativa técnicamente viable puede resultar inoportuna cuando el proceso está atravesando otra modificación importante. Esta valoración evita interpretar retrasos como simple resistencia. La estrategia necesita ajustar ambición y ritmo para construir capacidades sin comprometer la continuidad del servicio ni deteriorar la participación de las personas que sostienen su funcionamiento.

La actualización del diagnóstico debe realizarse cuando nuevas decisiones o cambios relevantes lo justifiquen. Repetir cuestionarios sin utilizar resultados genera costos y puede disminuir confianza. En cambio, revisar brechas vinculadas con la hoja de ruta permite comprobar si las inversiones producen capacidades efectivas. La comparación temporal requiere conservar definiciones y documentar modificaciones del instrumento. También debe evitarse que mejorar la puntuación se convierta en la finalidad principal. La utilidad del diagnóstico se aprecia cuando orienta decisiones, reduce incertidumbre y permite explicar por qué una intervención debe comenzar, esperar o modificarse según las condiciones y objetivos concretos de la organización.

4.3. Hoja de ruta, priorización de casos de uso y gestión de portafolio

4.3.1. Formulación de casos de uso y evaluación inicial

Un caso de uso describe una aplicación concreta de capacidades de IA dentro de un proceso y con una finalidad definida. Su formulación debe identificar problema, usuarios, decisión y resultado esperado. Expresiones como aplicar IA a atención al cliente son demasiado amplias para estimar viabilidad. Una delimitación útil explica qué parte de la atención se pretende modificar y cómo se integrará el resultado. También debe reconocer alternativas, incluida la mejora del procedimiento sin aprendizaje automático. Esta comparación mantiene el foco en la necesidad institucional y permite descartar aplicaciones cuyo principal argumento consiste en la disponibilidad de una herramienta o en su popularidad.

La ficha inicial de un caso puede redactarse en prosa estructurada, reuniendo situación actual, hipótesis de valor, fuentes de información y condiciones de operación. Debe precisar qué hará el sistema y qué permanecerá bajo responsabilidad humana. Asimismo, necesita señalar consecuencias de error y posibilidades de corrección. Esta descripción permite que las áreas involucradas compartan una representación del proyecto antes de comprometer recursos. Si existen interpretaciones incompatibles, conviene resolverlas durante la formulación. La claridad temprana reduce cambios de alcance y ayuda a reconocer cuando una propuesta aparentemente única contiene problemas diferentes que requieren soluciones y evaluaciones separadas.

La evaluación inicial necesita considerar valor potencial, factibilidad y riesgo. El valor depende de importancia del problema y magnitud plausible del cambio. La factibilidad incluye datos, integración, competencias y condiciones de adopción. El riesgo atiende a consecuencias y posibilidades de control. Estas dimensiones no deben confundirse: un problema importante puede carecer de solución viable con los recursos disponibles, y una aplicación sencilla puede producir beneficios limitados. La evaluación debe identificar incertidumbres críticas y estimar qué esfuerzo requiere resolverlas. En ocasiones, la prioridad adecuada consiste en investigar una condición previa, en lugar de comenzar directamente el desarrollo de un modelo.

Considérese una organización que recibe documentos con formatos variables y propone automatizar su revisión inicial. Antes de priorizar, necesita conocer frecuencia, errores actuales y criterios de aceptación. También debe distinguir comprobaciones formales de evaluaciones profesionales. Puede descubrir que una parte del problema se resuelve mediante formularios mejor diseñados y otra requiere extracción documental. Este ejemplo muestra que delimitar el caso transforma la pregunta tecnológica en una decisión de proceso. El análisis inicial debe permitir reducir alcance cuando ello mejora viabilidad y conservar objetivos claros para evaluar si la intervención realmente disminuye trabajo repetido sin introducir omisiones o decisiones injustificadas.

4.3.2. Priorización y construcción de la hoja de ruta

La priorización compara iniciativas dentro de recursos limitados y objetivos comunes. Puede apoyarse en criterios ponderados, siempre que se expliquen escalas y supuestos. Una puntuación facilita ordenar la discusión, pero no convierte preferencias e incertidumbres en hechos exactos. Deben evitarse diferencias artificialmente precisas cuando las estimaciones son débiles. Asimismo, algunos requisitos funcionan como condiciones de admisibilidad y no deberían compensarse mediante beneficios elevados. Si una propuesta carece de autorización necesaria o no permite controlar consecuencias relevantes, corresponde resolver esa restricción antes de competir por prioridad. La decisión final necesita argumentos comprensibles, además de una posición en una

matriz.

La Tabla 4.1 reúne criterios para comparar casos de uso de IA, diferenciando contribución estratégica, viabilidad y condiciones que deben resolverse antes de comprometer recursos organizacionales.

Tabla 4.1

Criterios para priorizar casos de uso de inteligencia artificial

Criterio	Pregunta orientadora	Evidencias para la valoración	Implicación para la priorización
Contribución estratégica	¿Qué objetivo institucional apoya y por qué merece atención?	Objetivos definidos, necesidades documentadas y relación explícita entre intervención y resultado esperado.	Favorecer iniciativas vinculadas con prioridades institucionales reconocibles.
Valor esperado	¿Qué mejora podría producir y quiénes se beneficiarían?	Situación de referencia, magnitud estimada del problema e hipótesis de valor con supuestos explícitos.	Comparar beneficios plausibles, evitando presentar proyecciones como resultados asegurados.
Disponibilidad y calidad de datos	¿Existen datos pertinentes, accesibles y utilizables para la finalidad prevista?	Fuentes identificadas, evaluación de calidad, cobertura, trazabilidad y condiciones de utilización.	Identificar si puede iniciarse el caso o si requiere preparación previa de datos.
Factibilidad técnica e integración	¿La solución puede funcionar dentro de los sistemas y procesos existentes?	Pruebas iniciales, requisitos de infraestructura, posibilidades de integración y alternativas técnicas.	Considerar complejidad de implementación y mantenimiento, además del desempeño experimental.
Capacidad de adopción	¿Las personas y unidades involucradas pueden incorporar el cambio?	Competencias disponibles, participación de usuarios, tiempo de aprendizaje y responsabilidades operativas.	Ajustar alcance y ritmo según preparación y carga de trabajo.
Recursos y sostenimiento	¿Pueden cubrirse desarrollo, operación, supervisión y eventual sustitución?	Estimación de costos, disponibilidad presupuestaria y responsables de mantenimiento y revisión.	Priorizar soluciones sostenibles durante su ciclo de vida.
Riesgos y consecuencias del error	¿Qué efectos adversos podrían producirse y cómo se controlarían?	Evaluación de impacto, escenarios de fallo, controles, posibilidades de corrección y riesgo residual.	Condicionar el avance a medidas proporcionadas; los beneficios no compensan automáticamente riesgos inaceptables.

Criterio	Pregunta orientadora	Evidencias para la valoración	Implicación para la priorización
Admisibilidad jurídica e institucional	¿La finalidad y las condiciones de uso cumplen los requisitos aplicables?	Revisión de obligaciones, autorizaciones, restricciones contractuales y políticas institucionales pertinentes.	Resolver restricciones antes del despliegue; no tratarlas como una puntuación compensable.
Dependencias y secuencia	¿Qué capacidades o iniciativas deben estar disponibles previamente?	Relaciones con proyectos, fuentes, proveedores y recursos compartidos.	Ordenar la ejecución según condiciones habilitadoras y evitar compromisos prematuros.
Aprendizaje y reutilización	¿Qué capacidades dejará la iniciativa para otros usos?	Conocimientos transferibles, componentes reutilizables y mecanismos de documentación y formación.	Reconocer aportes que trascienden el beneficio inmediato del proyecto.
Evaluabilidad y reversibilidad	¿Puede comprobarse el resultado y modificarse o detenerse la intervención?	Indicadores definidos, diseño de evaluación, criterios de continuidad y procedimientos alternativos.	Favorecer avances verificables y controlados, especialmente ante incertidumbre elevada.

Nota. Los criterios deben adaptarse al contexto. La tabla no constituye una escala validada ni establece ponderaciones universales. Las condiciones de admisibilidad deben examinarse antes de comparar iniciativas mediante puntuaciones.

La priorización exige interpretar evidencias y dependencias, además de comparar beneficios. Una puntuación puede ordenar la discusión, pero no sustituye decisiones justificadas ni resuelve restricciones de admisibilidad.

Las dependencias modifican el orden conveniente de ejecución. Un caso con gran valor puede requerir integración previa, mientras que otro contribuye a construir capacidades reutilizables. La hoja de ruta debe representar estas relaciones y diferenciar iniciativas habilitadoras de aplicaciones finales. También conviene reservar espacio para mejoras de procesos que no requieren IA, pero facilitan su utilización posterior. La secuencia debe explicar por qué ciertas acciones preceden a otras. De esta manera, el plan deja de ser una lista de proyectos y se convierte en una propuesta de construcción progresiva de capacidades, con vínculos explícitos entre inversiones y resultados organizacionales esperados.

Una hoja de ruta necesita horizontes y compromisos diferenciados. Las acciones próximas pueden definirse con mayor detalle, mientras que las posteriores deben conservar flexibilidad ante evidencia nueva. Establecer fechas rígidas para iniciativas todavía inciertas puede producir presión para desplegar soluciones insuficientemente evaluadas. Resulta más útil combinar plazos con condiciones de avance, como disponibilidad de datos o cumplimiento de pruebas. Cada etapa debe indicar qué decisión permitirá adoptar. Esta estructura conserva dirección y permite adaptar ejecución sin perder trazabilidad. También facilita comunicar qué resultados constituyen compromisos firmes y cuáles permanecen sujetos a validación técnica, organizacional o económica.

Los logros tempranos pueden fortalecer aprendizaje y confianza, siempre que aporten valor real y capacidades pertinentes. Seleccionar únicamente proyectos sencillos puede generar actividad visible

sin modificar restricciones importantes. En sentido contrario, comenzar por una transformación excesivamente amplia puede impedir obtener evidencia interpretable. La secuencia debe equilibrar demostración, aprendizaje y construcción institucional. Conviene identificar qué conocimientos dejará cada iniciativa y cómo se transferirán. Un proyecto acotado puede resultar estratégico si permite probar integración o procedimientos de supervisión aplicables posteriormente. Su relevancia debe explicarse por esa contribución, evitando presentar cualquier experimento como un paso inevitable hacia una transformación de mayor escala.

4.3.3. Portafolio, financiación progresiva y revisión de beneficios

El portafolio reúne iniciativas para administrarlas como un conjunto relacionado. Su evaluación debe considerar distribución de recursos, dependencias y exposición acumulada. Varias aplicaciones individualmente aceptables pueden compartir un proveedor o conjunto de datos cuya interrupción afectaría a toda la organización. Asimismo, múltiples pilotos pueden demandar simultáneamente a los mismos especialistas. La perspectiva de portafolio permite identificar estas concentraciones y decidir ajustes. También ayuda a equilibrar mejoras operativas con exploración de propuestas nuevas. Ese equilibrio depende de estrategia y capacidades; no existe una proporción universal adecuada para cualquier institución, tamaño o momento de transformación.

La financiación progresiva asigna recursos conforme se resuelven incertidumbres y aparecen evidencias. Una primera etapa puede analizar viabilidad; otra comprobar funcionamiento; y una posterior evaluar integración y ampliación. Cada avance necesita criterios definidos para continuar, modificar o detener. Esta aproximación evita comprometer toda la inversión sobre supuestos iniciales débiles. Sin embargo, requiere presupuesto suficiente para completar pruebas significativas: fragmentar recursos excesivamente puede impedir aprender. También deben contemplarse costos de adopción y mantenimiento. Una demostración financiada sin previsión operativa puede producir una solución técnicamente interesante que nadie tiene capacidad de sostener cuando termina la etapa experimental.

La gestión de beneficios debe asignar responsabilidad sobre cambios que exceden el desarrollo técnico. Si una aplicación reduce tiempo de ejecución, la organización necesita decidir cómo utilizar esa capacidad liberada. El ahorro potencial no se convierte automáticamente en reducción de costos ni en mejora del servicio. Puede expresarse como mayor cobertura, menor espera o redistribución de tareas, según decisiones posteriores. La evaluación debe evitar contabilizar dos veces un mismo efecto y distinguir resultados observados de proyecciones. El análisis financiero detallado se desarrollará en el capítulo quinto; estratégicamente, corresponde asegurar que cada iniciativa tenga una relación explícita entre intervención, adopción y beneficio esperado.

La revisión periódica del portafolio permite reasignar recursos y detener proyectos que perdieron pertinencia. Debe considerar evidencia reciente y cambios del entorno, evitando continuar únicamente por inversiones ya realizadas. También conviene documentar aprendizajes de iniciativas suspendidas para no repetir problemas. Una estrategia responsable mantiene posibilidades de salida y reconoce que cancelar puede ser una decisión acertada. El desempeño del portafolio no se mide solo por número de proyectos desplegados, sino por contribución a objetivos y capacidades institucionales. Esta perspectiva integra aprendizaje y disciplina, permitiendo adaptar la hoja de ruta sin convertir cada modificación en una pérdida de orientación estratégica.

La Figura 4.2 presenta la construcción y revisión de una hoja de ruta de transformación digital, desde el diagnóstico hasta la evaluación y actualización de iniciativas.

Figura 4.2

Construcción y revisión de la hoja de ruta de transformación digital



La hoja de ruta requiere revisiones periódicas basadas en evidencia. Los resultados y cambios del entorno permiten ajustar prioridades, reasignar recursos y decidir qué iniciativas continuar.

4.4. Modelos de negocio digitales y ventaja competitiva basada en IA

4.4.1. Creación, entrega y captura de valor

El modelo de negocio describe cómo una organización articula creación, entrega y captura de valor. Teece (2010) examina sus relaciones con estrategia e innovación, mostrando la importancia de conectar posibilidades tecnológicas y lógica económica. Para una transformación con IA, ello exige identificar qué necesidad se atiende, mediante qué actividades y con qué mecanismos de sostenimiento. Incorporar un modelo predictivo puede mejorar una tarea sin cambiar el modelo de negocio. La modificación adquiere mayor alcance cuando transforma la propuesta ofrecida, la relación con usuarios o la forma de obtener recursos. Esta distinción evita confundir innovación tecnológica con innovación del funcionamiento económico.

La creación de valor depende de resolver necesidades de manera pertinente. La IA puede contribuir mediante anticipación, personalización o ampliación de capacidades, pero cada posibilidad requiere evidencia sobre utilidad. La entrega involucra canales, procesos y recursos que permiten materializar esa propuesta. Una recomendación adecuada pierde valor si el servicio no puede ejecutarse oportunamente. La captura se refiere a mecanismos mediante los cuales la organización obtiene recursos o beneficios para sostener actividades. En empresas puede incluir ingresos y márgenes; en instituciones públicas o sociales requiere interpretarse según financiación, eficiencia y cumplimiento de misión. Estas dimensiones deben conservar coherencia entre sí y con el propósito institucional.

Los servicios basados en suscripción, pago por uso o resultados representan alternativas de organización comercial, aunque ninguna deriva automáticamente de la presencia de IA. Su pertinencia depende de necesidades, previsibilidad y distribución de riesgos. Cobrar por resultado requiere definirlo de manera verificable y considerar factores que el proveedor no controla. Asimismo, utilizar datos para mejorar una oferta no habilita necesariamente comercializarlos. La propuesta debe examinar derechos y expectativas de quienes participan. La sostenibilidad económica necesita construirse mediante relaciones legítimas y costos reconocidos, evitando basar el modelo en usos de información cuya disponibilidad o autorización no puede asegurarse.

La experimentación del modelo de negocio debe contrastar supuestos sobre necesidad, adopción y sostenimiento. Una solución puede resultar técnicamente eficaz y no generar disposición a utilizarla o pagar por ella. También puede atender una necesidad real y presentar costos incompatibles con los recursos disponibles. Por ello, las pruebas deben examinar experiencia completa y condiciones operativas, no únicamente aceptación de una demostración. La evidencia cualitativa ayuda a comprender razones de adopción, mientras que registros de uso y resultados permiten evaluar comportamiento. Ambas perspectivas contribuyen a ajustar la propuesta antes de comprometer inversiones mayores o extender un servicio a contextos diferentes.

4.4.2. Diferenciación, complementariedades y posibilidades de defensa

La ventaja competitiva requiere explicar por qué una organización puede producir resultados superiores relevantes y sostenerlos frente a alternativas. Porter (1996) distingue eficacia operativa y posicionamiento estratégico, y destaca la importancia de sistemas de actividades difíciles de reproducir. Aplicado a la IA, mejorar velocidad mediante una herramienta ampliamente disponible puede ser necesario sin constituir diferenciación duradera. La organización debe examinar qué combinación de conocimientos, relaciones y procesos permite ofrecer algo valioso. La tecnología puede participar en esa combinación, pero su acceso por sí solo rara vez explica toda la posición. La evaluación estratégica necesita considerar las capacidades complementarias que hacen posible utilizarla de forma distintiva.

El conocimiento especializado puede orientar selección de problemas y evaluación de resultados con mayor pertinencia que una adopción genérica. También pueden aportar diferenciación relaciones de confianza, integración con operaciones y capacidad de respuesta. Estas complementariedades requieren coordinación y aprendizaje acumulado. Dos organizaciones que utilizan un mismo modelo pueden producir servicios diferentes porque disponen de procesos y conocimientos distintos. Por ello, la estrategia debe identificar qué capacidades conviene desarrollar internamente y cuáles pueden obtenerse mediante alianzas. La decisión necesita considerar posibilidades de imitación y sustitución, además del costo inmediato. Un componente accesible puede adquirir valor dentro de una combinación institucional difícil de reconstruir.

Los datos exclusivos pueden contribuir a diferenciación cuando representan situaciones pertinentes, mantienen calidad y permiten aprender de manera legítima. Sin embargo, acumular más registros no genera automáticamente mejores resultados ni una posición defendible. La información puede volverse obsoleta, contener sesgos o aportar rendimientos limitados para una tarea. Asimismo, restricciones de acceso y uso pueden reducir posibilidades de explotación. La ventaja debe sustentarse en una relación demostrable entre datos y servicio, considerando condiciones de mantenimiento. Es importante evitar afirmar que existe un efecto de red cuando solo aumenta el volumen de información: ese efecto requiere que la participación adicional incremente valor para otros participantes.

Bharadwaj et al. (2013) analizan la estrategia digital mediante cuestiones de alcance, escala, velocidad y fuentes de creación y captura de valor. Esta perspectiva permite ampliar el análisis hacia relaciones entre organizaciones. Una propuesta basada en IA puede depender de plataformas, proveedores y socios que condicionan acceso a usuarios o recursos. La estrategia necesita examinar cómo se distribuye el valor y qué dependencia se genera. Participar en un ecosistema puede ampliar capacidades, pero también limitar autonomía. Los acuerdos deben permitir comprender responsabilidades y alternativas, evitando que una mejora inicial derive en una relación difícil de revisar cuando cambian condiciones de servicio.

4.4.3. Renovación estratégica y sostenibilidad de la ventaja

La renovación estratégica exige revisar hipótesis cuando cambian necesidades, tecnologías y condiciones de competencia. Una capacidad valiosa puede perder diferenciación si se vuelve accesible para otros, mientras que nuevas exigencias pueden modificar criterios de calidad. La organización necesita mecanismos de observación y deliberación que permitan interpretar esos cambios sin reaccionar indiscriminadamente. Mantener capacidades de evaluación resulta tan importante como seleccionar herramientas. La actualización debe examinar efectos sobre procesos y propuesta de valor, evitando sustituciones motivadas únicamente por novedad. También debe reconocer prácticas que siguen funcionando y cuya continuidad contribuye a confianza y estabilidad durante la transformación.

La coherencia entre actividades influye en la sostenibilidad. Una propuesta de atención personalizada requiere información pertinente, capacidad operativa y mecanismos de revisión compatibles con esa promesa. Si marketing ofrece resultados que los procesos no pueden sostener, la tecnología puede ampliar discrepancias en lugar de resolverlas. La estrategia debe contrastar compromisos externos con capacidades internas y recursos de mantenimiento. Asimismo, conviene examinar cómo una mejora afecta otras partes del servicio. Reducir costos en una actividad puede aumentar carga en otra. La evaluación integral permite reconocer esos desplazamientos y proteger la consistencia de la experiencia ofrecida a usuarios y colaboradores.

La confianza puede contribuir a la continuidad de relaciones cuando se apoya en comportamientos verificables. Explicar alcances, corregir errores y atender reclamaciones ayuda a sostener legitimidad. Sin embargo, presentar responsabilidad como una cualidad comercial sin evidencias puede deteriorarla. Las promesas sobre IA necesitan corresponder con pruebas y procedimientos efectivos. La sostenibilidad también exige examinar consecuencias sobre trabajadores, comunidades y recursos, considerando tensiones con objetivos económicos. Estas cuestiones se desarrollarán en capítulos posteriores, pero deben influir desde ahora en selección y diseño del modelo de negocio. Una propuesta viable necesita condiciones para mantener beneficios sin trasladar costos relevantes de manera inadvertida a otros actores.

El marco estratégico desarrollado articula visión, diagnóstico, hoja de ruta y modelo de negocio como decisiones interdependientes. La visión define dirección; el diagnóstico permite reconocer capacidades y restricciones; la priorización organiza aprendizaje e inversión; y el modelo de negocio explica cómo se sostendrá el valor. Ninguno de estos componentes sustituye la evaluación de resultados. La organización inteligente conserva coherencia y capacidad de revisión para ajustar iniciativas según evidencia. Sobre esta base, el capítulo siguiente examinará aplicaciones de IA en procesos, operaciones y cadena de suministro, incorporando criterios para valorar productividad y retorno de inversión dentro de condiciones organizacionales concretas.

Aplicaciones de la IA en procesos, operaciones y cadena de suministro

La inteligencia artificial puede contribuir a mejorar operaciones cuando sus capacidades se articulan con problemas de ejecución, coordinación y asignación de recursos. Su utilidad depende de que las predicciones, clasificaciones o recomendaciones puedan convertirse en acciones pertinentes. Como se estableció en el capítulo cuarto, la selección de aplicaciones debe responder a objetivos explícitos y considerar alternativas, condiciones de adopción y consecuencias del error.

Este capítulo examina cuatro ámbitos relacionados. Primero, analiza la automatización inteligente de procesos y la automatización robótica de procesos. Después, estudia el mantenimiento predictivo y la optimización operacional. A continuación, aborda logística, cadena de suministro e inventarios. Finalmente, desarrolla criterios para evaluar productividad y retorno de la inversión. El enfoque distingue capacidad técnica, funcionamiento operativo y beneficio organizacional, procurando que las mejoras puedan demostrarse mediante evidencia y sostenerse bajo condiciones reales de trabajo, sin trasladar problemas inadvertidamente a otras actividades.



5.1. Automatización inteligente de procesos y RPA

5.1.1. Alcance de la automatización robótica y su relación con la IA

La automatización robótica de procesos, denominada RPA por sus siglas en inglés, utiliza programas para ejecutar tareas en sistemas digitales siguiendo instrucciones definidas. Sus aplicaciones habituales incluyen transferir información, consultar registros y completar operaciones repetitivas. El término robótica alude aquí a agentes de software y no necesariamente a dispositivos físicos. Van der Aalst et al. (2018) examinan esta tecnología dentro de la automatización de actividades organizacionales. Su utilidad depende de identificar tareas suficientemente estables y de establecer condiciones de ejecución. Automatizar interacciones no requiere siempre aprendizaje automático, por lo que RPA e inteligencia artificial deben distinguirse conceptualmente desde el diseño.

Una automatización basada en reglas puede resolver tareas cuando las entradas y decisiones están claramente estructuradas. Si un campo contiene un código válido, el sistema consulta un registro y completa una operación definida. La incorporación de IA amplía posibilidades cuando se necesita interpretar documentos variables, clasificar solicitudes o estimar prioridades. En esta obra, automatización inteligente designará la integración de estas capacidades con mecanismos de ejecución y control de procesos. La inteligencia artificial puede intervenir en una parte de la secuencia, mientras otras actividades permanecen sujetas a reglas o revisión humana. Esta composición evita atribuir aprendizaje a todos los componentes del procedimiento.

La elección tecnológica debe considerar estabilidad y posibilidades de integración. Cuando existen interfaces de programación apropiadas, utilizarlas puede ofrecer mecanismos más controlables que reproducir acciones sobre pantallas. Una automatización mediante interfaz gráfica puede ser útil cuando no existe otra vía disponible, pero necesita prever cambios en campos, ventanas y permisos. Su rapidez inicial de implementación no debe confundirse con facilidad de mantenimiento. La organización requiere conocer qué dependencias mantiene y cómo se detectarán modificaciones. También debe evitar que una solución temporal se convierta en infraestructura permanente sin documentación, responsables y evaluación de los costos que introduce durante su operación.

La selección de tareas necesita analizar frecuencia, variabilidad y consecuencias de equivocarse. Una actividad repetitiva puede contener excepciones que concentran dificultad y valor profesional. Automatizar solo los casos simples puede aportar beneficios, siempre que el trabajo residual se organice adecuadamente. De lo contrario, quienes revisan recibirán únicamente situaciones complejas sin tiempo ni información suficientes. También es necesario comparar automatización con eliminación de requisitos o mejor diseño del servicio. Si una transferencia existe por una integración deficiente, reproducirla mediante software puede ser razonable transitoriamente, aunque la solución estructural consista en reorganizar el intercambio de información entre los sistemas involucrados.

5.1.2. Análisis y rediseño del proceso antes de automatizar

El análisis debe definir el proceso completo, sus entradas, resultados y responsables. Una tarea puede ejecutarse rápidamente y contribuir poco al tiempo total cuando las mayores demoras se encuentran en autorizaciones o esperas. Por ello, conviene diferenciar tiempo de trabajo efectivo y tiempo transcurrido hasta completar el servicio. También deben identificarse transferencias entre unidades y causas de repetición. La automatización necesita ubicarse dentro de ese recorrido, explicando qué restricción pretende modificar. Esta visión permite evitar intervenciones que incrementan velocidad local mientras mantienen intactas las condiciones que determinan la

experiencia final de usuarios y trabajadores.

La minería de procesos utiliza registros de eventos para examinar cómo se desarrollan actividades y contrastar recorridos observados con modelos de referencia. Van der Aalst (2016) presenta este campo mediante descubrimiento, análisis de conformidad y mejora de procesos. Su aplicación puede ayudar a identificar variantes, demoras y repeticiones que los procedimientos escritos no muestran. Sin embargo, los registros describen aquello que el sistema captura, no necesariamente todo el trabajo realizado. Para interpretar resultados se necesita contrastarlos con conocimiento operativo. Actividades informales o decisiones fuera de la plataforma pueden explicar diferencias que una lectura exclusivamente computacional atribuiría erróneamente a incumplimiento.

El rediseño debe examinar qué actividades pueden eliminarse, simplificarse o coordinarse antes de seleccionar componentes tecnológicos. Estandarizar entradas puede reducir necesidad de interpretación posterior, mientras que aclarar criterios disminuye revisiones contradictorias. Esto no implica imponer uniformidad donde existen diferencias legítimas. Algunas variantes responden a condiciones de usuarios o productos que deben conservarse. La decisión consiste en distinguir variabilidad necesaria de complejidad evitable. La participación del personal permite reconocer esas diferencias y anticipar efectos de la intervención. También ayuda a definir qué información debe acompañar cada caso para que una eventual revisión humana pueda realizarse con fundamento.

Considérese una organización que recibe solicitudes y transcribe datos a una aplicación interna. Una solución puede combinar extracción documental, validación contra registros autorizados y preparación del formulario. Antes de confirmar, los casos ambiguos se remiten a revisión. El beneficio esperado depende de que las comprobaciones reduzcan errores y de que la clasificación de excepciones sea adecuada. Si el personal debe verificar nuevamente todos los campos porque desconoce la procedencia, el ahorro puede desaparecer. El ejemplo muestra que el diseño incluye presentación de evidencias y distribución del trabajo. La evaluación debe considerar el recorrido completo, incluyendo correcciones y actividades posteriores al registro.

5.1.3. Excepciones, controles y continuidad del trabajo automatizado

La gestión de excepciones constituye una parte central del proceso automatizado. Deben distinguirse entradas inválidas, fallos técnicos y situaciones legítimas que requieren juicio profesional. Cada categoría necesita una respuesta definida, como solicitar información, reintentar una operación o transferir el caso. La ausencia de una respuesta puede dejar solicitudes suspendidas sin que nadie advierta su estado. Por ello, las colas de revisión necesitan responsables, prioridades y condiciones de cierre. También debe registrarse qué ocurrió y qué información permanece pendiente. El objetivo consiste en mantener continuidad y trazabilidad, evitando que la ejecución automática oculte casos que necesitan intervención oportuna.

Los reintentos requieren especial cuidado cuando una operación modifica registros o produce efectos externos. Si el sistema desconoce si una acción se completó, repetirla puede generar duplicados. La idempotencia permite que repetir una solicitud identificada produzca el mismo efecto que ejecutarla una sola vez, cuando el diseño y la operación lo permiten. También pueden utilizarse identificadores y comprobaciones de estado. Estas medidas deben adaptarse al proceso, pues no toda acción es reversible. La automatización necesita distinguir consulta, preparación y confirmación, estableciendo controles adicionales donde una repetición pueda afectar saldos, inventarios, comunicaciones o compromisos institucionales.

La seguridad operativa requiere cuentas identificables, permisos proporcionados y mecanismos adecuados de custodia de credenciales. Un programa no debería disponer de acceso ilimitado

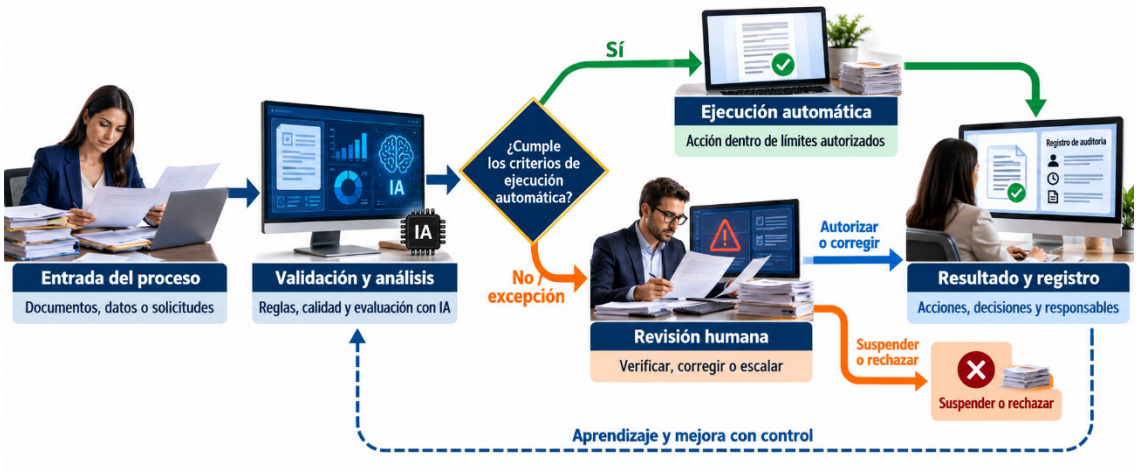
únicamente para facilitar implementación. Las autorizaciones deben corresponder a sus tareas y revisarse cuando cambie el alcance. Además, es necesario conservar registros suficientes sin almacenar información sensible innecesaria. La supervisión debe detectar comportamientos inusuales, interrupciones y operaciones que no cumplen condiciones. Estos controles apoyan el funcionamiento cotidiano y permiten investigar incidentes. También debe existir una forma de suspender la automatización y continuar por un procedimiento alternativo cuando sus resultados o su disponibilidad dejan de ser confiables.

La evaluación debe combinar proporción de casos completados, calidad y carga de revisión. Una tasa elevada de ejecución automática no constituye un objetivo suficiente si aumentan errores o dificultades para corregirlos. Conviene examinar motivos de excepción y cambios de volumen para decidir mejoras. Asimismo, las modificaciones de aplicaciones y documentos deben incorporarse a los procedimientos de mantenimiento descritos en el capítulo tercero. La automatización sostenible reduce trabajo innecesario y conserva capacidad de actuación frente a variaciones. Su valor se demuestra cuando mejora el servicio completo y permite utilizar el conocimiento humano en actividades donde aporta interpretación, coordinación y responsabilidad.

La Figura 5.1 muestra un flujo de automatización inteligente que combina validación, ejecución dentro de límites autorizados y revisión humana para gestionar excepciones y registrar resultados.

Figura 5.1

Automatización inteligente con gestión de excepciones y revisión humana



Las excepciones requieren criterios de escalamiento y personas con autoridad para intervenir. La trazabilidad debe incluir autorizaciones, correcciones y rechazos, permitiendo revisar el proceso y mejorarlo.

5.2. Mantenimiento predictivo y optimización de operaciones

5.2.1. Estrategias de mantenimiento y formulación del problema predictivo

El mantenimiento busca conservar o recuperar condiciones de funcionamiento de los activos. Una estrategia correctiva interviene después de una avería; una preventiva programa actividades según criterios temporales o de utilización; y una basada en condición utiliza observaciones del estado del equipo. El mantenimiento predictivo incorpora estimaciones sobre evolución o probabilidad de acontecimientos para apoyar decisiones anticipadas. Estas orientaciones pueden coexistir dentro de una organización. La elección depende de criticidad, características del deterioro y posibilidades de

intervención. No todos los activos justifican instrumentación y modelos complejos, especialmente cuando una inspección sencilla o una sustitución programada responde adecuadamente al problema.

Carvalho et al. (2019) revisan métodos de aprendizaje automático aplicados al mantenimiento predictivo y muestran la diversidad de enfoques utilizados. Esta amplitud exige precisar la tarea antes de seleccionar algoritmos. Detectar una anomalía significa identificar una desviación respecto de patrones esperados; diagnosticar supone examinar una condición o modo de fallo; y pronosticar implica estimar evolución futura. Estas tareas ofrecen información diferente. Una señal anómala no demuestra necesariamente una avería, mientras que estimar riesgo no equivale a conocer con certeza cuándo ocurrirá. La utilidad de la salida depende de su correspondencia con decisiones concretas de inspección, reparación o programación.

El horizonte predictivo debe guardar relación con el tiempo necesario para actuar. Una advertencia precisa que llega cuando ya no es posible conseguir repuestos puede aportar poco. Asimismo, anticipar con excesiva distancia puede producir incertidumbre y revisiones innecesarias. La formulación debe establecer qué acontecimiento se pretende detectar, con cuánto margen y para qué decisión. También necesita distinguir condiciones que afectan seguridad de aquellas relacionadas principalmente con desempeño o disponibilidad. Las aplicaciones de mayor consecuencia requieren evaluación y controles acordes con esa criticidad. Los modelos deben apoyar una política de mantenimiento, sin sustituir automáticamente protocolos técnicos y responsabilidades profesionales existentes.

La estimación de vida útil remanente busca aproximar el tiempo o utilización esperados hasta una condición definida. Su interpretación requiere conocer qué significa el final de vida y bajo qué régimen operará el equipo. Cambios de carga, ambiente o mantenimiento pueden modificar la trayectoria. Por ello, la estimación debe acompañarse de incertidumbre y supuestos relevantes. No conviene presentar un único valor como fecha exacta de fallo. Para decisiones operativas, puede resultar más útil identificar ventanas de intervención y escenarios. La pertinencia se aprecia cuando la información permite coordinar recursos y reducir consecuencias, manteniendo márgenes suficientes ante variaciones previsibles.

5.2.2. Datos de condición y evaluación orientada a intervención

Los datos pueden provenir de vibración, temperatura, consumo eléctrico, inspecciones y registros de mantenimiento. Su combinación exige relacionar señales con identidad del activo, régimen de operación e intervenciones realizadas. Una variación puede indicar deterioro o simplemente un cambio legítimo de carga. La interpretación necesita conocimiento técnico y documentación, conforme a los criterios del apartado 3.1. También debe considerarse que sensores y canales de transmisión pueden fallar. Si un modelo interpreta esas alteraciones como comportamiento del equipo, generará recomendaciones equivocadas. El diseño debe distinguir problemas de observación y condiciones físicas, incorporando comprobaciones antes de utilizar las señales para decidir.

Los datos históricos suelen contener dificultades de etiquetado. Una reparación registrada puede no describir la causa real, y ciertos fallos pueden aparecer con poca frecuencia. Además, un activo retirado preventivamente no permite observar directamente cuándo habría fallado sin intervención. Esta observación incompleta necesita consideración metodológica, pues tratar todos los equipos sin avería como ejemplos equivalentes puede distorsionar el aprendizaje. También deben evitarse variables que revelen decisiones tomadas después del acontecimiento objetivo. La construcción del conjunto requiere reconstruir qué se conocía en cada momento y documentar limitaciones. El

volumen de señales no compensa por sí mismo una definición inadecuada del resultado.

La evaluación debe respetar dependencias entre observaciones de un mismo activo. Dividir aleatoriamente ventanas casi idénticas entre entrenamiento y prueba puede exagerar desempeño. Conviene analizar si se pretende generalizar a periodos posteriores, a equipos nuevos o a instalaciones diferentes, pues cada propósito requiere una comprobación específica. También debe compararse el modelo con procedimientos existentes y alternativas sencillas. El criterio relevante incluye anticipación suficiente, falsas alarmas y fallos no detectados. Las métricas deben interpretarse considerando la frecuencia de eventos y la carga de inspección. Una alarma aparentemente precisa puede resultar poco útil si no identifica condiciones sobre las que sea posible intervenir.

La decisión de actuar depende del costo y las consecuencias de las alternativas. Una inspección puede ser apropiada ante incertidumbre moderada, mientras que detener inmediatamente un equipo requiere razones distintas. Los umbrales deben relacionarse con criticidad, disponibilidad de personal y capacidad de reparación. Si se generan más alertas de las que pueden revisarse, la política pierde efectividad. Por tanto, la evaluación debe incorporar el proceso de respuesta y no limitarse al modelo. También conviene registrar resultados de inspección para aprender, reconociendo que las intervenciones modifican los acontecimientos observables y pueden dificultar estimar qué habría sucedido sin la acción preventiva.

5.2.3. Optimización operacional y coordinación de recursos

La optimización operacional busca seleccionar decisiones que mejoren un objetivo respetando restricciones. Puede involucrar programación de tareas, asignación de equipos y utilización de materiales. La IA puede aportar estimaciones de duración, demanda o riesgo que alimentan el problema, mientras que métodos de investigación de operaciones organizan la selección de alternativas. Bertsimas y Kallus (2020) estudian la conexión entre análisis predictivo y prescriptivo mediante un marco que vincula datos y decisiones. Esta perspectiva ayuda a distinguir anticipar un resultado de determinar una acción. Una predicción útil necesita integrarse con costos, capacidades y restricciones para orientar de manera pertinente el funcionamiento organizacional.

La función objetivo debe representar prioridades y no únicamente aquello que resulta fácil medir. Maximizar utilización de máquinas puede aumentar esperas o reducir capacidad de responder a interrupciones. Minimizar duración de una tarea puede afectar calidad si se omiten comprobaciones. Por ello, el diseño debe identificar restricciones de seguridad, servicio y recursos, además de objetivos económicos. Algunas condiciones deben respetarse obligatoriamente, mientras otras admiten compensaciones explícitas. La solución matemática depende de esa formulación. Un resultado óptimo dentro del modelo puede ser inadecuado para la operación cuando faltan restricciones relevantes o se utilizan valores que no representan condiciones reales.

La incertidumbre exige examinar escenarios y sensibilidad de las decisiones. Un plan que funciona únicamente con estimaciones exactas puede deteriorarse ante retrasos o averías. Métodos robustos y estocásticos permiten abordar ciertos tipos de incertidumbre, según información y supuestos disponibles. También pueden utilizarse simulaciones para examinar efectos antes de modificar la operación. Estas herramientas no eliminan necesidad de validación: su utilidad depende de representar adecuadamente capacidades y relaciones. La organización debe identificar qué variaciones resultan relevantes y qué margen necesita conservar. La eficiencia operativa debe interpretarse junto con flexibilidad y continuidad, especialmente cuando las consecuencias de interrupción son significativas.

La integración de mantenimiento y programación permite coordinar ventanas de intervención con

carga de trabajo y disponibilidad de repuestos. Sin esa coordinación, una predicción acertada puede terminar en una parada igualmente costosa. Los equipos de operación y mantenimiento necesitan criterios compartidos para evaluar recomendaciones y comunicar cambios. También deben conservar posibilidades de intervención profesional ante información que el modelo no representa. La mejora se demuestra mediante disponibilidad, calidad y consecuencias evitadas, considerando costos de inspección y reparación. Este enfoque sitúa el mantenimiento predictivo dentro de la gestión operacional y evita tratarlo como un servicio analítico separado de las decisiones que justifican su existencia.

5.3. Logística, cadena de suministro y gestión de inventarios

5.3.1. Pronóstico de demanda y planificación coordinada

La cadena de suministro articula actividades y relaciones mediante las cuales fluyen materiales, información y recursos desde proveedores hasta destinatarios. Su funcionamiento depende de decisiones interrelacionadas que exceden los límites de una unidad. Toorajipour et al. (2021) examinan aplicaciones de IA en este ámbito mediante una revisión de literatura que identifica contribuciones en diversas funciones. Esta diversidad aconseja delimitar problemas y evitar expectativas generales de optimización automática. Mejorar una decisión local puede afectar inventarios, transporte y servicio en otros puntos. Por ello, cada aplicación debe evaluarse considerando relaciones entre actores y las condiciones que permiten compartir información y coordinar actuaciones.

El pronóstico de demanda proporciona estimaciones para planificar compras, producción y distribución. Puede utilizar series históricas y variables explicativas, siempre que estas estén disponibles en el momento previsto. Hyndman y Athanasopoulos (2021) destacan la necesidad de evaluar pronósticos y utilizar métodos de referencia apropiados. En una aplicación organizacional, la comparación debe considerar horizonte y frecuencia de decisión. Un modelo que anticipa adecuadamente totales mensuales puede resultar insuficiente para reposición diaria. Además, las ventas observadas no siempre representan toda la demanda: los faltantes pueden ocultar solicitudes que no se atendieron. Esta diferencia debe examinarse antes de utilizar registros como variable objetivo.

La agregación también modifica el problema. Puede ser más sencillo anticipar demanda total que comportamiento de cada referencia, aunque las decisiones requieren consistencia entre niveles. Un pronóstico por establecimiento debería relacionarse de manera coherente con la planificación regional cuando ambos se utilizan conjuntamente. Asimismo, deben distinguirse productos estables, nuevos y de demanda intermitente. No es razonable suponer que una metodología única funcionará igualmente en todos los casos. La evaluación necesita examinar errores relevantes para el negocio y documentar condiciones donde falta evidencia. Las estimaciones deben acompañar decisiones, manteniendo procedimientos para cambios extraordinarios que los datos históricos no permiten representar adecuadamente.

La coordinación requiere evitar respuestas amplificadas frente a variaciones de demanda. Lee et al. (1997) analizan la distorsión de información conocida como efecto látigo, en la que los pedidos pueden mostrar variaciones mayores que las ventas que los originan. Su relevancia para IA consiste en recordar que mejorar pronósticos aislados no resuelve necesariamente problemas de incentivos y coordinación. Si cada actor interpreta señales parciales y ajusta pedidos defensivamente, pueden persistir inestabilidades. Compartir información pertinente y acordar políticas ayuda a mejorar decisiones conjuntas. Los sistemas deben apoyar esas relaciones, sin asumir que un algoritmo

sustituye acuerdos necesarios entre participantes de la cadena.

5.3.2. Inventarios y decisiones de abastecimiento bajo incertidumbre

La gestión de inventarios busca equilibrar disponibilidad y recursos comprometidos, considerando costos y consecuencias de faltantes. Una decisión de reposición depende de demanda durante el tiempo de abastecimiento, variabilidad y restricciones de compra. La IA puede mejorar estimaciones o identificar patrones, pero necesita integrarse con una política explícita. Un inventario menor no constituye mejora si deteriora cumplimiento y genera entregas urgentes. Del mismo modo, disponibilidad elevada puede ocultar acumulación y pérdidas. La evaluación debe combinar servicio, rotación y costo, definiendo qué productos y periodos se comparan para evitar conclusiones basadas en indicadores parciales o agregaciones que ocultan situaciones relevantes.

El inventario de seguridad proporciona protección frente a ciertas variaciones, aunque su dimensionamiento depende de supuestos y del nivel de servicio elegido. Debe distinguirse la probabilidad de completar un ciclo sin faltantes de la proporción de demanda atendida, pues ambas medidas expresan propiedades diferentes. También importa conocer si los plazos de suministro son estables o cambian conjuntamente con demanda. Aplicar fórmulas sin verificar esas condiciones puede producir reservas insuficientes o excesivas. Los modelos predictivos pueden contribuir a describir incertidumbre, pero la política necesita explicar cómo esa información modifica cantidades y qué criterios justifican el costo de protección seleccionado para cada categoría.

Las restricciones de caducidad, almacenamiento y tamaño de lote exigen decisiones diferenciadas. En productos perecederos, aumentar existencias puede elevar desperdicio y comprometer calidad. En repuestos críticos, una demanda infrecuente puede coexistir con consecuencias importantes de no disponer de una unidad. Por tanto, clasificar únicamente según valor monetario o frecuencia puede ser insuficiente. Conviene considerar criticidad y posibilidades de sustitución. La IA puede ayudar a identificar patrones, mientras que las decisiones necesitan criterios técnicos y comerciales. También debe evaluarse cómo registrar productos nuevos y cambios de catálogo para evitar recomendaciones basadas en referencias desactualizadas o supuestos de equivalencia que no se sostienen.

La evaluación de políticas debe considerar decisiones completas mediante simulación histórica o pruebas operativas controladas, según viabilidad. Reducir error de pronóstico no garantiza menor costo cuando los errores tienen consecuencias asimétricas. Una subestimación puede producir faltantes y una sobreestimación generar existencias, con efectos diferentes según producto. Por ello, conviene comparar políticas bajo condiciones equivalentes y con información disponible en cada momento. También deben incluirse pedidos pendientes, entregas parciales y restricciones reales. Los resultados deben interpretarse junto con sensibilidad a cambios de demanda y abastecimiento. La mejora se acredita cuando la política sostiene el servicio requerido con una utilización más pertinente de recursos.

5.3.3. Transporte, proveedores y resiliencia de la cadena

En logística, la IA puede apoyar estimación de tiempos de llegada, consolidación de cargas y asignación de recursos. La selección de rutas requiere considerar capacidad, ventanas de atención y condiciones de operación. Una distancia menor puede resultar inadecuada si incumple restricciones o aumenta exposición a interrupciones. Además, las estimaciones deben actualizarse sin provocar cambios constantes que vuelvan inestable el trabajo. La frecuencia de replanificación necesita equilibrar información nueva y costos de modificación. El criterio de evaluación debe considerar

cumplimiento y experiencia de ejecución, evitando asumir que una ruta calculada es realizable sin contrastar sus condiciones con quienes desarrollan la actividad.

La visibilidad de envíos depende de registros consistentes y de acuerdos entre participantes. Localizar un vehículo no significa conocer el estado completo de una entrega: pueden existir demoras de carga, documentación pendiente o problemas de recepción. Integrar estas observaciones permite comprender causas y seleccionar respuestas. Sin embargo, deben distinguirse acontecimientos confirmados y estimaciones. Presentar una predicción como compromiso puede afectar confianza y coordinación. Los sistemas necesitan comunicar cambios de manera comprensible y mantener procedimientos para incidentes. También es importante reducir duplicidad de reportes, pues solicitar información repetidamente puede añadir carga sin mejorar la calidad de las decisiones que se pretende apoyar.

La evaluación de proveedores puede combinar cumplimiento, calidad y condiciones de suministro, pero requiere interpretar diferencias de contexto. Un historial desfavorable puede reflejar restricciones contractuales o variaciones de pedidos, además de capacidades del proveedor. Utilizar puntuaciones automáticamente puede reforzar exclusiones y disminuir alternativas disponibles. Conviene establecer criterios transparentes y oportunidades de revisión. Asimismo, analizar riesgo exige considerar concentración y dependencias comunes: varios proveedores pueden compartir una misma fuente o ruta. La diversificación debe evaluarse según esas relaciones reales. Una lista amplia no garantiza resiliencia si todos los participantes están expuestos a una interrupción semejante o carecen de capacidad de sustitución.

La resiliencia implica sostener y recuperar funciones relevantes ante perturbaciones. Puede requerir reservas, fuentes alternativas y capacidad de reconfigurar operaciones, aun cuando esas medidas aumenten determinados costos habituales. La IA puede ayudar a explorar escenarios y detectar señales, aunque acontecimientos sin precedentes limitan el valor de patrones históricos. Por ello, los planes deben conservar juicio profesional y procedimientos de coordinación. La eficiencia y la resiliencia necesitan evaluarse conjuntamente según criticidad y recursos. Una cadena inteligente combina información y capacidad de respuesta, reconociendo que anticipar una perturbación aporta poco cuando no existen acuerdos, inventarios o decisiones disponibles para modificar sus consecuencias.

La Figura 5.2 muestra cómo la IA apoya la planificación coordinada de demanda, abastecimiento, producción, inventarios y distribución mediante datos integrados, pronósticos, escenarios y optimización.

Figura 5.2

Integración de la IA en la planificación de la cadena de suministro



Las conexiones representan intercambio de información y coordinación. Las decisiones requieren considerar incertidumbre, restricciones operativas y objetivos de servicio, con revisión humana y actualización de planes.

5.4. Medición de la productividad y del retorno de la inversión en IA

5.4.1. Productividad, calidad y delimitación de resultados

La productividad relaciona resultados obtenidos y recursos utilizados dentro de un ámbito definido. Puede expresarse mediante unidades atendidas por hora o producción conforme por recurso empleado, siempre que se mantenga comparabilidad. Un incremento aparente puede deberse a tareas más sencillas, cambios de demanda o deterioro de calidad. Por ello, la medición necesita definir qué constituye una unidad válida de resultado y qué recursos se incluyen. En servicios, contar operaciones completadas sin revisar resolución efectiva puede exagerar mejoras. La productividad debe interpretarse junto con calidad y condiciones de trabajo, evitando que una mayor velocidad se presente automáticamente como un beneficio integral para la organización.

El límite del análisis determina qué efectos se observan. Si una aplicación reduce trabajo de captura y aumenta revisión posterior, medir solo la primera actividad oculta desplazamiento de carga. Conviene examinar el proceso completo y registrar consecuencias sobre unidades relacionadas. También deben distinguirse tiempo efectivo, espera y capacidad disponible. Una reducción de minutos no implica necesariamente que pueda eliminarse una jornada o atenderse inmediatamente un nuevo servicio. La distribución de tareas y los periodos de mayor demanda condicionan el aprovechamiento. Por tanto, los indicadores necesitan conectarse con decisiones operativas sobre cómo utilizar la capacidad que potencialmente queda liberada.

La situación de referencia debe representar funcionamiento anterior bajo condiciones comparables. Puede construirse mediante registros históricos, observación y mediciones de tareas, documentando incertidumbres y variaciones. La comparación necesita considerar volumen, complejidad y estacionalidad. Si cambia la composición de casos, una diferencia de promedio puede no reflejar efecto de la intervención. También conviene observar estabilidad y distribución, pues una mejora general puede coexistir con deterioro en situaciones complejas. Los indicadores deben seleccionarse antes de interpretar resultados y mantenerse el tiempo suficiente para evaluar aprendizaje y adaptación. Modificarlos después requiere justificar cambios y explicar su efecto sobre la comparabilidad de la evidencia obtenida.

Brynjolfsson et al. (2021) analizan cómo inversiones intangibles complementan tecnologías de propósito general y pueden afectar la evolución observada de productividad. Su planteamiento ayuda a reconocer actividades de aprendizaje y reorganización que preceden a ciertos beneficios. No significa que toda iniciativa con resultados iniciales negativos terminará siendo exitosa. La organización debe identificar inversiones complementarias y contrastar si están generando capacidades. Una etapa de adaptación necesita objetivos y evidencias, no una expectativa indefinida de mejora futura. Esta perspectiva permite evaluar tiempos de maduración sin ocultar costos ni justificar permanentemente aplicaciones que no demuestran contribución suficiente a sus objetivos institucionales.

5.4.2. Costos, beneficios y cálculo del retorno

El costo total debe incluir adquisición o desarrollo, integración, preparación de datos, infraestructura y operación. También corresponden formación, revisión humana, mantenimiento

y eventual sustitución. Algunos recursos se comparten entre proyectos, por lo que es necesario explicar criterios de asignación y evitar duplicaciones. Para decisiones futuras deben distinguirse desembolsos incrementales de costos ya incurridos, sin perder transparencia sobre el costo completo de la iniciativa. Las estimaciones necesitan un horizonte explícito y condiciones comparables entre alternativas. Un servicio aparentemente económico puede requerir tareas internas significativas que no aparecen en su tarifa y que deben reconocerse para interpretar correctamente su conveniencia.

Los beneficios pueden expresarse como ahorros efectivos, ingresos adicionales, capacidad utilizada o consecuencias adversas evitadas. Cada categoría requiere evidencia y supuestos diferentes. El tiempo liberado constituye capacidad potencial; se convierte en ahorro monetario solo cuando modifica realmente desembolsos o evita recursos que habrían sido necesarios. Un ingreso adicional debe evaluarse considerando costos asociados, en lugar de equipararlo directamente con beneficio neto. Asimismo, reducir riesgo implica estimar probabilidades y consecuencias con cautela. Los beneficios no monetizados deben presentarse separadamente cuando no existe una valoración defendible, conservando su importancia para decisiones institucionales sin asignarles cifras arbitrarias o contabilizarlos varias veces.

Para este capítulo, el retorno simple de inversión se define como beneficios monetarios acumulados menos costos acumulados, divididos por esos costos y multiplicados por cien, dentro de un periodo establecido. Considérese un ejemplo hipotético con inversión inicial de 12 000 dólares, costos anuales de 4 000 y beneficios monetarios anuales de 10 000. En tres años, los beneficios suman 30 000 y los costos 24 000; el retorno simple es 25 %. El cálculo supone flujos constantes y omite impuestos, descuento y valor residual. Representa una ilustración metodológica y no una rentabilidad observada ni una expectativa generalizable para aplicaciones de inteligencia artificial.

El momento de los flujos importa cuando se comparan alternativas de varios años. El valor actual neto descuenta entradas y salidas mediante una tasa justificada, mientras que el periodo de recuperación estima cuándo se compensa la inversión según el criterio adoptado. Thomas (2017), en la guía del NIST sobre análisis de inversiones manufactureras, presenta métodos para examinar estas decisiones. Ningún indicador debe utilizarse sin explicar supuestos y límites. También conviene realizar análisis de sensibilidad sobre adopción, costos y beneficios. Una evaluación útil muestra qué condiciones sostienen la conveniencia y cuáles podrían modificarla, evitando presentar una estimación puntual como resultado asegurado.

La Tabla 5.1 presenta indicadores para evaluar productividad y retorno de la inversión en IA, considerando calidad, costos, horizonte temporal y límites de interpretación organizacional.

Tabla 5.1

Indicadores para evaluar productividad y retorno de la inversión en IA

Indicador	Qué permite evaluar	Cálculo o criterio de medición	Precauciones de interpretación
Productividad laboral	Relación entre resultados válidos y tiempo de trabajo utilizado.	Unidades completadas que cumplen los criterios de calidad ÷ horas de trabajo empleadas.	Comparar tareas de complejidad semejante e incluir preparación, supervisión y corrección. Una mayor producción no demuestra mejora si deteriora la calidad.

Indicador	Qué permite evaluar	Cálculo o criterio de medición	Precauciones de interpretación
Calidad del resultado	Cumplimiento de requisitos definidos para el producto o servicio.	Resultados conformes ÷ resultados evaluados × 100. Complementar con frecuencia y gravedad de errores.	Definir previamente qué significa conformidad. Una proporción global puede ocultar errores graves o dificultades concentradas en determinados casos.
Tiempo de resolución	Duración del proceso desde su inicio hasta su cierre efectivo.	Tiempo transcurrido entre recepción y resolución de cada caso. Examinar mediana y distribución, además del promedio.	Incluir esperas, transferencias y correcciones. Reducir el tiempo de una tarea aislada no garantiza acortar el proceso completo.
Capacidad liberada	Tiempo de trabajo que queda disponible después de incorporar la solución.	Diferencia entre horas requeridas por el procedimiento de referencia y por el nuevo procedimiento, para un volumen comparable.	Incluir las nuevas tareas de revisión y mantenimiento. El tiempo liberado representa capacidad potencial; no constituye automáticamente ahorro monetario.
Costo total de la iniciativa	Recursos necesarios para desarrollar, incorporar, operar y retirar la solución durante el periodo evaluado.	Suma de costos iniciales y recurrentes: desarrollo o adquisición, datos, integración, infraestructura, formación, supervisión, mantenimiento y cierre.	Especificar horizonte y límites del análisis. Documentar asignación de costos compartidos y evitar duplicaciones.
Retorno simple de la inversión (ROI)	Beneficio monetario neto acumulado en relación con el costo acumulado.	[(Beneficios monetarios acumulados − costos acumulados) ÷ costos acumulados] × 100.	Utilizar el mismo periodo para beneficios y costos. Este cálculo no considera el valor temporal del dinero y depende de los supuestos adoptados.
Valor actual neto (VAN)	Diferencia entre entradas y salidas monetarias, considerando cuándo ocurren.	Suma de los flujos netos de efectivo descontados durante el horizonte evaluado, menos la inversión inicial cuando esta no esté incluida en dichos flujos.	Justificar tasa de descuento, horizonte y flujos. Evitar restar dos veces la inversión inicial y mantener coherencia entre valores nominales o reales y la tasa utilizada.
Periodo de recuperación	Tiempo necesario para que los flujos netos acumulados compensen la inversión inicial.	Identificar el momento en que el flujo neto acumulado alcanza o supera el desembolso inicial.	Indicar si el cálculo es simple o descontado. No refleja por sí solo los resultados posteriores a la recuperación ni sustituye una evaluación económica completa.

Nota. Los indicadores deben adaptarse a la finalidad de la iniciativa y evaluarse frente a una situación de referencia comparable. Deben distinguirse resultados observados y proyecciones, así como beneficios monetarios y no monetizados.

La evaluación debe interpretar productividad, calidad y resultados económicos. Los ahorros potenciales requieren comprobar utilización de capacidad y evitar duplicaciones en beneficios o costos contabilizados.

5.4.3. Atribución, seguimiento y decisiones de continuidad

Atribuir resultados exige distinguir efectos de la intervención y cambios que habrían ocurrido de todos modos. Una comparación anterior y posterior puede ser insuficiente cuando coinciden otras mejoras o variaciones de demanda. Según posibilidades, pueden utilizarse grupos comparables, implementación gradual o análisis de series con observaciones suficientes. La selección metodológica debe considerar restricciones operativas y consecuencias para participantes. También requiere documentar diferencias de exposición y adopción. Asignar una herramienta a un equipo no demuestra utilización efectiva. La evaluación debe examinar qué cambió realmente en el trabajo y qué mecanismos permiten relacionar ese cambio con los resultados que se observan.

Las mediciones cuantitativas necesitan complementarse cuando no explican experiencias y obstáculos relevantes. Entrevistas y observación pueden mostrar por qué un sistema se utiliza parcialmente o cómo se realizan correcciones fuera de la plataforma. Esta información ayuda a interpretar diferencias y detectar costos ocultos. Sin embargo, las percepciones favorables tampoco prueban por sí mismas un efecto causal. La combinación metodológica debe responder a preguntas definidas y mantener criterios de calidad. El propósito consiste en comprender resultados y mecanismos, evitando seleccionar únicamente evidencias que confirman expectativas. También conviene recoger experiencias de quienes reciben el servicio, especialmente cuando la automatización modifica acceso o posibilidades de revisión.

El seguimiento debe asignar responsables y periodos de revisión compatibles con la actividad. Los indicadores necesitan umbrales o criterios que orienten decisiones, incluyendo condiciones para ampliar, corregir o suspender. La ampliación requiere comprobar que los beneficios se mantienen con mayor volumen y que la organización puede sostener mantenimiento y atención de excepciones. También debe examinarse si las mejoras dependen de apoyos extraordinarios del piloto que no estarán disponibles posteriormente. Cuando una iniciativa no alcanza objetivos, corresponde revisar hipótesis y alternativas. Continuar puede ser razonable si existe evidencia de aprendizaje pertinente; de lo contrario, retirar o rediseñar protege recursos y capacidades institucionales.

Las aplicaciones examinadas muestran que el valor operacional de la IA depende de integrar información, decisiones y capacidad de ejecución. Automatizar, anticipar fallos y coordinar suministros puede mejorar resultados cuando los procesos permiten actuar y los beneficios se evalúan de manera completa. La productividad y el retorno requieren evidencia, horizontes definidos y reconocimiento de costos y consecuencias. Esta disciplina conecta las aplicaciones con la estrategia del capítulo cuarto y evita confundir actividad tecnológica con progreso institucional. El capítulo siguiente trasladará el análisis a clientes, mercado y experiencia de usuario, manteniendo la relación entre personalización, calidad del servicio y confianza.

Aplicaciones de la IA en clientes, mercado y experiencia de usuario

La relación entre organizaciones y clientes se desarrolla mediante interacciones que permiten conocer necesidades, ofrecer soluciones y evaluar resultados. La inteligencia artificial puede apoyar estas actividades al identificar patrones, adaptar contenidos y facilitar atención. Sin embargo, conocer más datos no equivale necesariamente a comprender mejor a las personas, y automatizar una interacción no garantiza una experiencia satisfactoria. Como se estableció en capítulos anteriores, las capacidades técnicas necesitan integrarse con propósitos, procesos y responsabilidades.

Este capítulo examina la analítica de clientes y la segmentación inteligente; después, estudia personalización, recomendaciones y asistentes conversacionales. A continuación, analiza aplicaciones en marketing y ventas. Finalmente, aborda experiencia del cliente, privacidad y confianza. El enfoque distingue comportamientos observados, inferencias y decisiones organizacionales, reconociendo que las personas mantienen expectativas, preferencias y derechos que no pueden reducirse a una puntuación. La utilidad de la IA se evaluará por su contribución a relaciones pertinentes, comprensibles y sostenibles.



6.1. Analítica de clientes y segmentación inteligente

6.1.1. Comprensión del cliente y formulación de preguntas analíticas

La analítica de clientes comprende métodos para interpretar información relacionada con necesidades, comportamientos e interacciones. Puede describir acontecimientos, anticipar resultados o apoyar decisiones sobre atención y ofertas. Wedel y Kannan (2016) examinan la analítica de marketing en entornos con abundancia de datos, incluyendo personalización y privacidad. Su planteamiento permite reconocer que disponer de información amplía posibilidades, pero también exige seleccionar preguntas pertinentes. En una organización, el análisis debe comenzar por aquello que se necesita comprender o modificar. Reunir registros sin una finalidad definida puede producir descripciones detalladas que no orientan decisiones ni contribuyen a mejorar la relación con los usuarios.

Las fuentes pueden incluir compras, consultas, reclamaciones, encuestas y comportamientos en canales digitales. Cada una representa aspectos distintos y presenta limitaciones. Una compra informa sobre una transacción realizada, pero no revela todas sus motivaciones; una visita registra acceso, aunque no necesariamente interés sostenido; y una reclamación describe un problema expresado, sin representar a quienes permanecieron en silencio. La interpretación necesita reconocer esas diferencias y contrastar fuentes cuando sea pertinente. También debe distinguir datos declarados de inferencias construidas por modelos. Tratar una preferencia estimada como una afirmación proporcionada directamente por la persona puede conducir a decisiones difíciles de justificar o corregir.

La unidad de análisis requiere definición explícita. Una persona puede utilizar varios dispositivos o representar a una organización, mientras que una misma cuenta puede ser compartida. Vincular registros sin comprobar identidad puede producir perfiles incorrectos. Asimismo, las relaciones entre clientes individuales y cuentas empresariales necesitan estructuras diferentes. Estas decisiones remiten a los criterios de integración desarrollados en el apartado 3.2. Para comprender el comportamiento también importa el periodo observado y la etapa de relación. Un usuario reciente no debe evaluarse como si hubiera tenido las mismas oportunidades de compra o interacción que otro con una trayectoria prolongada.

La pregunta analítica debe especificar qué decisión podría cambiar a partir del resultado. Comprender causas de solicitudes repetidas permite mejorar instrucciones o productos; identificar abandono de un formulario puede orientar simplificación; y examinar consultas frecuentes puede ayudar a organizar contenidos. Estas aplicaciones no requieren siempre predecir atributos individuales. En ocasiones, analizar patrones agregados proporciona información suficiente con menor complejidad y exposición. La elección del nivel de detalle debe responder a utilidad demostrable. El conocimiento del cliente se fortalece cuando combina evidencia y contexto, evitando atribuir significados psicológicos o intenciones definitivas a señales de comportamiento que admiten diversas explicaciones.

6.1.2. Segmentación basada en datos y pertinencia de los grupos

La segmentación organiza clientes o usuarios en grupos relevantes para una finalidad. Puede basarse en necesidades, comportamientos o condiciones de relación, siempre que las diferencias permitan orientar acciones pertinentes. La incorporación de aprendizaje automático facilita identificar estructuras en conjuntos amplios, pero no convierte automáticamente esas estructuras en segmentos útiles. Un algoritmo de agrupación produce resultados según variables, transformaciones y criterios

de similitud. Por ello, los grupos deben interpretarse y validarse antes de utilizarse. Es necesario preguntar qué los distingue, si las diferencias son comprensibles y qué decisión organizacional puede mejorar a partir de esa clasificación.

La selección de variables determina qué aspectos dominan la segmentación. Si se incluyen principalmente frecuencia y gasto, los grupos reflejarán actividad comercial, aunque no necesariamente necesidades o preferencias. Además, las escalas y los valores extremos pueden influir en la distancia utilizada por determinados métodos. La preparación debe evitar que una variable domine sin justificación. También conviene comprobar estabilidad ante cambios razonables de datos y parámetros. Una estructura que varía radicalmente con pequeñas modificaciones requiere cautela. La calidad de la segmentación depende de coherencia conceptual y utilidad, además de indicadores internos sobre separación o compactación de los grupos obtenidos.

Los segmentos no deben presentarse como identidades permanentes. Una persona puede cambiar de comportamiento según circunstancias, temporada o propósito de una interacción. En ciertas aplicaciones resulta más útil estimar pertenencias graduales que imponer una categoría exclusiva. Asimismo, conviene diferenciar segmentación estratégica, que orienta propuestas generales, de agrupaciones temporales para una actividad concreta. Esta distinción evita reorganizar continuamente la estrategia por variaciones menores. La actualización necesita criterios y evidencia. También debe conservarse posibilidad de interpretar transiciones, pues un cambio de grupo puede reflejar una necesidad nueva, un error de registro o una modificación en el propio procedimiento analítico.

La pertinencia requiere comprobar que las acciones asociadas aportan valor y no producen exclusiones injustificadas. Un grupo con menor actividad observada puede necesitar apoyo diferente, en lugar de recibir automáticamente peor atención. La segmentación debe examinar posibles variables sustitutivas de condiciones sensibles y consecuencias de las decisiones. También necesita evitar etiquetas despectivas o explicaciones que atribuyan características personales sin evidencia. Su función consiste en organizar respuestas institucionales, no en reducir complejidad humana a categorías cerradas. Una aplicación responsable permite revisar clasificaciones y mantiene condiciones básicas de servicio, aunque la organización adapte determinados contenidos o recursos a necesidades diferenciadas.

6.1.3. Predicción de comportamiento y selección de intervenciones

Los modelos pueden estimar probabilidad de compra, abandono o respuesta a una comunicación dentro de un periodo definido. Cada resultado requiere una definición operativa. El abandono contractual puede observarse mediante cancelación, mientras que en relaciones sin contrato suele inferirse a partir de inactividad, con mayor incertidumbre. También deben considerarse cambios de frecuencia y oportunidades reales de interacción. Una predicción necesita interpretarse respecto de condiciones conocidas, evitando convertir una disminución temporal de actividad en una conclusión definitiva sobre la relación. Los umbrales de actuación deben corresponder al costo y las consecuencias de contactar, ofrecer apoyo o modificar condiciones.

El valor del cliente a lo largo de la relación estima contribuciones futuras bajo supuestos sobre permanencia, ingresos y costos de atención. Su construcción debe evitar equiparar ventas con rentabilidad y reconocer incertidumbre temporal. También requiere cautela cuando se utiliza para distribuir servicio. Una estimación baja puede reflejar que la organización ha ofrecido pocas oportunidades o que no registra beneficios indirectos. Utilizarla automáticamente puede producir un ciclo en el que menor atención reduce posibilidades futuras. Por ello, estas medidas deben

apoyar decisiones delimitadas y contrastarse con criterios de propósito, equidad y sostenibilidad de las relaciones que la organización pretende construir.

Predecir riesgo no equivale a identificar quién responderá mejor a una intervención. Ascarza (2018) examina esta diferencia en acciones de retención y cuestiona que concentrarse exclusivamente en clientes con mayor riesgo de abandono sea siempre adecuado. Una persona puede tener alta probabilidad de abandonar y no modificar su decisión ante la oferta disponible. Otra, con riesgo moderado, podría beneficiarse del apoyo. El análisis de efectos incrementales busca estimar diferencias atribuibles a una actuación, lo que requiere condiciones metodológicas distintas de una predicción convencional. Esta distinción evita confundir identificación de un problema con conocimiento sobre la forma más efectiva de intervenir.

La evaluación debe relacionar predicciones y decisiones con resultados de la relación. Conviene examinar calibración, errores y diferencias entre grupos, junto con efectos de las acciones realizadas. Una puntuación puede orientar una revisión sin justificar automáticamente contacto insistente o restricciones. También es necesario considerar preferencias comunicadas y límites de frecuencia. Las intervenciones necesitan controles que permitan distinguir respuesta espontánea y cambio producido por la organización, conforme a los criterios del apartado 5.4. La analítica aporta valor cuando mejora comprensión y actuación, conservando posibilidades de corregir inferencias y evitando que la eficiencia de selección sustituya la pertinencia de la relación.

La Figura 6.1 muestra cómo los datos de clientes se integran y analizan para orientar decisiones organizacionales, intervenciones y evaluaciones, con privacidad y uso responsable.

Figura 6.1

De los datos de clientes a las intervenciones organizacionales



Los patrones identificados orientan hipótesis de actuación, pero no demuestran efectos causales. Cada intervención requiere evaluar resultados, considerar consecuencias y utilizar los hallazgos para mejorar decisiones.

6.2. Personalización, sistemas de recomendación y asistentes conversacionales

6.2.1. Personalización y principios de recomendación

La personalización adapta contenidos, secuencias u opciones según información pertinente sobre una interacción. Puede basarse en preferencias expresadas, contexto o patrones aprendidos, sin requerir una descripción exhaustiva de la persona. Un sistema de recomendación selecciona y ordena alternativas que podrían resultar relevantes. Ricci et al. (2022) presentan técnicas y desafíos

de estos sistemas, incluyendo enfoques clásicos y desarrollos especializados. Para su aplicación organizacional, debe precisarse qué se recomienda y con qué finalidad. Recomendar un producto, un contenido informativo o un procedimiento plantea condiciones distintas. La relevancia debe evaluarse considerando utilidad para el usuario y viabilidad real de la opción presentada.

Los enfoques basados en contenido relacionan atributos de las alternativas con preferencias o interacciones observadas. El filtrado colaborativo utiliza patrones entre usuarios y elementos para estimar relevancia. Los métodos híbridos combinan fuentes o procedimientos para atender limitaciones particulares. Ningún enfoque garantiza por sí mismo recomendaciones adecuadas. Los datos pueden reflejar exposición previa: una persona no puede elegir opciones que nunca vio, y la ausencia de interacción no significa necesariamente rechazo. La evaluación necesita reconocer ese mecanismo. También debe distinguir recomendaciones derivadas de preferencias de aquellas condicionadas por disponibilidad, campañas comerciales o restricciones que la organización decide incorporar al servicio.

El inicio sin historial, conocido como arranque en frío, exige estrategias para usuarios o elementos nuevos. Puede recurrirse a preferencias solicitadas directamente, características disponibles o selecciones generales, evitando inventar precisión. También conviene ofrecer mecanismos para modificar recomendaciones y explorar opciones diferentes. La personalización no debe limitar de forma irreversible aquello que una persona puede encontrar. La diversidad y la novedad pueden aportar valor cuando permiten descubrir alternativas pertinentes, aunque no maximicen una respuesta inmediata. Su importancia depende del contexto. Recomendar materiales académicos, por ejemplo, requiere considerar relevancia y amplitud, además de similitud con contenidos consultados anteriormente por el usuario.

Las recomendaciones deben integrar restricciones y explicaciones comprensibles. Una opción agotada, inaccesible o incompatible con requisitos conocidos puede generar frustración aunque resulte estadísticamente probable. Asimismo, la organización necesita diferenciar interés del usuario e incentivos comerciales propios. Cuando una posición responde a promoción u otras condiciones relevantes, la presentación debe evitar confusiones. Las explicaciones pueden señalar criterios verificables, como una preferencia seleccionada, sin atribuir al sistema conocimiento íntimo de motivaciones. La personalización responsable conserva capacidad de elección y permite utilizar una modalidad menos adaptada cuando ello responde mejor a preferencias, necesidades de exploración o expectativas de privacidad.

6.2.2. Asistentes conversacionales y coordinación con la atención humana

Los asistentes conversacionales permiten interactuar mediante lenguaje para obtener información o realizar tareas. Pueden combinar reglas, búsqueda y modelos generativos, como se explicó en el apartado 2.3. Su diseño debe comenzar por un alcance delimitado: informar, orientar, consultar estados o preparar determinadas operaciones. La apariencia conversacional no significa que el sistema pueda resolver cualquier solicitud. Comunicar capacidades y límites ayuda a establecer expectativas adecuadas. También debe quedar claro cuándo la persona interactúa con un sistema automatizado. La transparencia debe integrarse de forma comprensible, sin sustituir información útil por explicaciones técnicas que dificulten completar la actividad.

La atención basada en información institucional requiere fuentes actualizadas y mecanismos para comprobar condiciones. Un asistente puede recuperar documentos y formular respuestas, pero necesita distinguir versiones, excepciones y ámbitos de aplicación. Cuando la información falta o presenta contradicciones, debe solicitar aclaración o remitir a revisión. Generar una respuesta

segura en apariencia puede agravar el problema. También conviene separar explicación general de confirmación de condiciones particulares. Consultar disponibilidad, identificar una solicitud y modificar un registro requieren permisos y comprobaciones diferentes. El sistema debe utilizar únicamente funciones autorizadas y confirmar los elementos relevantes antes de ejecutar acciones con consecuencias para el usuario.

La transferencia a atención humana debe conservar continuidad. Repetir toda la conversación o volver a proporcionar documentos aumenta esfuerzo y puede deteriorar confianza. Conviene transferir un resumen verificable, antecedentes pertinentes y motivo de derivación, respetando condiciones de acceso. También debe existir una vía accesible para solicitar intervención humana cuando el caso lo requiere. El diseño necesita evitar ciclos donde el asistente repite respuestas sin reconocer que no resolvió la solicitud. La derivación no representa necesariamente un fracaso: puede ser la respuesta adecuada ante incertidumbre, excepciones o necesidades que exigen interpretación profesional y una responsabilidad institucional claramente identificada.

La evaluación debe considerar resolución efectiva, exactitud y esfuerzo, además del número de conversaciones. Una menor proporción de transferencias puede indicar autonomía útil o dificultad para obtener ayuda. Deben examinarse contactos repetidos, abandonos y correcciones posteriores para distinguir situaciones. Asimismo, el análisis necesita incluir variaciones lingüísticas y condiciones de accesibilidad, conforme al apartado 2.2. La organización requiere pruebas con solicitudes representativas y revisión de casos problemáticos. Los resultados deben orientar ajustes de contenidos, procesos y límites. Un asistente aporta valor cuando facilita una solución adecuada, incluso si ello implica reconocer incertidumbre y conectar oportunamente con otra modalidad de atención.

6.2.3. Evaluación y control de la adaptación

La evaluación de personalización necesita diferenciar resultados técnicos y experiencia. Un sistema puede ordenar correctamente elementos según interacciones anteriores y no ofrecer alternativas útiles en una situación nueva. Las pruebas retrospectivas aportan información, aunque dependen de registros de exposición y selección. Conviene examinar cobertura, diversidad y desempeño con usuarios y elementos poco frecuentes. También deben considerarse consecuencias acumuladas: recomendar reiteradamente lo mismo puede limitar exploración y reforzar patrones. La evaluación debe corresponder a la finalidad del servicio, evitando utilizar clics como sustituto universal de relevancia o asumir que toda interacción adicional representa una mejora para la persona.

Las pruebas en uso pueden comparar versiones cuando existen condiciones para hacerlo de manera responsable. Deben definirse resultados principales, indicadores de protección y periodos suficientes, considerando que novedades iniciales pueden modificar comportamiento temporalmente. Asimismo, conviene comprobar si las mejoras se mantienen y cómo se distribuyen. Una ganancia agregada puede ocultar deterioro para personas con necesidades específicas. El análisis debe conservar criterios de calidad y posibilidad de detener una variante. La personalización requiere aprendizaje, pero ese aprendizaje necesita límites de exposición y consecuencias aceptables. La experimentación no habilita prácticas incompatibles con compromisos de servicio o con la autonomía de los usuarios.

Amershi et al. (2019) proponen directrices para interacción humano-IA que consideran presentación de capacidades, corrección y adaptación a lo largo del uso. Esta perspectiva aporta criterios para interfaces que reconocen incertidumbre y permiten intervención. En recomendaciones y asistentes, conviene facilitar respuestas como corregir una preferencia, descartar una opción o indicar que una

interpretación es equivocada. Estos mecanismos deben producir efectos reconocibles, evitando controles aparentes que no modifican el comportamiento. También es necesario comunicar cambios importantes del sistema cuando afectan la interacción. La adaptación debe ser comprensible y proporcionar medios para recuperar control sin exigir conocimientos especializados a quien utiliza el servicio.

Los ciclos de retroalimentación necesitan seguimiento porque el sistema influye en los datos que después utiliza. Si aumenta exposición de determinadas opciones, recibirá más interacciones sobre ellas y puede interpretarlas como prueba de preferencia general. La organización debe examinar esa relación y mantener mecanismos de exploración compatibles con la experiencia. También conviene recoger comentarios explícitos y contrastar comportamiento con necesidades declaradas. La actualización no debe borrar automáticamente preferencias comunicadas. Una adaptación adecuada combina información reciente, estabilidad y capacidad de revisión, procurando que las personas puedan ampliar intereses y modificar decisiones sin quedar condicionadas por un historial que ya no representa su situación.

6.3. Marketing y ventas con apoyo de IA

6.3.1. Investigación de mercado y planificación comercial

La IA puede apoyar investigación de mercado al organizar información y reconocer patrones en fuentes pertinentes. Sus aplicaciones incluyen clasificación de comentarios, análisis de consultas y exploración de documentos. Huang y Rust (2021) proponen un marco que relaciona investigación, estrategia y acciones de marketing. Esta articulación permite situar las herramientas dentro de decisiones comerciales, evitando que producir más análisis se convierta en una finalidad independiente. La organización necesita definir qué incertidumbre pretende reducir y qué evidencia considera suficiente. También debe distinguir señales del mercado de registros de sus propios canales, que pueden reflejar una selección particular de participantes y experiencias.

El análisis de textos puede identificar temas recurrentes y resumir opiniones, pero requiere examinar procedencia y cobertura. Las reseñas disponibles no representan necesariamente a todos los clientes, y ciertas plataformas pueden favorecer comentarios extremos o repetidos. Además, clasificar sentimiento exige cautela ante ironía, contexto y expresiones regionales. Un resultado negativo no explica por sí solo su causa. La interpretación debe contrastarse con ejemplos y conocimiento del servicio. Tampoco corresponde atribuir estados emocionales definitivos a partir de señales débiles. El análisis aporta valor cuando ayuda a formular preguntas y priorizar investigación, conservando trazabilidad hacia los materiales que sustentan las conclusiones.

La planificación comercial necesita vincular hallazgos con propuesta, público y capacidades de entrega. Identificar interés por una oferta no demuestra que exista demanda suficiente bajo condiciones concretas de precio y servicio. También debe examinarse la competencia y la posibilidad de diferenciación, conforme al apartado 4.4. Los modelos pueden explorar escenarios y estimar respuestas, aunque su utilidad depende de supuestos y datos disponibles. La interpretación requiere reconocer cambios de contexto y evitar proyectar indefinidamente comportamientos históricos. Una decisión pertinente combina análisis y experimentación comercial, verificando que la organización puede cumplir aquello que pretende ofrecer y mantener una relación sostenible con sus destinatarios.

Las herramientas generativas pueden apoyar formulación de propuestas y borradores de investigación, pero no deben presentarse como sustitutos de evidencia empírica. Simular opiniones

de clientes mediante un modelo no equivale a consultar personas ni permite atribuir representatividad a respuestas generadas. Puede servir para explorar preguntas o revisar claridad, siempre que se identifique su función. Las decisiones necesitan contrastes con fuentes y participantes adecuados. Esta distinción protege la calidad metodológica y evita construir estrategias sobre consensos ficticios. La organización debe registrar qué materiales proceden de observación y cuáles fueron producidos como apoyo creativo o analítico durante la preparación de la investigación.

6.3.2. Producción de contenidos y apoyo al proceso de ventas

La generación de contenidos puede facilitar borradores, adaptaciones lingüísticas y variaciones de presentación. Su utilidad depende de instrucciones claras y revisión de información, tono y condiciones de la oferta. Un texto persuasivo puede contener atributos inexistentes o compromisos que la organización no está en condiciones de cumplir. Por ello, conviene trabajar con fuentes autorizadas y comprobar afirmaciones antes de difundirlas. También deben revisarse derechos y procedencia de materiales utilizados. La eficiencia de producción no justifica aumentar mensajes innecesarios. El objetivo consiste en comunicar propuestas pertinentes y comprensibles, manteniendo coherencia con la identidad institucional y con la experiencia que realmente se ofrece.

La selección de audiencias puede apoyarse en modelos que estiman afinidad o respuesta, pero requiere distinguir correlación y pertinencia comercial. Una probabilidad elevada de clic no garantiza interés en adquirir o utilizar el servicio. Además, las variables disponibles pueden reflejar desigualdades de exposición y acceso. Conviene revisar criterios y evitar que inferencias sensibles o vulnerabilidades se conviertan en medios de presión. La publicidad necesita presentar información suficiente para decidir, sin ocultar restricciones relevantes. La adaptación debe mejorar comprensión y adecuación, manteniendo una propuesta consistente que pueda explicarse a las personas que reciben mensajes diferentes dentro de una misma actividad comercial.

En ventas, la IA puede ayudar a organizar oportunidades, recuperar antecedentes y preparar propuestas. Una puntuación de prospectos estima prioridad según criterios definidos, pero no sustituye comprobación de necesidades ni justifica ignorar solicitudes legítimas. El sistema debe mostrar información pertinente y distinguir hechos de estimaciones. También conviene evitar que los registros se llenen automáticamente de inferencias que después parecen confirmadas. La asistencia al personal comercial debe facilitar preparación y seguimiento, conservando responsabilidad sobre compromisos asumidos. Cuando se generan ofertas, deben validarse precios, disponibilidad y condiciones, especialmente si la herramienta combina información de diferentes fuentes o versiones de documentos institucionales.

La adaptación de condiciones comerciales requiere criterios transparentes y proporcionales. Diferenciar una propuesta por volumen o necesidades de servicio puede ser justificable, mientras que ajustar condiciones mediante inferencias opacas exige examen adicional. La organización debe considerar efectos sobre confianza, equidad y coherencia contractual, sin asumir que la capacidad técnica habilita cualquier práctica. También necesita evaluar cómo se presentan opciones y cancelaciones. Una interfaz que dificulta rechazar una oferta o aprovecha confusión puede elevar conversiones inmediatas y deteriorar la relación. La calidad comercial debe medirse por adecuación y cumplimiento, además de resultados de adquisición o cierre de oportunidades.

6.3.3. Evaluación de campañas y contribución incremental

La medición de campañas debe diferenciar exposición, interacción y resultado comercial. Impresiones y clics describen etapas específicas, mientras que adquisición y permanencia requieren

observación adicional. También importa la calidad del resultado: una solicitud duplicada o sin pertinencia puede aumentar volumen sin generar valor. Los indicadores deben relacionarse con objetivos y costos, siguiendo los principios del apartado 5.4. Asimismo, conviene examinar qué conversiones pueden verificarse y qué limitaciones presenta el seguimiento. La ausencia de un registro digital no demuestra ausencia de efecto, y una conversión asociada temporalmente con un anuncio no prueba que haya sido causada por esa exposición.

La atribución distribuye crédito entre contactos observados según una regla o modelo. Puede ayudar a describir recorridos, pero no equivale necesariamente a estimar causalidad. Asignar valor al último contacto puede ignorar interacciones anteriores; un modelo más complejo también puede conservar sesgos de selección. Las personas expuestas a una campaña pueden diferir de quienes no la recibieron. Para estimar contribución incremental se necesita una comparación que represente razonablemente qué habría sucedido sin la intervención. La experimentación controlada puede aportar evidencia cuando resulta viable, mientras que otros diseños requieren supuestos explícitos y análisis de sensibilidad antes de utilizar resultados para reasignar recursos.

El retorno publicitario basado en ingresos debe interpretarse con cautela porque no incluye necesariamente margen, devoluciones o costos de atención. Una campaña puede generar ventas y resultar poco conveniente si atrae operaciones costosas o desplaza compras que habrían ocurrido de todos modos. También debe considerarse horizonte: algunas relaciones requieren más tiempo para materializar resultados. La evaluación necesita evitar justificar indefinidamente una inversión con beneficios futuros no contrastados. Conviene establecer periodos y condiciones de seguimiento, documentando supuestos. El propósito es reconocer contribución económica y relacional sin confundir indicadores de plataforma con evidencia completa de valor organizacional.

La optimización automática de campañas depende del objetivo configurado y de la calidad de las señales. Si se recompensa una interacción superficial, el sistema puede buscar personas propensas a realizarla sin mejorar resultados posteriores. La organización debe comprobar esa correspondencia y revisar frecuencia, saturación y consecuencias de las recomendaciones. También necesita mantener supervisión sobre contenidos y públicos, aunque la distribución sea automatizada. Las decisiones comerciales deben conservar coherencia con capacidad operativa: aumentar demanda sin atención suficiente puede deteriorar experiencia. El marketing apoyado por IA aporta valor cuando conecta conocimiento, comunicación y servicio, manteniendo aprendizaje sobre resultados y condiciones de la relación.

La Tabla 6.1 relaciona aplicaciones de IA con objetivos, indicadores y precauciones, facilitando evaluar su contribución al servicio y a la calidad de las relaciones comerciales.

Tabla 6.1

Aplicaciones de IA en la relación con clientes: objetivos, indicadores y precauciones

Aplicación	Objetivo organizacional	Indicadores de evaluación	Precauciones principales
Analítica de clientes	Comprender comportamientos, necesidades y dificultades para orientar mejoras.	Calidad y cobertura de los datos; utilidad de los hallazgos para decisiones; resultados de las mejoras implementadas.	Los registros muestran comportamientos observados, pero no revelan todas sus motivaciones. Contrastar fuentes y distinguir datos declarados de inferencias.

Aplicación	Objetivo organizacional	Indicadores de evaluación	Precauciones principales
Segmentación inteligente	Identificar grupos pertinentes para adaptar propuestas y modalidades de atención.	Estabilidad e interpretabilidad de los segmentos; diferencias relevantes entre grupos; resultados de las acciones asociadas.	Los grupos no constituyen identidades permanentes. Evitar etiquetas estigmatizantes y exclusiones injustificadas; revisar variables y consecuencias.
Predicción de abandono	Anticipar situaciones que podrían requerir revisión o apoyo.	Calibración de probabilidades; precisión y sensibilidad según el umbral; efectos incrementales de las intervenciones de retención.	Un riesgo elevado no identifica automáticamente a quien responderá mejor a una intervención. Definir abandono y periodo de observación.
Personalización y recomendaciones	Facilitar acceso a opciones relevantes según preferencias y contexto.	Pertinencia de las recomendaciones; cobertura y diversidad; satisfacción; resultados de uso o adquisición.	Considerar sesgos de exposición y dificultades por falta de historial. Permitir modificar preferencias y explorar alternativas; distinguir recomendaciones de promociones.
Asistentes conversacionales	Orientar consultas y facilitar resolución o transferencia a atención humana.	Resolución efectiva; exactitud; contactos repetidos; esfuerzo del usuario; calidad de las transferencias.	Delimitar funciones, utilizar información actualizada y reconocer incertidumbre. Una menor transferencia no demuestra mejora si dificulta obtener ayuda.
Investigación de mercado	Organizar evidencia e identificar temas que orienten decisiones comerciales.	Correspondencia entre análisis y fuentes; cobertura de perspectivas; utilidad para formular y contrastar hipótesis.	Las opiniones disponibles pueden no ser representativas. Las respuestas generadas que simulan clientes no sustituyen investigación con participantes reales.
Generación de contenidos comerciales	Apoyar preparación y adaptación de comunicaciones pertinentes.	Exactitud de afirmaciones; coherencia de marca; tiempo total de preparación y revisión; comprensión del mensaje.	Verificar atributos, precios y condiciones. Revisar procedencia y derechos de uso; evitar promesas que la organización no puede cumplir.

Aplicación	Objetivo organizacional	Indicadores de evaluación	Precauciones principales
Apoyo al proceso de ventas	Facilitar organización de oportunidades, preparación de propuestas y seguimiento.	Tiempo de respuesta; calidad de propuestas; conversión de oportunidades pertinentes; cumplimiento de compromisos.	Las puntuaciones no sustituyen comprobación de necesidades. Validar condiciones y distinguir hechos de estimaciones antes de registrar o comunicar compromisos.
Optimización de campañas	Distribuir recursos hacia acciones que contribuyan a objetivos comerciales definidos.	Conversiones verificadas; costo de adquisición; contribución incremental; margen asociado; frecuencia de exposición.	Clics e impresiones no equivalen a valor. La atribución no demuestra causalidad; considerar saturación, costos y capacidad de atención.

Nota. Los indicadores son orientadores y deben seleccionarse según finalidad, contexto y disponibilidad de evidencia. La privacidad, la accesibilidad, la posibilidad de revisión y el respeto por las preferencias constituyen condiciones transversales.

La evaluación debe integrar desempeño técnico, resultados comerciales y experiencia del cliente. Una mejora aparente requiere comprobar utilidad, distribución de efectos y consecuencias sobre la confianza.

6.4. Experiencia del cliente, privacidad y confianza

6.4.1. Recorrido del cliente y calidad de la experiencia

La experiencia del cliente comprende respuestas y percepciones asociadas con interacciones a lo largo de la relación. Lemon y Verhoef (2016) destacan su desarrollo mediante distintos momentos y puntos de contacto. Esta perspectiva permite analizar cómo búsqueda, adquisición, uso y atención posterior se conectan. Una interacción automatizada eficiente puede coexistir con dificultades en otra etapa y no mejorar la experiencia global. Por ello, la organización necesita comprender el recorrido completo y reconocer situaciones que no controla directamente. La evaluación debe centrarse en necesidades y continuidad, evitando suponer que mejorar una interfaz representa por sí mismo una transformación satisfactoria del servicio.

El mapa del recorrido es una representación analítica que reúne actividades, preguntas y dificultades desde la perspectiva del usuario. Debe sustentarse en investigación y actualizarse cuando cambian condiciones. No constituye una secuencia universal: las personas pueden avanzar, regresar o combinar canales según necesidades. La IA puede ayudar a organizar evidencias y detectar patrones, pero necesita contrastes con experiencias reales. También deben examinarse diferencias entre recorridos previstos y observados. Una interrupción puede deberse a falta de claridad, dificultades de acceso o una decisión legítima de no continuar. Interpretar cualquier abandono como problema que debe eliminarse ignora autonomía y diversidad de propósitos.

La continuidad entre canales requiere información coherente y mecanismos adecuados de identificación. Una persona puede iniciar una consulta digital y continuar por teléfono sin que ello represente una anomalía. La organización debe facilitar esa transición y evitar contradicciones sobre condiciones o estados. Asimismo, la accesibilidad demanda considerar lenguaje, discapacidad, conectividad y competencias digitales. Ofrecer únicamente una modalidad automatizada puede

excluir a quienes necesitan apoyo diferente. La adaptación debe permitir completar tareas con esfuerzos razonables, sin penalizar automáticamente preferencias de canal. La experiencia mejora cuando los procesos se coordinan para atender necesidades, en lugar de exigir que las personas compensen las limitaciones de integración institucional.

La Figura 6.2 representa momentos del recorrido del cliente y la coordinación de puntos de contacto, considerando retornos, cambios de canal y continuidad de la atención.

Figura 6.2

Recorrido del cliente y coordinación de puntos de contacto



El recorrido varía según las necesidades y preferencias del cliente. Coordinar canales exige información pertinente, accesibilidad, protección de datos y opciones efectivas de atención por personas.

La evaluación debe combinar resolución, esfuerzo y percepción, considerando momentos de mayor dificultad. Las encuestas aportan información, aunque necesitan examinar quién responde y qué situaciones quedan fuera. Los registros de contactos repetidos y reclamaciones pueden complementar interpretación, sin asumir que ausencia de quejas equivale a satisfacción. También conviene observar experiencias de quienes no completaron el proceso. Las medidas agregadas deben desagregarse cuando sea pertinente para reconocer barreras. El objetivo consiste en identificar qué aspectos requieren rediseño y comprobar si las mejoras se mantienen. La experiencia del cliente debe interpretarse como resultado institucional, no como responsabilidad exclusiva de los equipos de atención.

6.4.2. Privacidad y límites de la personalización

La privacidad requiere examinar condiciones de recopilación, utilización y circulación de información. Nissenbaum (2004) propone la integridad contextual como perspectiva para comprender si los flujos informativos corresponden a normas y expectativas del contexto. Aplicada a relaciones comerciales, esta idea permite preguntar si una información proporcionada

para resolver una consulta debería utilizarse posteriormente para otro propósito. La disponibilidad técnica no resuelve esa cuestión. La personalización necesita justificar qué datos utiliza y para qué decisiones. Además de las obligaciones aplicables, la organización debe considerar expectativas razonables y consecuencias, evitando interpretar cualquier interacción como autorización general para ampliar indefinidamente el perfil de la persona.

La minimización consiste en limitar información y detalle a aquello necesario para una finalidad definida. Puede implicar trabajar con datos agregados, preferencias expresadas o procesamiento acotado, según el caso. Solicitar una explicación adicional debe aportar una razón comprensible, en lugar de convertirse en requisito indiscriminado. También es importante establecer periodos de conservación y revisar accesos, conforme al capítulo tercero. La seudonimización reduce vinculación directa mediante identificadores sustitutos, pero no garantiza anonimato. Los conjuntos pueden conservar posibilidades de asociación o identificación. Por ello, las decisiones de protección necesitan considerar contextos y combinaciones de información, evitando garantías absolutas que no pueden sostenerse.

Los controles de privacidad deben ser utilizables y producir efectos verificables. Informar mediante textos extensos no asegura comprensión, especialmente cuando las decisiones se presentan bajo presión o con opciones confusas. Conviene proporcionar explicaciones oportunas sobre finalidades y alternativas relevantes. Asimismo, las preferencias deben mantenerse de forma coherente entre canales y componentes. Si una persona limita cierto uso, el sistema no debería continuar aplicándolo mediante una copia desactualizada del perfil. La implementación requiere coordinación técnica y procedimientos de revisión. El cumplimiento normativo específico se abordará en el capítulo noveno, distinguiendo jurisdicciones y evitando asumir reglas idénticas para todas las organizaciones.

Martin et al. (2017) examinan relaciones entre privacidad, clientes y desempeño de las empresas. Su investigación refuerza la necesidad de considerar la gestión informativa como parte de la relación y no únicamente como una función técnica. En una aplicación de IA, conviene evaluar cómo ciertas inferencias pueden producir sensación de exposición, aunque provengan de datos disponibles. Mostrar conocimiento inesperado puede deteriorar confianza y disposición a interactuar. La organización debe contrastar beneficios de personalización con consecuencias para la experiencia. En algunos casos, una adaptación menos detallada y con mayor control del usuario puede ofrecer una relación más sostenible y pertinente.

6.4.3. Confianza, reparación y aprendizaje de la relación

La confianza supone expectativas sobre competencia, coherencia y comportamiento de la organización. En servicios con IA, debe apoyarse en resultados y procedimientos, sin depender exclusivamente de apariencia humana o afirmaciones de sofisticación. Una interfaz amable puede facilitar interacción, pero no acredita confiabilidad. La comunicación necesita representar capacidades y límites con precisión, especialmente cuando las personas desconocen cómo se produce una respuesta. También conviene evitar mensajes que atribuyan comprensión emocional o certeza injustificadas. El propósito es favorecer una confianza proporcionada: que el usuario pueda aprovechar el servicio y reconocer cuándo necesita comprobar información o solicitar una revisión de su situación.

Los errores requieren mecanismos de reparación accesibles. Una persona debe poder comunicar información incorrecta, cuestionar una clasificación o solicitar atención cuando una interacción automatizada afecta su experiencia. La respuesta institucional necesita identificar qué ocurrió y

ofrecer una solución pertinente, evitando trasladar responsabilidad al usuario por no interpretar limitaciones técnicas. También debe considerar efectos sobre registros y decisiones posteriores. Corregir una pantalla sin actualizar componentes dependientes puede mantener el problema. La reparación requiere coordinación y seguimiento, con información comprensible sobre el estado del caso. Su efectividad contribuye a confianza porque demuestra capacidad de responder cuando el servicio no funciona como se esperaba.

El aprendizaje de la relación debe incorporar incidentes, reclamaciones y usos satisfactorios. La organización necesita distinguir problemas aislados de patrones que exigen rediseño. También debe examinar si ciertos grupos encuentran más dificultades y qué condiciones explican diferencias. La evaluación no debe limitarse a quienes permanecen activos, pues quienes abandonan pueden aportar información importante sobre barreras. Estos conocimientos deben orientar cambios de contenido, procesos y límites de automatización. La confianza se sostiene cuando las mejoras son reconocibles y las personas conservan medios efectivos para expresar necesidades. Escuchar mediante datos exige también crear oportunidades reales para que las experiencias puedan comunicarse.

Las aplicaciones desarrolladas muestran que la IA puede ampliar comprensión y capacidad de respuesta cuando se integra con decisiones pertinentes y servicios coordinados. La segmentación, la recomendación y el apoyo comercial necesitan evaluarse junto con autonomía, privacidad y calidad de experiencia. El valor de una relación no se reduce a interacción inmediata ni a precisión predictiva: depende de utilidad sostenida, cumplimiento y posibilidades de corrección. La organización inteligente aprende de sus clientes sin convertirlos en perfiles inmutables. El capítulo siguiente abordará finanzas, riesgo y toma de decisiones, manteniendo la distinción entre estimaciones algorítmicas, criterios institucionales y responsabilidad sobre las actuaciones adoptadas.

Aplicaciones de la IA en finanzas, gestión del riesgo y toma de decisiones

La inteligencia artificial puede ampliar la capacidad de analizar información financiera, anticipar acontecimientos y comparar alternativas. Su contribución depende de distinguir lo que un modelo estima de aquello que la organización decide hacer. Una probabilidad, un pronóstico o una alerta no contienen por sí mismos los criterios necesarios para aceptar riesgos, distribuir recursos o justificar actuaciones. Esas decisiones requieren objetivos explícitos, evidencia pertinente y responsabilidades identificables.

Este capítulo examina la analítica predictiva y prescriptiva aplicada a decisiones estratégicas; después, aborda finanzas y pronósticos. A continuación, estudia gestión del riesgo, fraude y anomalías. Finalmente, desarrolla criterios para sistemas de apoyo a la decisión y autonomía algorítmica. Se mantiene la orientación de los capítulos anteriores: evaluar el sistema completo, reconocer incertidumbre y conservar capacidad de revisión. El propósito es explicar cómo utilizar capacidades analíticas sin confundir precisión técnica, conveniencia económica y legitimidad de las decisiones adoptadas.



7.1. Analítica predictiva y prescriptiva para decisiones estratégicas

7.1.1. Predicción, explicación y formulación del problema decisional

La analítica predictiva estima resultados desconocidos a partir de información disponible. En decisiones estratégicas, puede contribuir a anticipar necesidades de recursos, incumplimientos o cambios de demanda. Sin embargo, su formulación necesita identificar qué resultado se pretende estimar, para qué periodo y con qué finalidad. Una previsión demasiado agregada puede resultar insuficiente para actuar, mientras que un detalle excesivo puede introducir variabilidad sin utilidad adicional. La selección debe corresponder al nivel de decisión. También importa distinguir acontecimientos futuros de condiciones presentes todavía no observadas, pues ambos problemas pueden utilizar predicción, aunque exigen información y procedimientos de evaluación diferentes.

Shmueli (2010) distingue modelización orientada a explicación y predicción, mostrando que sus objetivos no deben tratarse como equivalentes. Esta diferencia resulta relevante cuando una organización interpreta variables predictivas como causas sobre las que conviene intervenir. Una característica puede ayudar a anticipar dificultades sin que modificarla produzca el resultado deseado. Por ejemplo, una asociación entre retrasos y determinados trámites puede reflejar complejidad subyacente, no un efecto directo de su clasificación. La decisión requiere comprender qué representa la relación y qué evidencia permite sostener una intervención. Un buen desempeño predictivo no reemplaza el análisis causal cuando la pregunta consiste en cambiar resultados.

Kleinberg et al. (2015) examinan problemas de decisión donde mejorar predicciones puede aportar valor, diferenciándolos de preguntas que requieren estimar efectos de actuaciones. Esta perspectiva permite precisar el papel del modelo. Si se busca preparar recursos ante demanda prevista, puede ser suficiente una predicción adecuada dentro de condiciones conocidas. Si se pretende determinar cómo una nueva política alterará esa demanda, se necesita evidencia adicional. La organización debe formular primero la pregunta decisional y después seleccionar el enfoque analítico. Esta secuencia evita utilizar técnicas disponibles para responder preguntas distintas de aquellas que realmente justifican la intervención y sus consecuencias institucionales.

La definición debe incluir acciones disponibles, restricciones y criterios de resultado. Un modelo que anticipa incumplimiento aporta poco si no existen alternativas de acompañamiento, revisión o reorganización. Asimismo, debe precisarse qué información estará disponible antes de actuar y qué consecuencias tendrá equivocarse. Estas condiciones permiten decidir si la predicción debe orientar una investigación, una recomendación o una acción automática. La formulación estratégica también necesita reconocer quiénes pueden resultar afectados. La capacidad de estimar no habilita cualquier uso: la pertinencia depende de la relación entre finalidad, evidencia y consecuencias, manteniendo coherencia con los criterios institucionales establecidos en el capítulo cuarto.

7.1.2. Prescripción, objetivos y restricciones de decisión

La analítica prescriptiva compara acciones para identificar alternativas convenientes según objetivos y restricciones. Puede combinar predicciones con optimización, simulación y reglas de decisión. Bertsimas y Kallus (2020) desarrollan un marco para conectar información y selección de acciones mediante métodos de aprendizaje y optimización. Como se señaló en el apartado 5.2, anticipar resultados y decidir actuaciones son operaciones distintas. En el ámbito estratégico, esta conexión requiere especificar qué se considera valioso y qué condiciones deben mantenerse. La recomendación obtenida depende de esa formulación; por tanto, un resultado matemáticamente óptimo expresa conveniencia dentro del modelo, no superioridad universal para la organización.

Los objetivos pueden incluir rentabilidad, liquidez, continuidad y calidad de servicio. Algunas decisiones presentan tensiones que no deben ocultarse dentro de una puntuación sin explicación. Reducir reservas puede mejorar utilización inmediata de recursos y disminuir protección frente a interrupciones. Aumentar cobertura puede requerir aceptar costos adicionales. La formulación debe distinguir restricciones obligatorias de preferencias susceptibles de compensación. También necesita examinar quién define ponderaciones y cómo se justifican. Cuando diferentes alternativas presentan ventajas y desventajas, puede resultar más útil mostrar opciones eficientes y sus implicaciones que imponer una clasificación única basada en pesos cuya legitimidad institucional no ha sido discutida.

La incertidumbre puede representarse mediante distribuciones, escenarios o intervalos, según información y propósito. La optimización estocástica incorpora probabilidades bajo supuestos definidos, mientras que enfoques robustos buscan decisiones con comportamiento aceptable frente a conjuntos de condiciones. Ningún procedimiento elimina incertidumbre ni corrige automáticamente una representación incompleta del problema. Las probabilidades pueden ser difíciles de estimar y los escenarios pueden omitir acontecimientos relevantes. Por ello, deben examinarse sensibilidad y límites de aplicación. Una recomendación que cambia radicalmente ante pequeñas variaciones requiere interpretación cuidadosa, especialmente cuando compromete recursos difíciles de recuperar o afecta funciones necesarias para mantener operaciones y servicios.

Las restricciones deben representar posibilidades reales de actuación. Una asignación puede resultar inviable si presupone personal disponible, autorizaciones inexistentes o transferencias que requieren plazos mayores. También deben considerarse decisiones interdependientes y efectos posteriores. Optimizar una unidad sin examinar relaciones puede desplazar costos hacia otra. La validación necesita participación de responsables operativos y comparación con alternativas comprensibles. Las recomendaciones pueden presentarse junto con supuestos críticos y condiciones que obligarían a revisarlas. Esta información convierte la prescripción en apoyo para deliberar y permite que la organización conserve capacidad de actuar cuando el entorno difiere de lo previsto por el sistema analítico.

7.1.3. Evaluación de políticas y valor de la información

La calidad de una política decisional debe examinarse mediante sus consecuencias, además de precisión de sus estimaciones. Dos modelos con desempeño parecido pueden conducir a decisiones diferentes cuando sus errores se concentran en casos de distinta importancia. Asimismo, reducir error promedio puede aportar poco si no modifica actuaciones. La evaluación debe relacionar predicción, regla de decisión y resultado. Conviene utilizar comparaciones de referencia que representen procedimientos vigentes y alternativas sencillas. El objetivo consiste en comprobar si la nueva combinación mejora resultados relevantes bajo condiciones comparables, evitando atribuir valor organizacional a incrementos técnicos cuya utilidad práctica no ha sido demostrada.

La simulación histórica permite reconstruir decisiones con información disponible en momentos anteriores. Su validez requiere respetar secuencia temporal y evitar datos conocidos posteriormente. También debe reconocerse que las decisiones históricas influyeron en los resultados observados. Si una organización solo aprobó determinadas solicitudes, no conoce directamente cómo habrían evolucionado las rechazadas bajo condiciones equivalentes. Esta selección limita comparaciones y exige supuestos adicionales. Los métodos de evaluación deben declarar esas restricciones, en lugar de tratar registros disponibles como observaciones completas de todas las alternativas. La evidencia retrospectiva puede orientar diseño, pero necesita contrastes adicionales antes de justificar cambios de gran consecuencia.

El valor de la información depende de cuánto puede mejorar una decisión y del costo de obtenerla. Incorporar variables adicionales puede aumentar precisión sin modificar la alternativa elegida. En ese caso, su contribución operativa puede ser limitada. Asimismo, una medición costosa o tardía puede resultar menos útil que información suficiente disponible oportunamente. La organización debe comparar beneficio esperado y recursos necesarios, incluyendo esfuerzo de interpretación y protección. Este análisis ayuda a evitar acumulación indiscriminada de datos. También permite identificar cuándo conviene investigar más y cuándo corresponde actuar con incertidumbre reconocida, porque esperar introduce consecuencias mayores que las asociadas con una estimación imperfecta.

La revisión estratégica necesita combinar resultados observados y examen de mecanismos. Cuando una política mejora indicadores, debe investigarse si el cambio proviene de decisiones más pertinentes o de alteraciones en registros y población atendida. También conviene considerar efectos distributivos y consecuencias no incluidas inicialmente. Las evaluaciones cuantitativas pueden complementarse con análisis de casos y experiencia de responsables. Esta combinación permite comprender condiciones de funcionamiento y revisar supuestos. La analítica estratégica aporta valor cuando mejora decisiones y aprendizaje institucional, conservando capacidad de explicar qué evidencia respalda una recomendación y qué aspectos requieren juicio adicional antes de comprometer actuaciones de la organización.

7.2. Inteligencia artificial en finanzas y pronósticos

7.2.1. Planificación financiera y anticipación de flujos

La planificación financiera relaciona actividades previstas con recursos y obligaciones. La IA puede apoyar estimaciones de ingresos, cobros, pagos y necesidades de liquidez, utilizando información pertinente sobre operaciones y comportamiento histórico. Debe distinguirse venta, ingreso contable y entrada de efectivo, pues representan acontecimientos diferentes. Una organización puede registrar resultados favorables y enfrentar dificultades de liquidez si los cobros se retrasan. Por ello, el problema predictivo debe formularse según la decisión que se pretende apoyar. El modelo necesita identificar fechas y magnitudes relevantes, conservando coherencia con políticas contables y procedimientos de registro, sin reemplazar criterios profesionales mediante asociaciones estadísticas no verificadas.

Los pronósticos de flujo de efectivo pueden combinar obligaciones conocidas con componentes inciertos. Un calendario contractual ofrece información distinta de una estimación sobre cobros futuros. Conviene conservar esa separación para comunicar qué parte depende de compromisos registrados y cuál procede de inferencias. También deben considerarse pagos extraordinarios y cambios de condiciones que el historial no refleja adecuadamente. Las fuentes necesitan reconciliación y trazabilidad, conforme al capítulo tercero. Integrar datos no significa sumar indiscriminadamente registros: una misma operación puede aparecer en varios sistemas. Evitar duplicaciones y distinguir estados resulta indispensable para que la previsión represente recursos y obligaciones de manera interpretable.

El presupuesto expresa decisiones y compromisos de gestión, mientras que el pronóstico estima resultados bajo información y supuestos determinados. Confundir ambas funciones puede generar incentivos para ajustar previsiones a metas deseadas. Una estimación analítica debe poder mostrar diferencias sin que ello se interprete automáticamente como incumplimiento profesional. La organización necesita discutir causas y opciones de actuación. Asimismo, una meta no debe introducirse como si fuera observación real durante el entrenamiento. Mantener claridad entre

objetivos, escenarios y resultados permite utilizar la IA para anticipar dificultades y revisar decisiones, en lugar de producir cifras que únicamente reproducen expectativas de la dirección.

La coordinación financiera requiere conectar previsiones con acciones disponibles. Si se anticipa una restricción de liquidez, pueden examinarse calendarios, prioridades y alternativas autorizadas, considerando consecuencias para operaciones y relaciones. El sistema no debe ejecutar cambios fuera de su alcance ni presentar una opción como obligatoria por haber obtenido mejor puntuación. Las decisiones necesitan evaluar compromisos y condiciones que no siempre aparecen en los datos. La utilidad se aprecia cuando la información llega con anticipación suficiente y permite comparar respuestas factibles. Así, el pronóstico se integra con planificación y seguimiento, manteniendo responsabilidad humana sobre compromisos financieros y criterios de actuación institucional.

7.2.2. Análisis financiero, evaluación y apoyo documental

La IA puede contribuir a clasificar operaciones, conciliar registros y localizar discrepancias para revisión. En estas tareas es importante distinguir preparación y aprobación. Proponer una categoría no equivale a validar su tratamiento definitivo, especialmente cuando existen condiciones particulares. Las reglas contables y los documentos autorizados deben orientar decisiones, mientras que los modelos pueden facilitar búsqueda y comparación. La calidad exige conservar vínculos con operaciones originales y explicar ajustes. Asimismo, deben establecerse controles para evitar que una corrección automática oculte discrepancias. El propósito consiste en reducir trabajo repetitivo y mejorar consistencia, manteniendo evidencia suficiente para supervisar y reconstruir actuaciones realizadas.

Los sistemas generativos pueden preparar resúmenes y borradores de informes financieros, aunque su fluidez no garantiza exactitud. Los cálculos materiales deben ejecutarse mediante procedimientos verificables y contrastarse con fuentes autorizadas. También conviene separar cifras confirmadas, estimaciones y comentarios interpretativos. Un texto puede ser lingüísticamente coherente y mezclar periodos o unidades incompatibles. Por ello, la revisión necesita examinar correspondencia entre afirmaciones y registros. Las herramientas pueden ayudar a estructurar información y recuperar documentación, pero no deben inventar causas para explicar variaciones. Cuando no existe evidencia suficiente, corresponde identificar incertidumbre y solicitar análisis adicional antes de incorporar conclusiones a comunicaciones institucionales.

La evaluación de solicitudes de financiamiento puede utilizar modelos para estimar riesgos y apoyar revisión. Su alcance requiere particular cautela porque las decisiones pueden afectar acceso y condiciones para personas y organizaciones. Una puntuación predictiva no constituye una justificación completa. Deben examinarse calidad de información, representatividad y posibles variables sustitutivas de condiciones sensibles. También importa distinguir riesgo estimado y criterios de elegibilidad establecidos. La decisión debe conservar mecanismos de revisión y explicaciones pertinentes, considerando obligaciones aplicables en cada contexto. El tratamiento normativo se desarrollará en el capítulo noveno; aquí se mantiene la necesidad de validar y delimitar los usos con consecuencias relevantes.

La asignación de capital entre proyectos requiere conectar expectativas de resultado, recursos y exposición. Los modelos pueden apoyar escenarios y comparaciones, pero deben distinguir rentabilidad estimada y resultado asegurado. También es necesario considerar correlaciones entre iniciativas: varios proyectos pueden depender de una misma condición de mercado o proveedor. Evaluarlos separadamente puede ocultar concentración. La selección debe incorporar restricciones y propósito, evitando reducir toda prioridad a un indicador financiero único. Los criterios del

apartado 5.4 proporcionan una base para examinar costos y beneficios. La IA amplía capacidad analítica cuando hace visibles supuestos y alternativas, sin sustituir deliberación sobre compromisos y riesgos aceptables.

7.2.3. Validación de pronósticos y escenarios financieros

La evaluación de pronósticos debe reproducir condiciones de utilización y comparar horizontes pertinentes. Hyndman y Athanasopoulos (2021) explican procedimientos para evaluar predicciones fuera de los datos utilizados en su ajuste. En finanzas organizacionales, ello exige reconstruir qué información estaba disponible al elaborar cada previsión. También deben distinguirse revisiones posteriores y registros originales. Utilizar cifras corregidas retroactivamente puede ofrecer una imagen demasiado favorable del desempeño. La comparación con métodos sencillos ayuda a justificar complejidad. Las métricas necesitan relacionarse con decisiones, pues el mismo error puede tener consecuencias diferentes según ocurra en periodos con recursos suficientes o próximos a restricciones críticas de liquidez.

Los intervalos de predicción comunican incertidumbre sobre resultados futuros bajo condiciones y supuestos del procedimiento. Su interpretación necesita claridad respecto del horizonte y del comportamiento observado. Un intervalo estrecho no demuestra calidad si excluye frecuentemente los resultados reales. También debe distinguirse incertidumbre del pronóstico y variación entre escenarios. Un escenario describe una combinación de supuestos y no necesariamente posee una probabilidad estimable. La comunicación financiera debe evitar presentar hipótesis como hechos. Mostrar valores centrales junto con rangos y condiciones permite preparar respuestas, siempre que se expliquen limitaciones y no se atribuya precisión excesiva a información que permanece incompleta o cambiante.

Las pruebas de tensión examinan consecuencias bajo condiciones adversas definidas. Pueden considerar retrasos de cobro, cambios de demanda o interrupciones de financiación, según la organización. Su finalidad es identificar vulnerabilidades y capacidad de respuesta, no necesariamente anticipar el acontecimiento más probable. Conviene examinar combinaciones y dependencias, evitando asumir que todas las variables cambian de manera independiente. También deben definirse acciones posibles y restricciones. Un escenario adverso aporta poco si el análisis termina en una cifra sin interpretación operativa. La IA puede apoyar exploración y cálculo, mientras que la selección de condiciones relevantes exige conocimiento del entorno y revisión institucional.

El Financial Stability Board (FSB, 2024) identifica vulnerabilidades relacionadas con dependencias de terceros, correlaciones de mercado, ciberseguridad y riesgo de modelos. Su informe muestra que los beneficios financieros deben examinarse junto con exposiciones nuevas o ampliadas por la IA. Para una organización, esta perspectiva aconseja conocer qué servicios y fuentes sostienen sus análisis y qué sucedería ante fallos compartidos. Utilizar varios modelos no garantiza independencia si dependen de información o proveedores semejantes. La continuidad financiera requiere alternativas y procedimientos de revisión, conservando capacidad para interpretar y actuar cuando las salidas automatizadas dejan de representar adecuadamente las condiciones de operación.

La Figura 7.1 integra datos, pronósticos y escenarios como apoyos para decisiones financieras, considerando incertidumbre, restricciones y juicio humano en la evaluación de las alternativas disponibles.

Figura 7.1

Integración de pronósticos, escenarios y decisiones financieras



Los pronósticos ofrecen estimaciones condicionadas por datos y supuestos; los escenarios exploran alternativas. Las decisiones requieren valorar riesgos y revisar resultados sin asumir certezas ni rendimientos garantizados.

7.3. Gestión del riesgo, detección de fraude y anomalías

7.3.1. Delimitación del riesgo y significado de las anomalías

La gestión del riesgo requiere identificar incertidumbres que pueden afectar objetivos y establecer respuestas proporcionadas. La IA puede ayudar a examinar señales y priorizar revisiones, pero no define por sí misma qué exposición resulta aceptable. Deben distinguirse riesgos operativos, financieros y estratégicos según necesidades del análisis, reconociendo relaciones entre ellos. Una interrupción tecnológica puede afectar cobros, atención y reputación simultáneamente. El sistema debe situarse dentro de mecanismos existentes de responsabilidad y control. Incorporar predicciones sin una política de respuesta produce información adicional, aunque no necesariamente una mejor gestión de consecuencias o una mayor capacidad de anticipación institucional.

Una anomalía es una observación que se aparta de patrones o criterios definidos. Puede representar error de registro, actividad legítima poco frecuente o conducta que requiere investigación. Por tanto, anomalía y fraude no son equivalentes. Un gasto extraordinario puede ser válido, y un fraude puede imitar comportamientos habituales. La detección necesita definir el contexto de comparación y las razones para revisar. También importa evitar etiquetas concluyentes antes de comprobar hechos. La salida del modelo debe expresar el alcance de la evidencia disponible y conservar procedimientos que permitan distinguir una señal estadística de una conclusión institucional sobre responsabilidad o incumplimiento.

Los enfoques supervisados requieren ejemplos etiquetados, mientras que otros métodos identifican desviaciones sin disponer de casos confirmados suficientes. También pueden utilizarse reglas y análisis de relaciones para complementar señales. La selección debe responder a condiciones de observación y objetivos de revisión. Un comportamiento individual puede parecer habitual y formar parte de una relación inusual entre entidades. Sin embargo, compartir características o conexiones no demuestra conducta indebida. Las asociaciones necesitan interpretación y contraste. La organización debe evaluar si los datos representan adecuadamente las relaciones y si las alertas aportan información accionable, evitando convertir proximidad o coincidencia en evidencia

suficiente de una infracción.

La criticidad debe orientar prioridades y controles. Una desviación menor puede requerir corrección administrativa, mientras que otra puede justificar revisión urgente. La respuesta necesita considerar impacto, reversibilidad y calidad de evidencia. También debe definirse qué información adicional se necesita antes de actuar. Estas decisiones evitan que todas las alertas reciban el mismo tratamiento o que una puntuación sustituya análisis profesional. El proceso debe conservar registros y proteger información de las personas involucradas. La gestión del riesgo basada en IA mejora cuando facilita investigación y respuesta, manteniendo proporcionalidad entre aquello que se observa y las consecuencias de las medidas que se adoptan.

7.3.2. Detección de fraude y evaluación con eventos poco frecuentes

Dal Pozzolo et al. (2018) estudian detección de fraude en tarjetas considerando condiciones operativas que dificultan trasladar resultados experimentales a sistemas reales. Entre los aspectos relevantes se encuentran evolución de comportamientos y disponibilidad de retroalimentación. Esta perspectiva permite reconocer que un conjunto estático no reproduce completamente el problema. Las etiquetas pueden conocerse con retraso y los casos investigados pueden representar solo una parte de las operaciones. La evaluación necesita respetar secuencia temporal y condiciones de revisión. También debe distinguir casos confirmados, sospechas y operaciones todavía pendientes, evitando tratar ausencia de confirmación como prueba inmediata de legitimidad o de conducta fraudulenta.

Cuando el evento es poco frecuente, una proporción global de aciertos puede resultar engañosa. Considérese un ejemplo hipotético de 10 000 operaciones, con 100 casos fraudulentos. Si un sistema detecta 80 y señala erróneamente 99 operaciones legítimas, produce 179 alertas, de las cuales aproximadamente el 44,7 % corresponde a fraude. La ilustración muestra que una baja proporción de falsas alertas sobre operaciones legítimas puede generar una carga considerable de revisión. Por ello, deben examinarse precisión, sensibilidad y cantidades absolutas. Las métricas requieren interpretación según frecuencia del evento y consecuencias, sin presentar valores aislados como garantía de utilidad para cualquier entorno operativo.

Los umbrales deben relacionarse con capacidad de investigación y consecuencias de cada respuesta. Bloquear una operación, solicitar verificación y remitir a revisión presentan costos diferentes. Puede ser apropiado utilizar niveles de actuación, manteniendo condiciones para reconsiderar decisiones. También debe examinarse el efecto sobre usuarios legítimos, pues interrupciones repetidas pueden deteriorar acceso y confianza. La evaluación necesita incluir tiempos de resolución y calidad de investigación, además de pérdidas detectadas. El sistema completo puede funcionar deficientemente si identifica casos pertinentes pero los remite a una cola sin capacidad suficiente. La política debe coordinar señales, recursos y mecanismos de respuesta proporcional.

La retroalimentación puede introducir selección porque suelen investigarse prioritariamente los casos señalados. Si únicamente esos resultados alimentan entrenamiento, el modelo puede aprender de una visión parcial y reforzar sus propias preferencias de revisión. Conviene establecer procedimientos de evaluación que ayuden a conocer desempeño fuera de los casos habituales, bajo condiciones justificadas y sin omitir controles necesarios. También debe vigilarse adaptación de conductas y cambios legítimos de operación. Los métodos requieren mantenimiento, pero reentrenar automáticamente no resuelve etiquetas deficientes o decisiones de investigación sesgadas. La mejora exige revisar cómo se produce y confirma la evidencia utilizada para aprender y evaluar.

La Figura 7.2 muestra cómo las alertas de posible fraude se detectan, priorizan e investigan antes de adoptar decisiones documentadas, con revisión humana y retroalimentación controlada.

Figura 7.2

Detección, investigación y resolución de alertas de posible fraude



Una alerta señala la necesidad de investigar; no acredita fraude. Su resolución exige contrastar evidencia, documentar decisiones y aplicar medidas proporcionales mediante los procedimientos institucionales establecidos.

7.3.3. Riesgo del modelo y respuesta institucional

El riesgo del modelo incluye consecuencias derivadas de errores de diseño, datos inadecuados o utilización fuera del alcance validado. Una herramienta puede funcionar según especificación y resultar inapropiada para una finalidad distinta. Por ello, cada aplicación necesita límites y condiciones de revisión. También deben documentarse dependencias y supuestos, conforme a las prácticas de MLOps del apartado 3.4. La supervisión debe diferenciar deterioro de datos y cambios de comportamiento, evitando respuestas uniformes ante problemas diferentes. El mantenimiento necesita criterios para corregir, restringir o suspender uso, considerando la posibilidad de operar mediante procedimientos alternativos cuando la evidencia disponible deja de ser suficiente.

La validación debe aportar una revisión suficientemente independiente de las decisiones de desarrollo y uso. La independencia requiere capacidad de cuestionar supuestos y acceso a información, no necesariamente una estructura compleja idéntica para toda organización. Deben examinarse definiciones, evaluación temporal y consecuencias de errores. También conviene comparar con alternativas y estudiar segmentos o condiciones de mayor dificultad. Una explicación técnica detallada no reemplaza estas comprobaciones. La organización necesita saber si el sistema aporta resultados pertinentes y si existen condiciones donde su utilización podría producir daños. Los hallazgos deben traducirse en decisiones y acciones, evitando informes que permanecen separados de la operación.

Las amenazas pueden afectar información de entrada, componentes o utilización de resultados. En aplicaciones generativas, documentos o instrucciones no confiables pueden alterar comportamientos si no existen controles adecuados. En otros sistemas, cambios de datos o accesos indebidos pueden producir señales falsas o impedir revisión. La protección necesita coordinar funciones técnicas y operativas, conservando trazabilidad y capacidad de recuperación. Este capítulo se concentra en decisiones de riesgo; la ciberseguridad y su articulación con gobernanza se desarrollarán en el

capítulo noveno. Desde ahora, la selección de aplicaciones debe contemplar efectos de fallos y evitar que un componente analítico se convierta en un punto único de dependencia.

El FSB (2025) amplía el análisis de seguimiento de adopción y vulnerabilidades de IA, incluyendo dependencias y concentración de proveedores. Esta perspectiva refuerza la necesidad de observar exposiciones conjuntas, además del desempeño individual de modelos. Para una organización, conviene identificar servicios críticos, posibilidades de sustitución y componentes compartidos entre aplicaciones. La diversidad comercial no siempre equivale a independencia tecnológica. También deben prepararse procedimientos para incidentes y comprobar que pueden ejecutarse. La gestión del riesgo requiere información y capacidad de respuesta: conocer una vulnerabilidad aporta poco si no existen responsables, recursos y alternativas para reducir o contener sus consecuencias institucionales.

7.4. Sistemas de apoyo a la decisión y autonomía algorítmica

7.4.1. Funciones de apoyo y distribución de autoridad

Un sistema de apoyo a la decisión organiza información y capacidades analíticas para facilitar actuaciones humanas. Puede mostrar indicadores, comparar escenarios o proponer alternativas, sin ejecutar necesariamente la decisión final. Su diseño debe comenzar por necesidades de quienes deciden y por las condiciones del trabajo. Un tablero con numerosas cifras puede aumentar carga si no permite reconocer prioridades y fuentes. La información debe presentarse con contexto, oportunidad e incertidumbre pertinente. También debe distinguirse qué parte corresponde a observación, qué procede de estimación y qué expresa una recomendación. Esta separación permite examinar evidencia y evita que una presentación uniforme oculte diferencias importantes de fundamento.

Parasuraman et al. (2000) proponen analizar automatización según funciones y niveles de interacción humana. Su marco distingue actividades vinculadas con adquisición de información, análisis, selección de decisiones y ejecución. Esta perspectiva ayuda a evitar una división demasiado simple entre procesos manuales y automáticos. Una organización puede automatizar recopilación y mantener selección bajo revisión, o permitir determinadas actuaciones dentro de límites previamente establecidos. El grado de autonomía debe definirse para cada función. No basta con afirmar que una persona supervisa el sistema: es necesario precisar qué puede observar, en qué momento interviene y qué autoridad conserva para modificar o detener una actuación.

La autonomía debe corresponder a impacto, reversibilidad y condiciones de control. Una acción rutinaria de bajo efecto puede admitir ejecución delimitada, mientras que decisiones con consecuencias importantes requieren garantías adicionales. También importa el tiempo disponible para intervenir. Si el sistema actúa antes de que una persona pueda examinar la información, su presencia nominal no constituye supervisión efectiva. La organización debe establecer límites de alcance, recursos y duración, además de condiciones de escalamiento. Las capacidades de IA agéntica se abordarán en el capítulo décimo; aquí interesa que cualquier delegación conserve una definición institucional de autoridad y mecanismos que hagan posible ejercerla.

La selección de autonomía necesita evaluar el sistema completo y no solo precisión del modelo. Deben considerarse calidad de entradas, funcionamiento de herramientas y posibilidad de corregir resultados. Una recomendación correcta puede convertirse en acción equivocada por errores de integración o interpretación. Por ello, las pruebas deben incluir recorridos operativos y situaciones excepcionales. También es necesario comprobar que los controles siguen disponibles bajo carga y

durante incidentes. La automatización se justifica cuando aporta beneficios verificables dentro de condiciones aceptables. Su alcance debe poder reducirse cuando aparecen señales de deterioro, sin que ello implique perder trazabilidad o capacidad de continuidad institucional.

La Tabla 7.1 distingue funciones de apoyo y criterios para delimitar autonomía algorítmica, considerando consecuencias, reversibilidad y posibilidades efectivas de supervisión e intervención humana durante su utilización.

Tabla 7.1

Funciones de apoyo y criterios para delimitar la autonomía algorítmica

Función	Apoyo que puede proporcionar la IA	Criterios para delimitar la autonomía	Controles e intervención humana
Adquisición y organización de información	Recuperar documentos, extraer datos y reunir antecedentes pertinentes.	Procedencia, permisos de acceso, sensibilidad de la información y consecuencias de omitir o incorporar registros incorrectos.	Delimitar fuentes y accesos; conservar trazabilidad; comprobar integridad y remitir inconsistencias a revisión.
Análisis y estimación	Clasificar casos, reconocer patrones y producir pronósticos o probabilidades.	Validez para la finalidad prevista, calidad de datos, incertidumbre y diferencias de desempeño entre condiciones de uso.	Validar resultados; vigilar cambios; distinguir estimaciones de hechos; solicitar revisión cuando la evidencia sea insuficiente.
Generación y comparación de alternativas	Proponer opciones y explorar escenarios según objetivos y restricciones.	Correspondencia con el problema, cobertura de alternativas, coherencia de supuestos y representación de restricciones reales.	Revisar factibilidad; contrastar con opciones de referencia; explicitar compensaciones y evitar presentar una propuesta como única solución posible.
Recomendación y priorización	Ordenar casos o sugerir actuaciones mediante criterios establecidos.	Consecuencias de los errores, legitimidad de los criterios, capacidad de atención y efectos sobre oportunidades o acceso.	Comunicar criterios y límites; permitir desacuerdo fundamentado; revisar resultados de mayor impacto y disponer de mecanismos de reconsideración.
Preparación de actuaciones	Elaborar borradores, completar formularios o configurar operaciones pendientes de autorización.	Posibilidad de verificar el contenido, separación entre preparación y ejecución, y consecuencias de una confirmación equivocada.	Identificar el estado pendiente; comprobar datos y destinatarios; requerir aprobación cuando corresponda; evitar ejecución implícita.
Ejecución delimitada	Realizar acciones previamente autorizadas dentro de condiciones y permisos definidos.	Impacto, reversibilidad, alcance, recursos comprometidos y capacidad de detectar y contener errores.	Aplicar permisos mínimos, validaciones y límites; registrar acciones; habilitar suspensión y procedimientos alternativos o de reparación.

Función	Apoyo que puede proporcionar la IA	Criterios para delimitar la autonomía	Controles e intervención humana
Seguimiento y escalamiento	Vigilar estados, detectar desviaciones y trasladar situaciones a responsables.	Calidad de las alertas, tiempo disponible para responder, capacidad de supervisión y gravedad de las consecuencias.	Definir responsables y condiciones de escalamiento; comprobar recepción; evitar alertas sin respuesta y verificar resolución.

Nota. Las funciones pueden combinarse y no representan una secuencia obligatoria ni niveles universales de autonomía. La delegación debe justificarse para cada función y contexto. La presencia nominal de una persona no demuestra supervisión efectiva: esta requiere información, competencias, tiempo y autoridad para intervenir.

7.4.2. Juicio humano, explicaciones y supervisión efectiva

La interacción con recomendaciones puede modificar el comportamiento de quienes deciden. Una presentación convincente puede favorecer aceptación sin examen, mientras que experiencias negativas pueden producir rechazo incluso ante resultados útiles. El diseño debe facilitar evaluación proporcionada, evitando confianza automática y desconfianza indiscriminada. La formación necesita abordar capacidades y límites mediante situaciones relevantes para el trabajo. También deben existir incentivos compatibles con revisión: si se exige aceptar rápidamente numerosas propuestas, resulta difícil sostener juicio independiente. La calidad de supervisión depende de condiciones organizacionales, no únicamente de la responsabilidad individual de una persona situada al final del procedimiento.

Phillips et al. (2021) proponen principios de explicabilidad relacionados con proporcionar explicaciones, hacerlas significativas, mantener fidelidad y reconocer límites de conocimiento. Esta orientación permite distinguir una explicación comprensible de una justificación correcta del funcionamiento. En apoyo decisional, señalar variables influyentes puede ayudar a revisar, pero no demuestra causalidad ni convierte una recomendación en legítima. Las explicaciones deben adaptarse a sus destinatarios y a la decisión. Quien valida un modelo necesita información distinta de quien solicita revisión de un resultado. La organización debe definir qué comprensión se requiere y comprobar que las explicaciones facilitan actuar, en lugar de generar una sensación infundada de control.

La revisión humana necesita acceso a evidencias y posibilidad de obtener información adicional. Mostrar únicamente una puntuación y exigir confirmación limita capacidad de cuestionar. También conviene permitir registrar desacuerdos y motivos de modificación, sin asumir que toda desviación humana es correcta o incorrecta. Esos registros pueden revelar condiciones no representadas o problemas de comprensión. Su análisis debe evitar incentivos para justificar decisiones mediante fórmulas vacías. La supervisión efectiva combina autoridad, competencias y tiempo suficiente. Cuando estas condiciones no pueden mantenerse, corresponde revisar el alcance de automatización o reorganizar el proceso antes de atribuir responsabilidad a una intervención meramente formal.

La evaluación debe comparar desempeño conjunto de personas y sistemas. Una herramienta precisa puede empeorar decisiones si aumenta confusión o induce dependencia. En sentido contrario, una recomendación imperfecta puede aportar valor cuando se integra con conocimiento profesional y controles adecuados. Las pruebas deben examinar condiciones habituales y excepcionales, incluyendo situaciones donde el modelo se equivoca. También importa conservar competencias para actuar sin apoyo automatizado cuando sea necesario. El objetivo no consiste en demostrar superioridad abstracta de personas o algoritmos, sino en construir una distribución de funciones que produzca decisiones pertinentes y mantenga capacidad institucional de detectar, explicar y

corregir errores.

7.4.3. Trazabilidad, revisión y responsabilidad sobre decisiones

La trazabilidad decisional requiere conservar elementos suficientes para reconstruir qué información se utilizó y cómo se adoptó una actuación. Según impacto y contexto, puede incluir versiones, resultados, reglas y revisiones humanas. Debe diseñarse con criterios de necesidad, evitando registrar indiscriminadamente información sensible. Su utilidad consiste en facilitar investigación y rendición de cuentas, no en acumular archivos imposibles de interpretar. También deben definirse accesos y conservación. En sistemas generativos, una explicación producida después de actuar no debe confundirse con un registro fiel del proceso. La evidencia debe relacionarse con acontecimientos verificables y con componentes efectivamente utilizados en la decisión institucional.

Los mecanismos de revisión permiten cuestionar resultados y corregir información o actuaciones. Deben ser accesibles para quienes puedan verse afectados y contar con responsables capaces de interpretar el caso. Una revisión que reproduce automáticamente la misma puntuación aporta escasa oportunidad de reconsideración. También conviene examinar efectos posteriores de una corrección para evitar que componentes dependientes mantengan decisiones desactualizadas. La organización debe comunicar resultados con claridad y distinguir límites técnicos de razones institucionales. Esta capacidad conecta apoyo decisional y confianza, conforme al capítulo sexto, y evita que la automatización se convierta en una barrera que impida comprender o corregir consecuencias relevantes.

La responsabilidad necesita distribuirse entre quienes definen objetivos, desarrollan sistemas, validan y utilizan resultados. Esa distribución debe conservar coherencia y evitar vacíos entre funciones. Un proveedor puede responder por aspectos contractuales, mientras la organización mantiene decisiones sobre finalidad y alcance. La delegación tecnológica no elimina la necesidad de identificar quién autoriza y quién interviene ante incidentes. También debe existir revisión periódica de la conveniencia del uso. Una aplicación puede perder pertinencia aunque conserve desempeño técnico. El marco de gobernanza se desarrollará posteriormente; aquí se establece que cada grado de autonomía exige responsabilidades y controles compatibles con las consecuencias de las actuaciones permitidas.

Las aplicaciones examinadas muestran que mejorar decisiones requiere articular predicción, criterios de elección y capacidad de actuación. En finanzas y riesgo, la IA puede ampliar análisis y anticipación, pero sus resultados necesitan validación y contextualización. Los sistemas de apoyo deben conservar juicio profesional y posibilidades de revisión, mientras la autonomía requiere límites y supervisión efectiva. La organización inteligente utiliza estimaciones para aprender y decidir con fundamento, reconociendo incertidumbre y responsabilidad sobre consecuencias. El capítulo siguiente abordará talento humano, cultura y gestión del cambio, profundizando en las condiciones que permiten sostener esta colaboración entre personas y tecnologías dentro del trabajo organizacional.

Talento humano, cultura organizacional y gestión del cambio

La transformación digital con inteligencia artificial modifica actividades, relaciones de trabajo y condiciones de aprendizaje. Sus resultados dependen de decisiones sobre responsabilidades, competencias y participación, además de capacidades técnicas. Como se explicó en el capítulo anterior, disponer de supervisión humana exige que las personas cuenten con información, autoridad y tiempo para ejercerla. Estas condiciones se construyen mediante organización del trabajo y prácticas de dirección coherentes.

Este capítulo examina la transformación del trabajo y las nuevas competencias; después, estudia la gestión del talento apoyada por IA. A continuación, analiza cultura digital, liderazgo y gestión del cambio. Finalmente, aborda colaboración humano-máquina y bienestar laboral. El enfoque reconoce a los trabajadores como participantes de la transformación y portadores de conocimiento institucional. La incorporación de tecnología se evalúa por su contribución a capacidades sostenibles y condiciones de trabajo adecuadas, considerando diferencias entre funciones, trayectorias profesionales y contextos organizacionales.



8.1. Transformación del trabajo, automatización y nuevas competencias

8.1.1. Tareas, ocupaciones y decisiones sobre el trabajo

Una ocupación reúne tareas, responsabilidades y relaciones que no necesariamente presentan las mismas posibilidades de automatización. Autor (2015) analiza la interacción entre sustitución y complementariedad en la evolución del trabajo, mostrando la importancia de examinar actividades y capacidades. Esta perspectiva permite evitar que una demostración técnica sobre una tarea se interprete como evidencia suficiente de sustitución de un puesto completo. En una organización, redactar un documento puede ser solo una parte de un trabajo que también requiere negociación, comprobación y responsabilidad. La evaluación necesita reconocer esas conexiones para comprender qué cambia cuando se introduce apoyo tecnológico en una actividad específica.

La exposición tecnológica describe posibilidades de afectación según características de las tareas, mientras que su adopción efectiva depende de condiciones económicas, técnicas e institucionales. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2025) distingue exposición potencial y pérdida efectiva de empleos en su análisis sobre IA generativa. Esta diferencia resulta fundamental para interpretar proyecciones y diagnósticos. Que una actividad pueda recibir apoyo no determina cómo se reorganizará ni quién asumirá responsabilidades. Las decisiones sobre empleo dependen también de demanda, estrategias y acuerdos. Por ello, los resultados agregados deben utilizarse como referencias para investigar cambios, evitando presentarlos como destinos inevitables de trabajadores o profesiones concretas.

El análisis organizacional debe identificar tareas que se reducen, aquellas que cambian y las nuevas actividades necesarias. Verificar resultados, mantener contenidos y atender excepciones puede aumentar cuando otras operaciones se automatizan. Si solo se contabiliza tiempo eliminado, se omite trabajo requerido para sostener calidad. También puede modificarse la distribución de complejidad: al desaparecer casos sencillos, los puestos pueden concentrar situaciones difíciles. La transformación necesita examinar carga, ritmo y posibilidades de recuperación. Esta valoración permite diseñar funciones completas, en lugar de asignar a las personas únicamente aquello que el sistema todavía no resuelve y asumir que ese conjunto residual constituye un trabajo adecuado.

Las decisiones deben considerar continuidad de trayectorias y acceso a oportunidades. Una reducción de tareas iniciales puede afectar espacios donde profesionales recientes adquirían conocimiento práctico. Si se eliminan esas actividades sin ofrecer otras vías de aprendizaje, la organización puede debilitar capacidades futuras. Asimismo, conviene identificar conocimientos que permanecen implícitos y que sostienen coordinación o resolución de excepciones. La participación de quienes realizan el trabajo permite reconocerlos antes de modificar procedimientos. La transformación responsable requiere analizar efectos más allá del ahorro inmediato, atendiendo a cómo se desarrollará experiencia, cómo se distribuirán responsabilidades y qué opciones tendrán las personas cuyos puestos cambien.

8.1.2. Competencias para trabajar con inteligencia artificial

Las competencias necesarias combinan conocimientos técnicos, comprensión del dominio y capacidades de juicio y colaboración. No todos los trabajadores requieren desarrollar modelos, pero quienes utilizan resultados necesitan interpretar su alcance y reconocer limitaciones. La alfabetización en IA incluye comprender que una salida puede contener errores y que su pertinencia depende de tarea, datos y contexto. También exige saber cuándo comprobar información y solicitar apoyo. Esta formación debe relacionarse con actividades reales. Explicar conceptos generales sin

conectarlos con decisiones cotidianas puede producir familiaridad terminológica y dejar intactas dificultades para utilizar herramientas de manera competente y responsable dentro del trabajo.

La OCDE (2023) examina cambios en necesidades de competencias asociados con IA y la importancia de respuestas formativas. Esta perspectiva invita a distinguir capacidades especializadas de aquellas necesarias para una población laboral más amplia. Un equipo técnico puede requerir validación y operación de modelos; una unidad usuaria necesita formular necesidades y evaluar resultados; y la dirección debe comprender implicaciones estratégicas y organizacionales. La articulación entre funciones resulta tan importante como la profundidad individual. Formar únicamente especialistas sin mejorar capacidad de comunicación y decisión de las otras áreas puede mantener la distancia entre desarrollo tecnológico y utilización efectiva de sus resultados.

La comprensión de datos requiere identificar procedencia, significado y condiciones de interpretación. Quienes utilizan indicadores deben reconocer diferencias entre registros, estimaciones y conclusiones, conforme a los capítulos tercero y séptimo. También necesitan capacidades para formular preguntas y detectar resultados incompatibles con evidencia conocida. El conocimiento profesional permite contextualizar, aunque debe permanecer abierto a contraste. La formación debe evitar tanto aceptación automática como rechazo por desconocimiento. Un desempeño competente consiste en utilizar apoyo cuando aporta valor y conservar criterio para cuestionarlo. Esta capacidad se desarrolla mediante situaciones donde se comparan alternativas y se explican razones, no mediante memorización de respuestas predeterminadas.

Las competencias sociales adquieren relevancia porque la IA modifica coordinación y distribución de responsabilidades. Comunicar incertidumbre, documentar decisiones y resolver desacuerdos permite integrar conocimientos diferentes. También se necesita capacidad para reconocer consecuencias sobre usuarios y compañeros. La competencia no debe definirse como adaptación individual ilimitada a cualquier cambio. La organización tiene responsabilidad de proporcionar herramientas utilizables, instrucciones y condiciones de aprendizaje. Además, los perfiles deben revisarse cuando cambian tareas. Definir requisitos excesivos o ajenos a la función puede excluir personas capaces y dificultar desarrollo. La planificación debe relacionar competencias con responsabilidades concretas y con oportunidades reales para adquirirlas y demostrarlas.

La Tabla 8.1 organiza competencias para trabajar con IA según responsabilidades organizacionales, relacionando conocimientos, capacidades de actuación y evidencias que permiten orientar formación y evaluación del desempeño.

Tabla 8.1

Competencias para trabajar con IA según las responsabilidades organizacionales

Responsabilidad organizacional	Conocimientos necesarios	Capacidades de actuación	Evidencias de competencia
Dirección y patrocinio estratégico	Propósito institucional, posibilidades y límites de la IA, costos, riesgos y condiciones de adopción.	Formular objetivos, comparar alternativas, asignar recursos y establecer criterios para continuar, modificar o detener iniciativas.	Justifica prioridades y decisiones mediante objetivos, evidencias y consecuencias; distingue beneficios previstos de resultados comprobados.

Responsabilidad organizacional	Conocimientos necesarios	Capacidades de actuación	Evidencias de competencia
Responsables de procesos y unidades usuarias	Funcionamiento del proceso, necesidades de usuarios, excepciones y criterios de calidad.	Formular problemas, definir requisitos, integrar resultados y reorganizar tareas con participación del personal.	Describe el proceso y sus restricciones; identifica excepciones y comprueba si la aplicación mejora el servicio completo.
Usuarios de herramientas de IA	Alcance autorizado, limitaciones, fuentes pertinentes y reglas de protección de información.	Formular solicitudes, interpretar respuestas, comprobar contenidos y solicitar apoyo cuando corresponda.	Detecta resultados problemáticos, contrasta información y reconoce cuándo no debe utilizar una salida sin revisión adicional.
Gestión y preparación de datos	Significado, procedencia, calidad, integración y condiciones de utilización de los datos.	Documentar conjuntos, comprobar calidad, gestionar accesos y reconocer limitaciones de cobertura o interpretación.	Reconstruye el origen de variables y transformaciones; identifica deficiencias y explica sus efectos sobre el uso previsto.
Desarrollo e integración técnica	Métodos de IA, evaluación, arquitectura, seguridad y requisitos del proceso.	Comparar soluciones, realizar pruebas, integrar componentes y documentar capacidades y limitaciones.	Presenta resultados reproducibles, compara alternativas pertinentes y demuestra funcionamiento bajo condiciones representativas.
Operación y mantenimiento	Dependencias del servicio, versiones, indicadores de funcionamiento y procedimientos de continuidad.	Vigilar cambios, investigar fallos, aplicar actualizaciones y ejecutar recuperación o suspensión cuando sea necesario.	Identifica componentes afectados, interpreta alertas y demuestra capacidad de restaurar o mantener funciones mediante procedimientos definidos.
Validación, supervisión y revisión	Criterios de calidad, incertidumbre, consecuencias del error y límites de la evidencia.	Cuestionar supuestos, examinar resultados y recomendar condiciones de uso o medidas correctivas.	Emite valoraciones fundamentadas, reconoce vacíos y verifica que las correcciones respondan a los problemas identificados.
Gestión del talento y formación	Transformación de tareas, necesidades de aprendizaje, accesibilidad y condiciones laborales.	Diseñar formación, acompañar transiciones y evaluar transferencia de capacidades al trabajo.	Relaciona formación con tareas reales; identifica barreras y comprueba aprendizaje más allá de la asistencia a cursos.

Responsabilidad organizacional	Conocimientos necesarios	Capacidades de actuación	Evidencias de competencia
Coordinación y liderazgo de equipos	Distribución de responsabilidades, mecanismos de participación y condiciones de colaboración.	Comunicar incertidumbre, facilitar desacuerdos fundamentados y organizar aprendizaje entre funciones.	Resuelve dependencias, incorpora observaciones del personal y mantiene espacios efectivos para comunicar errores y mejorar prácticas.

Nota. Las responsabilidades no equivalen necesariamente a puestos o departamentos separados y pueden combinarse según tamaño y complejidad organizacional. Todas requieren alfabetización básica en IA, criterio ético, protección de información y comunicación pertinente.

La formación debe corresponder a tareas y consecuencias concretas. Su efectividad requiere práctica, acompañamiento y condiciones de trabajo que permitan aplicar, demostrar y actualizar las competencias desarrolladas.

8.1.3. Formación continua y desarrollo de capacidades institucionales

La formación continua necesita partir de brechas relacionadas con tareas y objetivos. Conviene diferenciar actualización de capacidades dentro de una función y preparación para desempeñar actividades diferentes. Ambas pueden ser necesarias, pero requieren tiempos y apoyos distintos. Un curso breve puede orientar uso básico, mientras que una transición profesional exige práctica y acompañamiento más amplios. La planificación debe establecer resultados de aprendizaje observables y condiciones para aplicarlos. También necesita considerar conocimientos previos y accesibilidad. Ofrecer un mismo recorrido a toda la organización puede resultar sencillo administrativamente, aunque insuficiente para atender diferencias relevantes de experiencia, responsabilidad y necesidades de apoyo.

El aprendizaje debe combinar orientación conceptual y práctica con situaciones representativas. Comparar respuestas correctas y problemáticas ayuda a reconocer límites, mientras que resolver casos permite observar decisiones. Conviene utilizar entornos donde sea posible experimentar sin afectar información o servicios reales. La retroalimentación necesita explicar razones y ofrecer oportunidades de mejora. También deben conservarse recursos de consulta para el trabajo cotidiano. El aprendizaje no termina al completar una actividad formativa: requiere aplicación y revisión. Por ello, la organización debe prever tiempo dentro de la jornada y evitar que desarrollar capacidades dependa exclusivamente de esfuerzos personales adicionales difíciles de sostener.

Brynjolfsson et al. (2025) estudian una aplicación de IA generativa en atención al cliente y encuentran efectos heterogéneos entre trabajadores, relacionados con experiencia y desempeño previo. Su investigación aporta evidencia contextualizada sobre posibilidades de apoyo y aprendizaje, sin demostrar beneficios idénticos para cualquier tarea. Para la formación, esta perspectiva aconseja examinar quién mejora, en qué condiciones y qué capacidades se desarrollan. Una herramienta puede facilitar ejecución inmediata y no garantizar comprensión duradera. Conviene comprobar si las personas pueden explicar criterios y actuar ante situaciones nuevas, evitando equiparar aumento de producción con adquisición automática de conocimiento profesional transferible a otros contextos.

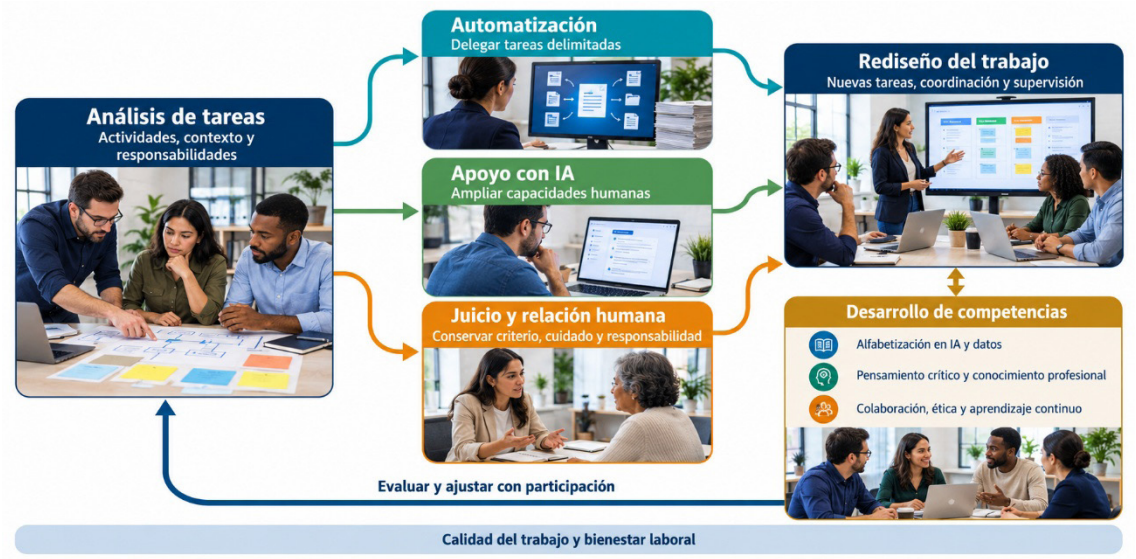
La evaluación formativa debe observar desempeño y transferencia al trabajo, además de participación. Puede incluir resolución de casos, revisión de productos y seguimiento de errores relevantes. También interesa conocer si el entorno permite aplicar lo aprendido. Si los procedimientos impiden cuestionar recomendaciones, una formación crítica tendrá alcance limitado. Los resultados

deben orientar ajustes de contenidos y condiciones organizacionales. Asimismo, conviene compartir aprendizajes entre equipos mediante espacios con responsables y recursos. La capacidad institucional se fortalece cuando el conocimiento puede circular y mantenerse, evitando depender de unas pocas personas que concentran experiencia y asumen apoyo informal sin reconocimiento ni tiempo asignado.

La Figura 8.1 muestra cómo el análisis de tareas permite identificar oportunidades de automatización, apoyo con IA y preservación del juicio humano, orientando el desarrollo profesional.

Figura 8.1

Transformación de tareas y desarrollo de competencias profesionales



La transformación afecta tareas y responsabilidades de manera diferenciada. El rediseño requiere participación, formación pertinente y evaluación de sus efectos sobre la autonomía y el bienestar.

8.2. Gestión del talento apoyada por IA

8.2.1. Selección de personal y evaluación de pertinencia

La gestión del talento puede utilizar IA para organizar información, facilitar búsqueda de perfiles y apoyar determinadas evaluaciones. Estas aplicaciones afectan oportunidades laborales y requieren criterios especialmente claros sobre pertinencia y revisión. El punto de partida debe ser el análisis del puesto y de las capacidades necesarias. Una herramienta no puede validar por sí misma una definición inadecuada de buen desempeño. También debe distinguirse apoyo administrativo y evaluación sustantiva. Clasificar documentos o programar entrevistas presenta consecuencias distintas de excluir candidaturas. La elección de automatización necesita considerar esas diferencias y conservar mecanismos para detectar errores y reconsiderar resultados relevantes.

Raghavan et al. (2020) examinan afirmaciones y prácticas de proveedores de evaluación algorítmica en contratación, incluyendo validación y mitigación de sesgos. Su análisis refuerza la necesidad de comprobar evidencias en lugar de aceptar promesas generales de objetividad. Una organización debe conocer qué mide la herramienta y cómo se relaciona con las tareas del puesto. También necesita examinar población y condiciones de evaluación. Que un procedimiento produzca puntuaciones consistentes no demuestra que identifique capacidades pertinentes ni que funcione adecuadamente para todos los grupos. La contratación de un servicio no elimina responsabilidad

sobre criterios de selección y consecuencias para las personas evaluadas.

Los datos históricos pueden reflejar oportunidades desiguales y decisiones anteriores que no conviene reproducir. Utilizar perfiles de quienes fueron contratados como referencia exclusiva puede confundir selección pasada y potencial de desempeño. También deben revisarse variables que actúan como sustitutos de condiciones sensibles o de acceso desigual a formación. Eliminar un atributo no garantiza ausencia de discriminación. La validación necesita considerar pertinencia y resultados diferenciados, conservando explicación de criterios. Asimismo, debe evitarse inferir personalidad o idoneidad a partir de rasgos cuya relación con el puesto no está suficientemente respaldada. La sofisticación del método no sustituye evidencia sobre aquello que pretende evaluar.

La experiencia de candidatura requiere información comprensible y oportunidades de ajuste cuando existen barreras. Un procedimiento automatizado puede excluir por problemas de formato, conectividad o accesibilidad, aunque la persona posea las competencias necesarias. Conviene ofrecer vías para corregir información y solicitar revisión. La intervención humana debe disponer de evidencia y autoridad, conforme al apartado 7.4. También deben establecerse condiciones de conservación y acceso a documentos. El tratamiento normativo específico corresponde al capítulo noveno; desde el diseño, la selección necesita proporcionalidad y trazabilidad. Su calidad debe juzgarse por pertinencia y equidad de oportunidades, además de rapidez y reducción de trabajo administrativo.

8.2.2. Desarrollo profesional, movilidad y formación personalizada

La IA puede ayudar a relacionar competencias declaradas y experiencias con oportunidades de desarrollo. Los sistemas pueden sugerir recursos formativos o identificar afinidades entre funciones, siempre que la información sea suficientemente precisa y revisable. Un perfil de competencias debe distinguir evidencia, autoevaluación e inferencias del sistema. Presentarlas de forma equivalente puede producir conclusiones injustificadas. Además, las capacidades cambian y requieren actualización. La persona debe poder aportar información y corregir errores relevantes. El objetivo consiste en ampliar posibilidades y orientar conversación profesional, evitando convertir un registro parcial en una representación definitiva de sus conocimientos, intereses o potencial de desarrollo futuro.

Las recomendaciones formativas necesitan considerar metas y condiciones de aplicación. Proponer cursos según tareas anteriores puede reforzar especialización existente e impedir explorar otras trayectorias. Conviene combinar necesidades institucionales y preferencias expresadas, manteniendo oportunidades de elección. Asimismo, la secuencia debe atender conocimientos previos y disponibilidad de tiempo. Un recurso adecuado conceptualmente puede resultar inaccesible por idioma, formato o exigencias tecnológicas. La personalización debe evaluar esas condiciones y permitir ajustes. Sus resultados necesitan comprobarse mediante aprendizaje y transferencia, sin asumir que mayor interacción con una plataforma demuestra desarrollo profesional o que completar contenidos equivale a estar preparado para responsabilidades nuevas.

La movilidad interna puede apoyarse mediante información sobre proyectos y capacidades, pero requiere criterios transparentes. Si las recomendaciones utilizan visibilidad previa o evaluaciones parciales, pueden concentrar oportunidades en quienes ya accedieron a experiencias favorables. La organización necesita revisar distribución y mecanismos de participación. También debe evitar que una persona quede limitada a funciones parecidas a las realizadas anteriormente. El potencial no se observa completamente en el historial. Las decisiones necesitan incorporar conversación y evidencias pertinentes, además de apoyo para transiciones. Un sistema útil facilita descubrir

posibilidades y reducir barreras, manteniendo espacios donde puedan expresarse aspiraciones que los registros no permiten anticipar.

La planificación de capacidades colectivas debe considerar combinaciones y coordinación entre personas. Contar especialistas no garantiza que los equipos puedan resolver necesidades si faltan responsabilidades o conocimientos complementarios. El análisis puede ayudar a identificar dependencias y riesgos de concentración, siempre que no reduzca contribución individual a etiquetas descontextualizadas. También conviene reconocer trabajo de mentoría, documentación y apoyo, frecuentemente poco visible en registros de producción. La gestión necesita vincular desarrollo con condiciones de colaboración. Las recomendaciones de IA aportan valor cuando fortalecen oportunidades y aprendizaje institucional, evitando utilizar perfiles como instrumentos rígidos para asignar personas sin considerar preferencias, contexto y posibilidades de preparación.

8.2.3. Desempeño, permanencia y límites de la analítica laboral

La analítica laboral puede ayudar a examinar carga, rotación y funcionamiento de procesos, pero debe delimitar finalidad y nivel de información. Un patrón agregado puede orientar mejoras sin necesidad de identificar permanentemente a cada trabajador. La elección requiere justificar qué detalle aporta valor. También debe distinguirse desempeño individual y condiciones del puesto. Resultados diferentes pueden reflejar complejidad, recursos o distribución de casos. Comparar sin atender esas condiciones puede producir evaluaciones injustas. La tecnología debe ayudar a comprender trabajo y decisiones, manteniendo cautela ante indicadores que parecen objetivos porque están expresados numéricamente, aunque representen solo una parte de la contribución.

Kellogg et al. (2020) analizan cómo los algoritmos participan en formas de control organizacional y en relaciones entre dirección y trabajadores. Su perspectiva permite examinar que medir y clasificar no son operaciones socialmente neutrales. Una aplicación puede ampliar visibilidad y cambiar incentivos, autonomía y posibilidades de cuestionamiento. La organización necesita considerar esas consecuencias antes de introducir puntuaciones de desempeño. También debe comunicar criterios y usos previstos. El análisis debe evitar que una medida parcial determine automáticamente recompensas o sanciones, especialmente cuando los trabajadores no pueden comprender cómo se produjo ni aportar información relevante para contextualizar su situación laboral.

Los modelos de permanencia o rotación estiman acontecimientos bajo condiciones observadas y no revelan intenciones definitivas. Una probabilidad elevada no autoriza a tratar a una persona como si ya hubiera decidido abandonar. También debe evitarse utilizar información íntima o inferencias psicológicas para intentar controlar comportamientos. El análisis puede orientar revisión de condiciones colectivas, como oportunidades y carga de trabajo, manteniendo respeto por decisiones personales. Si se utiliza para ofrecer apoyo, deben definirse criterios y proteger información. La pertinencia necesita comprobarse mediante efectos reales, sin confundir capacidad predictiva con conocimiento sobre qué intervención mejora bienestar o continuidad de la relación laboral.

La evaluación de estas aplicaciones debe incluir errores y consecuencias sobre oportunidades y confianza. Conviene examinar si los indicadores generan conductas destinadas a mejorar puntuaciones sin aportar valor, como evitar casos complejos. También es importante distinguir usos de desarrollo y decisiones con efectos laborales, pues requieren condiciones diferentes. Los canales de revisión necesitan independencia suficiente y posibilidades de corregir registros. La dirección debe conservar responsabilidad sobre decisiones y explicar sus razones. Una gestión del talento apoyada por IA es pertinente cuando mejora información y oportunidades, manteniendo

capacidad de reconocer trabajo no capturado y evitando convertir la medición en sustituto de comprensión profesional.

8.3. Cultura digital, liderazgo y gestión del cambio

8.3.1. Cultura organizacional y prácticas de aprendizaje

La cultura organizacional comprende significados y supuestos compartidos que orientan interpretación y actuación. Schein y Schein (2017) analizan su relación con liderazgo y cambio, mostrando la importancia de comprender patrones que no siempre aparecen en declaraciones formales. En una transformación con IA, los valores anunciados pueden diferir de prácticas cotidianas. Promover experimentación mientras se sanciona cualquier error reduce posibilidades de aprendizaje. Asimismo, solicitar colaboración sin reconocer contribuciones entre áreas mantiene incentivos contradictorios. La cultura debe examinarse mediante decisiones, relaciones y comportamientos observables. Incorporar herramientas no modifica automáticamente supuestos sobre autoridad, conocimiento y responsabilidad dentro del trabajo organizacional.

La cultura digital puede entenderse como un conjunto de prácticas que facilita utilizar tecnologías y datos con criterio, colaboración y disposición al aprendizaje. No equivale a preferencia por novedades ni exige aceptar todas las propuestas de automatización. Incluye capacidad para preguntar, contrastar resultados y modificar decisiones. También necesita valorar conocimiento profesional y experiencia de usuarios. Una orientación basada en evidencia reconoce que los datos representan aspectos de la realidad y requieren interpretación. Por ello, la discusión debe permitir examinar tanto intuiciones como resultados algorítmicos. La transformación cultural fortalece criterios compartidos, evitando sustituir obediencia a jerarquías por obediencia automática a puntuaciones.

El aprendizaje requiere espacios y procedimientos para revisar experiencias. Las reuniones de evaluación deben identificar qué se esperaba, qué ocurrió y qué condiciones explican diferencias. Conviene separar investigación de problemas y atribución anticipada de culpa, sin eliminar responsabilidades por actuaciones indebidas. Los errores pueden revelar deficiencias de formación, interfaz o proceso, además de decisiones individuales. La documentación necesita convertir esas observaciones en mejoras accesibles para otros equipos. También deben reconocerse resultados favorables y sus condiciones, evitando generalizar éxitos sin contexto. La cultura de aprendizaje se expresa cuando el conocimiento modifica prácticas y no permanece limitado a informes o conversaciones sin continuidad.

La coherencia cultural necesita reflejarse en incentivos y asignación de recursos. Si únicamente se premia velocidad, revisar con cuidado puede parecer un obstáculo. Si compartir conocimiento no recibe reconocimiento, resulta difícil sostener colaboración entre áreas. La dirección debe examinar qué comportamientos favorecen los sistemas de evaluación y si corresponden a los objetivos de transformación. También conviene reconocer actividades de mantenimiento y prevención, cuyos beneficios pueden ser menos visibles que una demostración nueva. La organización inteligente necesita combinar exploración y cuidado de capacidades existentes. Esa coherencia permite que responsabilidad y aprendizaje formen parte del trabajo habitual, en lugar de depender de iniciativas voluntarias.

8.3.2. Liderazgo, participación y seguridad psicológica

El liderazgo debe conectar propósito y condiciones de actuación. Quienes dirigen necesitan

comprender suficientemente las aplicaciones para formular preguntas, asignar responsabilidades y reconocer límites. No se requiere que ejecuten cada tarea técnica, pero sí que eviten promesas que las capacidades no pueden sostener. También deben mostrar disposición para revisar decisiones cuando aparece evidencia nueva. La autoridad se ejerce estableciendo orientación y condiciones para aprender, además de exigir resultados. Un liderazgo consistente comunica incertidumbre sin abandonar responsabilidad y distingue desacuerdos fundamentados de obstrucciones, conservando espacios para que diferentes funciones aporten información relevante antes de comprometer cambios que afecten al trabajo.

La participación debe comenzar cuando todavía existen decisiones que pueden modificarse. Consultar únicamente después de seleccionar una solución reduce posibilidades de incorporar conocimiento operativo. Conviene involucrar a trabajadores, responsables y representantes pertinentes según contexto, indicando alcance de su intervención y restricciones existentes. La participación necesita condiciones de tiempo y acceso a información comprensible. También requiere comunicar qué observaciones se incorporaron y por qué otras no fueron adoptadas. Este seguimiento evita que la consulta se perciba como una formalidad. El propósito consiste en mejorar diseño y legitimidad, reconociendo que quienes experimentan cambios pueden identificar consecuencias que no resultan visibles desde la planificación.

Edmondson (1999) relaciona seguridad psicológica y comportamiento de aprendizaje en equipos. Esta noción alude a condiciones compartidas que permiten asumir riesgos interpersonales, como expresar dudas o reconocer errores. En aplicaciones de IA, resulta importante que una persona pueda cuestionar una recomendación sin ser considerada incompetente o contraria a la innovación. La seguridad psicológica no elimina exigencia de calidad ni responsabilidad: permite comunicar información necesaria para sostenerlas. La organización debe observar cómo responde ante problemas reportados y desacuerdos. Si quienes advierten limitaciones reciben consecuencias negativas injustificadas, las herramientas pueden seguir utilizándose mientras sus dificultades permanecen ocultas para la dirección.

Los mandos intermedios desempeñan una función relevante al traducir orientaciones estratégicas a prácticas cotidianas. También reciben tensiones entre continuidad y experimentación, por lo que necesitan apoyo y autoridad. Pedirles transformación sin ajustar objetivos o recursos puede producir sobrecarga y mensajes contradictorios. Conviene establecer mecanismos para comunicar dificultades y resolver dependencias entre unidades. El liderazgo distribuido reconoce conocimientos específicos sin diluir responsabilidad final. Además, deben evitarse figuras informales de apoyo que asumen tareas adicionales indefinidamente. La participación sostenible requiere reconocer contribuciones y asignar recursos, permitiendo que colaboración y supervisión puedan mantenerse cuando termina el impulso inicial de la implementación tecnológica.

8.3.3. Gestión del cambio y consolidación de prácticas

La gestión del cambio organiza actuaciones para pasar de una situación existente a formas de trabajo diferentes. Requiere comprender efectos sobre procesos, conocimientos y relaciones, manteniendo coherencia con la hoja de ruta del apartado 4.3. Kotter (1995) destaca problemas vinculados con dirección compartida, comunicación y consolidación de cambios. Su planteamiento puede orientar reflexión, aunque no debe aplicarse como una secuencia rígida que garantice éxito. En transformaciones con IA, el aprendizaje puede modificar alcance y ritmo. La gestión necesita combinar orientación y revisión, estableciendo decisiones y apoyos que permitan incorporar nuevas prácticas sin perder continuidad del servicio.

La comunicación debe explicar propósito, cambios previstos y aspectos todavía inciertos. Los mensajes generales sobre innovación resultan insuficientes cuando las personas necesitan conocer efectos sobre sus tareas. También debe evitarse asegurar ausencia de consecuencias que la organización no puede garantizar. La claridad permite preparar decisiones y reduce interpretaciones contradictorias. Conviene utilizar canales donde puedan formularse preguntas y obtener respuestas actualizadas. La comunicación debe adaptarse a funciones y condiciones de acceso, manteniendo coherencia entre niveles directivos. Informar no equivale a obtener comprensión ni acuerdo; por ello, se necesita comprobar qué se entendió y qué preocupaciones requieren análisis adicional o modificación del plan.

La implementación gradual permite observar dificultades y ajustar condiciones antes de ampliar. Los pilotos deben representar situaciones relevantes e incluir tiempo para aprendizaje y corrección. También necesitan criterios de avance que consideren calidad y experiencia laboral, además de desempeño técnico. Si una prueba requiere apoyo extraordinario permanente, su ampliación debe resolver esa dependencia. La evaluación puede mostrar que ciertas tareas funcionan mejor con otra distribución de funciones. Estos ajustes constituyen aprendizaje y deben comunicarse mediante razones. La gestión del cambio debe evitar que plazos iniciales se conviertan en una obligación de desplegar cuando las condiciones necesarias todavía no están disponibles.

La consolidación exige actualizar procedimientos, perfiles y recursos de apoyo. Mantener simultáneamente prácticas anteriores y nuevas sin una transición definida puede generar duplicidad y confusión. Debe establecerse qué se retira, qué se conserva y cómo se atenderán excepciones. También conviene revisar resultados después del despliegue, pues la adopción inicial no garantiza continuidad. Los aprendizajes deben incorporarse a formación y documentación. La transformación se sostiene cuando las nuevas prácticas encuentran respaldo en decisiones habituales y pueden revisarse. Este proceso necesita evitar dependencia de campañas temporales o personas concretas, construyendo capacidades institucionales que permanezcan disponibles ante cambios de equipo, liderazgo o tecnología.

La Figura 8.2 muestra la articulación entre liderazgo, participación y gestión del cambio, vinculados mediante aprendizaje continuo y condiciones de confianza, seguridad psicológica y bienestar laboral.

Figura 8.2

Articulación entre liderazgo, participación y gestión del cambio



La adopción requiere orientar, escuchar y acompañar. La participación permite reconocer dificultades y revisar decisiones, mientras la formación y el liderazgo sostienen cambios ajustados al contexto.

8.4. Colaboración humano-máquina y bienestar laboral

8.4.1. Diseño de la colaboración y complementariedad de capacidades

La colaboración humano-máquina requiere organizar aportes y responsabilidades alrededor de una tarea. La expresión describe coordinación funcional y no supone equivalencia entre personas y sistemas. La tecnología puede proporcionar estimaciones, borradores o recuperación de información, mientras las personas aportan comprensión contextual y responsabilidad profesional. Sin embargo, esta distribución no debe establecerse mediante supuestos generales sobre superioridad humana o técnica. Necesita evaluación en condiciones reales. Algunas tareas requieren ejecución automatizada estable; otras dependen de interpretación y diálogo. El diseño debe identificar cómo se integrarán resultados y qué mecanismos permitirán reconocer dificultades, resolver desacuerdos y modificar la distribución cuando cambian las condiciones.

Raisch y Krakowski (2021) analizan la relación entre automatización y ampliación de capacidades como una tensión que requiere gestión. Su planteamiento muestra la necesidad de observar interdependencias y consecuencias a lo largo del tiempo. Una aplicación que inicialmente apoya puede alterar competencias y facilitar posteriores cambios de autonomía. Asimismo, automatizar ciertas actividades puede aumentar necesidad de colaboración en otras. Para la organización, ello exige revisar efectos y evitar asumir que una configuración permanecerá adecuada indefinidamente. La complementariedad debe construirse mediante decisiones sobre tareas y aprendizaje, conservando capacidad humana para comprender el proceso y no únicamente para corregir fallos cuando aparecen.

La interfaz debe mostrar información suficiente para actuar y reducir esfuerzo de interpretación innecesario. Conviene señalar estado, fuentes y límites relevantes, evitando presentar recomendaciones como órdenes incuestionables. También deben existir formas de aportar contexto y corregir resultados. La colaboración pierde calidad cuando la persona necesita reconstruir continuamente lo que hizo el sistema o completar tareas sin conocer sus antecedentes. Estos problemas deben tratarse como cuestiones de diseño, no como obligaciones ilimitadas de adaptación. La evaluación requiere observar secuencias completas de trabajo y comprobar si la distribución permite cumplir objetivos con comprensión y control, conforme a los criterios desarrollados en el capítulo séptimo.

La conservación de competencias requiere oportunidades de práctica y actualización. Si una función se automatiza durante largos periodos, puede disminuir familiaridad con situaciones que después exigen intervención rápida. Por ello, el diseño necesita prever preparación para excepciones y procedimientos alternativos. También conviene revisar cómo aprenden quienes se incorporan y qué experiencias necesitan para desarrollar criterio. La tecnología puede apoyar formación mediante ejemplos y retroalimentación, siempre que no sustituya completamente la práctica profesional pertinente. Una colaboración sostenible mantiene capacidades para evaluar y actuar, evitando que la organización dependa de resultados automatizados cuya lógica operativa sus integrantes ya no pueden interpretar suficientemente.

8.4.2. Autonomía, carga de trabajo y condiciones de bienestar

El bienestar laboral se relaciona con condiciones que permiten desarrollar trabajo de manera digna y sostenible. La introducción de IA puede reducir tareas repetitivas o aumentar exigencias, según decisiones de diseño y gestión. Parker y Grote (2022) destacan la importancia de considerar características del trabajo en entornos digitales. Esta perspectiva evita tratar efectos laborales como consecuencias inevitables de la tecnología. La autonomía, las demandas y los recursos pueden modificarse mediante decisiones institucionales. Por ello, evaluar una aplicación requiere examinar cómo cambia la experiencia de trabajo y qué condiciones permiten sostener calidad sin trasladar costos de adaptación y supervisión a las personas.

Reducir tiempo de una actividad no implica necesariamente disminuir carga. La organización puede aumentar volumen, concentrar casos complejos o introducir revisiones adicionales. También puede producirse fragmentación cuando las tareas se distribuyen en pequeñas intervenciones sin una visión completa del resultado. Estas condiciones requieren evaluación antes y después de implementar. Conviene observar interrupciones, exigencias de atención y posibilidades de recuperación. El trabajo de comprobación puede ser cognitivamente exigente aunque parezca breve en los registros. Las decisiones de capacidad deben considerar esa dificultad y evitar utilizar estimaciones de ahorro como fundamento automático para incrementar metas sin comprobar sus efectos sobre calidad y condiciones laborales.

La autonomía incluye posibilidades de organizar actividades y ejercer criterio dentro de responsabilidades definidas. Un sistema puede apoyarla ofreciendo información o reducirla mediante instrucciones rígidas y puntuaciones constantes. La configuración debe corresponder a necesidades reales de coordinación, evitando controles desproporcionados. También conviene preservar espacios para resolver situaciones que no encajan en categorías previstas. La autonomía no elimina estándares ni supervisión, pero requiere que las personas puedan explicar decisiones y utilizar conocimientos pertinentes. Cuando toda desviación se penaliza automáticamente, el trabajo puede orientarse a satisfacer indicadores en lugar de atender necesidades. La evaluación debe examinar esas consecuencias y ajustar incentivos y procedimientos.

La vigilancia laboral necesita límites de finalidad y proporcionalidad. Registrar actividad digital no permite interpretar de manera completa esfuerzo, calidad o estado personal. Tampoco corresponde inferir condiciones de salud o experiencias íntimas mediante señales débiles y utilizarlas para clasificar trabajadores. El seguimiento debe concentrarse en condiciones pertinentes del proceso y mantener protección de información. Cuando se busca mejorar bienestar, conviene ofrecer canales voluntarios y recursos adecuados, evitando convertir apoyo en un mecanismo de control. La responsabilidad institucional consiste en revisar organización y demandas del trabajo, además de facilitar atención cuando se requiere, sin atribuir dificultades exclusivamente a capacidad individual de adaptación.

8.4.3. Evaluación participativa y sostenibilidad de la colaboración

La evaluación debe considerar resultados productivos y calidad del trabajo. Puede examinar errores, tiempos, carga percibida y posibilidades de intervención, utilizando métodos adecuados al contexto. Las mediciones necesitan una referencia y deben considerar cambios simultáneos de volumen o complejidad. También conviene observar distribución de efectos entre funciones, pues una mejora puede beneficiar a un equipo y aumentar trabajo de otro. El análisis debe distinguir percepciones y registros sin considerar que uno invalida automáticamente al otro. Su combinación ayuda a comprender mecanismos y seleccionar ajustes. Los criterios deben relacionarse con decisiones,

evitando recopilar información laboral detallada que no será utilizada de forma justificada.

La participación en evaluación necesita condiciones de confianza y protección. Las personas pueden evitar comunicar dificultades si temen consecuencias o si las respuestas permiten identificarlas en grupos pequeños. Debe explicarse finalidad, acceso y forma de utilizar resultados, sin prometer anonimato cuando no puede garantizarse. También conviene separar conversaciones de mejora y evaluaciones individuales cuando sus propósitos son diferentes. Los resultados deben compartirse de manera comprensible y acompañarse de acciones. Consultar reiteradamente sin modificar condiciones puede disminuir disposición a participar. La evaluación participativa es efectiva cuando permite reconocer problemas y comprobar que la organización responde mediante cambios pertinentes y seguimiento.

Las decisiones de mejora deben asignar responsables y plazos compatibles con recursos. Algunas dificultades requieren ajustes de interfaz, mientras otras exigen redistribuir tareas o revisar objetivos. La respuesta debe corresponder a la causa identificada y comprobar resultados posteriormente. También es necesario definir condiciones para restringir o suspender una aplicación cuando deteriora calidad o impide supervisión adecuada. Estas decisiones no deben depender únicamente de indicadores de utilización. Una herramienta utilizada por obligación puede mostrar adopción elevada y producir efectos negativos. La sostenibilidad requiere evaluar utilidad real y conservar alternativas, evitando que la dependencia tecnológica impida reconocer cuándo corresponde modificar la organización del trabajo.

El análisis del capítulo muestra que las capacidades humanas y organizacionales determinan cómo se materializan las posibilidades de IA. La formación, la gestión del talento y el liderazgo necesitan integrarse con participación y diseño del trabajo. La colaboración sostenible conserva criterio, oportunidades de desarrollo y condiciones adecuadas de actuación, evitando que la eficiencia se construya mediante cargas invisibles o pérdida de control. La organización inteligente aprende con sus integrantes y reconoce su conocimiento como parte de la transformación. El capítulo siguiente abordará gobernanza, ética, regulación y seguridad, articulando estas condiciones humanas con responsabilidades y mecanismos para un uso confiable de la inteligencia artificial.

Gobernanza, ética, regulación y seguridad de la inteligencia artificial

La utilización responsable de inteligencia artificial exige organizar decisiones, justificar finalidades y mantener controles durante todo el ciclo de vida. Las capacidades técnicas examinadas en capítulos anteriores pueden producir beneficios, pero también generar consecuencias sobre derechos, recursos y relaciones institucionales. La confiabilidad depende de cómo se seleccionan aplicaciones, se distribuyen responsabilidades y se responde cuando el funcionamiento deja de ser adecuado.

Este capítulo articula cuatro dimensiones complementarias. Primero, aborda gobernanza de datos y de la IA. Después, examina ética, sesgos, transparencia y explicabilidad. A continuación, analiza marcos regulatorios y cumplimiento normativo. Finalmente, desarrolla criterios de ciberseguridad, privacidad y gestión de riesgos. El enfoque distingue obligaciones jurídicas, orientaciones éticas y mecanismos técnicos, evitando tratarlos como equivalentes. Su integración permite construir condiciones verificables de responsabilidad, sin asumir que una política escrita, una certificación o una prueba aislada garantizan por sí mismas un uso confiable en cualquier contexto organizacional.



9.1. Gobernanza de datos y de la IA en las organizaciones

9.1.1. Alcance de la gobernanza y distribución de responsabilidades

Como se definió en el apartado 1.3, la gobernanza de la IA comprende estructuras y decisiones que orientan su desarrollo y utilización. Su función consiste en establecer quién puede decidir, con qué criterios y mediante qué controles. La gestión ejecuta actividades dentro de ese marco, mientras la gobernanza proporciona orientación y mecanismos de responsabilidad. Ambas funciones necesitan coordinación y no corresponden necesariamente a departamentos separados. Una organización pequeña puede distribuirlas mediante acuerdos sencillos, siempre que exista claridad. Lo importante es evitar vacíos donde cada participante supone que otra persona evaluó consecuencias, autorizó información o aprobó el alcance de la aplicación.

La gobernanza de datos establece decisiones sobre información, significados y condiciones de utilización. La gobernanza de IA incorpora además finalidades, comportamiento de sistemas y efectos de sus resultados. Estas funciones se relacionan, pero ninguna sustituye completamente a la otra. Un conjunto puede administrarse adecuadamente y utilizarse en una aplicación cuya finalidad resulte inapropiada. Asimismo, un modelo puede presentar resultados favorables y depender de información utilizada sin condiciones suficientes. La coordinación necesita conectar responsables del proceso, datos, tecnología y revisión institucional. El objetivo consiste en examinar el recorrido completo que convierte registros y capacidades computacionales en actuaciones con consecuencias para personas y organizaciones.

Los principios de IA de la OCDE, actualizados en 2024, relacionan responsabilidad con funciones, contexto y participación de distintos actores. Esta orientación permite distribuir obligaciones sin suponer que todos poseen el mismo control. La dirección define prioridades y acepta determinados riesgos; los equipos técnicos construyen y mantienen componentes; las unidades usuarias integran resultados en procesos. También intervienen proveedores y responsables de revisión. La distribución debe identificar decisiones y facultades, además de tareas. Un equipo no puede responder por corregir una condición si carece de acceso, autoridad o recursos. La gobernanza necesita hacer visibles esas relaciones y resolver incompatibilidades antes de desplegar.

Los mecanismos colegiados pueden facilitar decisiones interdisciplinarias cuando las aplicaciones presentan consecuencias complejas. Sin embargo, crear un comité no garantiza capacidad de supervisión. Deben definirse asuntos que examina, información necesaria y autoridad para establecer condiciones o detener iniciativas. También requiere evitar que decisiones rutinarias se acumulen innecesariamente en instancias superiores. La proporcionalidad permite asignar revisión según impacto y dificultad. El sistema debe conservar vías de escalamiento para desacuerdos y situaciones no previstas. La responsabilidad se fortalece cuando las decisiones pueden reconstruirse y cuestionarse, en lugar de diluirse entre participantes que comparten información sin asumir compromisos concretos sobre las actuaciones autorizadas.

9.1.2. Inventario, evaluación de impacto y control del ciclo de vida

La gobernanza necesita conocer qué aplicaciones existen y cómo se utilizan. Un inventario debe identificar finalidad, responsables, población afectada y componentes relevantes. También conviene registrar servicios externos y usos incorporados a herramientas habituales, porque una aplicación puede introducir IA sin presentarse como un proyecto independiente. El inventario requiere actualización cuando cambian funciones o condiciones. Su utilidad depende de conectar información con decisiones de revisión. Una lista extensa sin clasificación ni responsables aporta

escaso control. La organización necesita reconocer qué aplicaciones merecen atención prioritaria y qué relaciones podrían ampliar consecuencias ante un fallo o una modificación de sus componentes compartidos.

La evaluación de impacto examina beneficios, posibles daños y condiciones de utilización antes y durante la aplicación. Debe considerar finalidad, personas afectadas, alternativas y mecanismos de reparación. También necesita diferenciar efectos esperados y escenarios inciertos, evitando reducir todo a una puntuación. Algunas consecuencias pueden requerir consulta o análisis especializado. La evaluación debe guardar proporción con impacto y contexto, sin convertirse en un formulario idéntico para cualquier herramienta. Su resultado tiene que orientar decisiones: aprobar con condiciones, modificar alcance, investigar más o descartar. Documentar riesgos sin asignar respuestas y responsables no demuestra que hayan sido gestionados adecuadamente.

El NIST (2023) organiza su marco de gestión de riesgos de IA mediante funciones de gobernanza, contextualización, medición y gestión. Este enfoque permite conectar decisiones institucionales y evaluación de aplicaciones específicas. Su utilización debe distinguirse de una obligación universal o de una certificación automática. Para la organización, el marco puede ayudar a formular preguntas y conservar evidencia durante el ciclo de vida. El análisis debe revisarse cuando cambian datos, usuarios o funciones. Una autorización inicial no cubre necesariamente nuevos contextos. La continuidad del uso requiere comprobar que las condiciones que justificaron su aprobación siguen siendo pertinentes y suficientemente controladas.

El control de cambios debe considerar modificaciones técnicas y organizacionales. Cambiar instrucciones, incorporar documentos o permitir una acción nueva puede alterar consecuencias aunque se mantenga el mismo modelo. Del mismo modo, trasladar una herramienta a otra unidad puede modificar población y condiciones de interpretación. Deben establecerse criterios para determinar qué cambios requieren nueva evaluación. La documentación necesita relacionar versiones y decisiones, conforme al apartado 3.4. También debe contemplarse retirada y sustitución. La gobernanza comprende el cierre de aplicaciones, incluyendo dependencias, información conservada y obligaciones pendientes, evitando que sistemas abandonados permanezcan activos sin supervisión o que su eliminación interrumpa procesos relacionados.

La Figura 9.1 muestra la gobernanza de la IA como una función transversal que articula responsabilidades, controles y rendición de cuentas durante todo su ciclo de vida.

Figura 9.1

Gobernanza de la IA durante el ciclo de vida



La gobernanza requiere decisiones documentadas y responsables identificables en cada etapa. El seguimiento de riesgos e impactos permite corregir, suspender o retirar sistemas cuando resulte necesario.

9.1.3. Proveedores, aseguramiento y mejora institucional

La contratación de servicios de IA requiere examinar capacidades y condiciones del proveedor, además de funcionalidades anunciadas. La organización necesita conocer qué información procesa, qué modificaciones puede realizar y qué evidencias proporciona sobre desempeño y limitaciones. También deben definirse soporte, comunicación de incidentes y condiciones de terminación. Un contrato no sustituye evaluación, pero puede establecer compromisos verificables y acceso a información necesaria. Las garantías deben corresponder al alcance contratado. Aceptar afirmaciones generales de confiabilidad sin conocer exclusiones dificulta identificar responsabilidades cuando una aplicación se utiliza en condiciones distintas de aquellas consideradas por el proveedor durante su desarrollo o validación.

La evaluación de terceros debe considerar dependencias y posibilidades de sustitución. Una organización puede contratar servicios diferentes que comparten infraestructura o modelos subyacentes. Esa relación puede concentrar exposición sin resultar evidente en el listado de proveedores. Conviene identificar componentes críticos y alternativas operativas, utilizando información disponible y estableciendo límites cuando no existe visibilidad suficiente. También debe examinarse portabilidad de datos y procedimientos de recuperación. La continuidad no depende únicamente de que un proveedor mantenga actividad, sino de que la organización pueda conservar funciones esenciales ante cambios de condiciones, interrupciones o decisiones justificadas de retirar una aplicación que dejó de resultar adecuada.

La norma ISO/IEC 42001:2023 establece requisitos y orientaciones para un sistema de gestión de IA, articulando políticas, procesos y mejora continua. Su aportación permite organizar responsabilidades dentro de un marco institucional. Debe distinguirse, sin embargo, la evaluación del sistema de gestión de una garantía absoluta sobre cada resultado. El alcance y las condiciones de cualquier certificación necesitan examinarse expresamente. Asimismo, adoptar una norma no reemplaza obligaciones jurídicas aplicables. La organización debe utilizar estas referencias para fortalecer prácticas verificables, evitando presentar cumplimiento documental como prueba suficiente de ausencia de sesgos, seguridad completa o conveniencia de todos los usos autorizados.

El aseguramiento requiere combinar revisiones y evidencias con independencia suficiente para cuestionar decisiones. Pueden examinarse documentación, pruebas y funcionamiento real, considerando qué preguntas se pretende responder. Una auditoría debe especificar alcance y limitaciones para evitar interpretaciones excesivas. También deben establecerse acciones correctivas y seguimiento. La mejora institucional se demuestra cuando hallazgos modifican prácticas y reducen problemas, no únicamente cuando aumenta el número de controles. Los mecanismos deben adaptarse al tamaño y complejidad organizacional. Una gobernanza efectiva proporciona decisiones comprensibles y capacidad de respuesta, conservando relación entre recursos de supervisión y consecuencias de las aplicaciones que se pretende sostener.

9.2. Ética, sesgos algorítmicos, transparencia y explicabilidad

9.2.1. Principios éticos y deliberación sobre finalidades

La ética de la IA examina razones y consecuencias de las decisiones relacionadas con estas

tecnologías. Incluye preguntas sobre fines, distribución de beneficios y respeto por las personas. La UNESCO (2021) sitúa dignidad, derechos humanos y bienestar como referencias de su recomendación sobre ética de la inteligencia artificial. Esta orientación permite evaluar aplicaciones más allá de su desempeño técnico. Una herramienta puede funcionar correctamente y perseguir una finalidad que requiere cuestionamiento. Por ello, la deliberación debe comenzar antes de seleccionar métodos y considerar si la intervención resulta necesaria, proporcionada y compatible con compromisos institucionales y condiciones de quienes serán afectados.

Los principios necesitan traducirse en preguntas y decisiones observables. Respetar autonomía puede requerir opciones comprensibles y posibilidad de revisión; prevenir daños puede implicar restringir funciones o establecer condiciones de retirada. Estas traducciones dependen del contexto y deben justificarse. También pueden existir tensiones entre valores, como transparencia y confidencialidad. La deliberación necesita reconocerlas y buscar alternativas, evitando presentar una solución como inevitable. La ética no consiste en seleccionar una palabra favorable para cada proyecto. Su utilidad aparece cuando permite identificar consecuencias relevantes, cuestionar supuestos y modificar actuaciones que inicialmente parecían convenientes desde una perspectiva exclusivamente técnica o económica.

La participación de personas afectadas contribuye a reconocer necesidades y daños que los equipos de diseño pueden pasar por alto. Debe organizarse de manera accesible y con posibilidades reales de influir, conforme al capítulo octavo. También requiere reconocer diferencias internas y evitar que una voz represente automáticamente a toda una población. Las condiciones de vulnerabilidad pueden limitar participación, por lo que conviene proporcionar apoyos y vías alternativas. La consulta no elimina responsabilidades de la organización ni convierte cualquier decisión mayoritaria en aceptable. Aporta conocimiento situado que debe integrarse con evidencia y compromisos de protección durante el análisis de las aplicaciones.

La evaluación ética necesita conservar continuidad. Las consecuencias pueden aparecer después del despliegue o cambiar con nuevas formas de utilización. Por ello, deben existir canales para comunicar preocupaciones y procedimientos para examinarlas. También conviene considerar efectos acumulados de varias aplicaciones que por separado parecen limitados. Un conjunto de clasificaciones puede producir seguimiento intensivo o reducir oportunidades sin que un único sistema explique toda la consecuencia. La ética organizacional requiere observar esas relaciones y mantener capacidad de reconsideración. Su integración con gobernanza evita que principios permanezcan separados de presupuestos, autorizaciones y decisiones sobre aquello que se desarrolla, contrata o utiliza.

9.2.2. Fuentes de sesgo y evaluación contextual de equidad

Los sesgos pueden originarse en definiciones, observaciones y decisiones de implementación, además de datos de entrenamiento. Suresh y Guttag (2021) proponen un marco para comprender fuentes de daño a lo largo del ciclo de vida del aprendizaje automático. Esta perspectiva evita limitar el problema a corregir una base de datos. Una etiqueta puede representar acceso histórico a oportunidades y no una capacidad que se pretende evaluar. Del mismo modo, una muestra puede cubrir deficientemente ciertas situaciones. La identificación necesita examinar qué representa cada variable, cómo se produjo la información y qué relaciones institucionales influyeron en aquello que quedó registrado.

La evaluación debe considerar errores y consecuencias para grupos pertinentes, reconociendo que los promedios pueden ocultar diferencias. También necesita analizar intersecciones y condiciones

donde existe poca evidencia, sin atribuir estabilidad a resultados basados en observaciones insuficientes. La comparación requiere justificar categorías y proteger información. Recopilar atributos para evaluar equidad puede plantear necesidades y restricciones que deben examinarse antes de proceder. No existe una regla técnica universal que resuelva todos los contextos. La organización debe definir qué diferencias resultan relevantes y qué criterio de equidad corresponde a la finalidad, explicando límites y condiciones de las medidas utilizadas para evaluar sus aplicaciones.

Las métricas pueden representar propiedades distintas, como distribución de decisiones, igualdad de ciertos errores o calibración de probabilidades. Esas propiedades no son equivalentes y pueden entrar en tensión según condiciones del problema. Elegir una requiere razones relacionadas con consecuencias y contexto. Selbst et al. (2019) advierten sobre dificultades de abstraer sistemas de su entorno sociotécnico al abordar equidad. Esta perspectiva invita a estudiar procedimientos y relaciones, además de resultados del algoritmo. Una intervención puede mejorar una métrica y mantener barreras de acceso o revisión. La evaluación necesita conservar esa amplitud para no confundir ajuste matemático con justicia institucional plenamente alcanzada.

Las respuestas pueden incluir cambios en datos, objetivos, procedimientos y condiciones de utilización. En ocasiones corresponde recopilar evidencia adicional; en otras, limitar alcance o abandonar una aplicación. La elección debe contrastarse con efectos posteriores, evitando asumir que una corrección elimina definitivamente el problema. También deben revisarse mecanismos de retroalimentación que refuerzan decisiones anteriores. Si las oportunidades dependen del resultado del modelo, los registros futuros pueden reproducir su influencia. La gestión de sesgos requiere aprendizaje y vigilancia, manteniendo vías de cuestionamiento. Una declaración de neutralidad no sustituye análisis y puede dificultar que la organización reconozca consecuencias que necesita corregir.

9.2.3. Transparencia, explicaciones y posibilidades de impugnación

La transparencia consiste en proporcionar información pertinente sobre existencia, propósito y condiciones de los sistemas. Debe permitir comprender aspectos relevantes para la interacción o evaluación, sin suponer que publicar código garantiza comprensión. Distintos destinatarios requieren información diferente. Los usuarios necesitan conocer cómo se relaciona una aplicación con su experiencia; quienes supervisan requieren evidencia de funcionamiento y limitaciones; y las personas afectadas pueden necesitar razones para cuestionar resultados. La organización debe identificar esas necesidades y diseñar comunicaciones comprensibles. La transparencia debe vincularse con posibilidades de actuación, evitando documentos extensos que cumplen una función formal y no permiten resolver dudas o ejercer revisión efectiva.

La explicabilidad se refiere a capacidades para ofrecer razones comprensibles sobre resultados o funcionamiento, conforme al apartado 7.4. Su alcance debe comunicarse cuidadosamente. Una explicación aproximada puede describir influencia de variables sin reproducir exactamente todos los mecanismos internos. Asimismo, una variable influyente no demuestra causalidad ni justifica por sí misma una decisión. La evaluación necesita examinar fidelidad y utilidad para el destinatario. Las explicaciones pueden facilitar validación, pero no reemplazan pruebas de calidad. Tampoco debe utilizarse una narrativa generada después de actuar como evidencia automática de que esas fueron las razones efectivas utilizadas por el sistema o la organización.

La información debe equilibrarse con privacidad y seguridad sin convertir esas consideraciones en excusas generales para negar toda explicación. Puede ser necesario proporcionar distintos

niveles de detalle o mecanismos de acceso controlado. Lo esencial es conservar posibilidades suficientes de comprensión y revisión. También deben distinguirse límites técnicos y decisiones institucionales. Si una organización aplica una regla de elegibilidad, no debe atribuirla vagamente al algoritmo. Comunicar responsabilidades ayuda a identificar qué puede corregirse y quién tiene autoridad para hacerlo. La transparencia adquiere valor cuando permite verificar compromisos y discutir consecuencias, conservando protección de información legítimamente restringida.

La impugnación requiere un procedimiento que pueda reconsiderar resultados y examinar evidencia adicional. Repetir automáticamente la misma clasificación no constituye una revisión sustantiva. Deben establecerse responsables y canales accesibles, junto con mecanismos para corregir información y efectos posteriores. También conviene registrar patrones de reclamación que revelen problemas sistémicos. La posibilidad de cuestionar fortalece aprendizaje institucional y no debe interpretarse como una interferencia con eficiencia. Un sistema puede operar rápidamente y mantener decisiones incorrectas si carece de reparación. La confiabilidad necesita integrar funcionamiento y respuesta, reconociendo que explicar un error aporta poco cuando la organización no puede modificar sus consecuencias.

9.3. Marcos regulatorios y cumplimiento normativo

9.3.1. Capas normativas y determinación de obligaciones

La regulación de IA se articula con normas de protección de datos, consumo, trabajo, propiedad intelectual y reglas sectoriales, según actividad y jurisdicción. La ausencia de una ley específica sobre inteligencia artificial no implica ausencia de obligaciones. Una aplicación puede estar sujeta a reglas existentes por la información que procesa o por las consecuencias que produce. Por ello, el análisis debe comenzar por finalidad, personas afectadas y ámbito de actuación. También necesita distinguir desarrollo, suministro y utilización, pues las responsabilidades pueden variar. La selección tecnológica debe incorporar este examen antes de comprometer servicios o tratar información en condiciones difíciles de revertir.

Los instrumentos presentan distinta naturaleza jurídica. Una ley o reglamento puede establecer obligaciones exigibles dentro de su ámbito; una recomendación internacional orienta políticas y prácticas sin convertirse automáticamente en una obligación empresarial universal. Los estándares técnicos pueden ser voluntarios o adquirir relevancia por contratos, incorporación normativa u otros mecanismos aplicables. La organización debe distinguir esas situaciones y evitar presentar adhesión a principios como equivalente a cumplimiento legal. También debe examinar compromisos asumidos públicamente. Una política interna puede generar expectativas que requieren coherencia operativa, aunque su existencia no sustituya las autorizaciones y garantías previstas por las normas correspondientes al caso.

La Tabla 9.1 compara obligaciones jurídicas, recomendaciones internacionales y estándares técnicos, distinguiendo su naturaleza, alcance y aplicación para evitar equivalencias incorrectas al evaluar el cumplimiento organizacional.

Tabla 9.1

Diferencias entre obligaciones jurídicas, recomendaciones internacionales y estándares técnicos

Criterio	Obligaciones jurídicas	Recomendaciones internacionales	Estándares técnicos
Naturaleza	Deberes establecidos por fuentes jurídicas aplicables, como leyes y reglamentos.	Orientaciones adoptadas por organismos internacionales para promover principios, políticas y prácticas.	Documentos que establecen requisitos, especificaciones, métodos u orientaciones para actividades, productos o sistemas.
Finalidad	Regular conductas, proteger derechos y establecer responsabilidades exigibles.	Orientar actuaciones y favorecer criterios compartidos entre Estados y otros participantes.	Facilitar calidad, seguridad, interoperabilidad y consistencia de prácticas.
Fuerza obligatoria	Exigibles cuando la organización, actividad o situación está comprendida en su ámbito.	Por regla general, no crean por sí mismas obligaciones jurídicas directamente exigibles a todas las organizaciones. Debe examinarse cada instrumento.	Las normas de consenso, como las de ISO, son generalmente voluntarias. Determinados requisitos pueden adquirir obligatoriedad por incorporación normativa, contratos u otros mecanismos aplicables.
Ámbito de aplicación	Depende de criterios territoriales, materiales, personales y temporales definidos por la norma.	Depende de destinatarios, compromisos y mecanismos de implementación del instrumento.	Depende del objeto, versión, alcance y condiciones de adopción del estándar.
Forma de implementación	Mediante procedimientos y controles que satisfagan las obligaciones aplicables.	Mediante políticas, decisiones y prácticas que traduzcan sus orientaciones al contexto.	Mediante adopción de requisitos o métodos pertinentes, con evidencias de implementación.
Evaluación	Examina correspondencia entre prácticas y obligaciones jurídicas concretas.	Examina coherencia entre actuaciones, principios y compromisos asumidos.	Examina conformidad con requisitos definidos; puede incluir auditorías o certificación cuando corresponda.
Evidencias habituales	Registros, autorizaciones, comunicaciones, procedimientos y resultados exigidos para el caso.	Políticas, evaluaciones de impacto, decisiones documentadas y seguimiento de compromisos.	Documentación, registros de pruebas, auditorías y acciones correctivas según el estándar utilizado.

Criterio	Obligaciones jurídicas	Recomendaciones internacionales	Estándares técnicos
Consecuencias de incumplimiento	Pueden incluir medidas correctivas, sanciones o responsabilidades, según el régimen aplicable.	No equivalen automáticamente a sanciones legales; pueden generar cuestionamientos institucionales o reputacionales. Pueden existir efectos jurídicos por otros mecanismos.	Pueden afectar conformidad, certificación o compromisos contractuales. Las consecuencias legales dependen de su vinculación con obligaciones exigibles.
Relación con otros instrumentos	Puede incorporar o reconocer estándares y desarrollar principios presentes en recomendaciones.	Puede orientar elaboración de normas jurídicas y prácticas organizacionales.	Puede apoyar cumplimiento, sin sustituir el análisis de todas las obligaciones aplicables.
Precaución principal	No asumir que una obligación se aplica universalmente sin examinar alcance y vigencia.	No confundir adhesión a principios con cumplimiento legal demostrado.	No presentar una certificación como garantía absoluta de legalidad, ausencia de daños o confiabilidad de cada resultado.

Nota. La denominación de un documento no determina por sí sola sus efectos jurídicos. Deben revisarse su contenido, destinatarios y mecanismos de aplicación. Las recomendaciones internacionales y los estándares pueden relacionarse con obligaciones exigibles mediante incorporación normativa o compromisos específicos.

La comparación exige revisar cada instrumento y su contexto. Adoptar recomendaciones o estándares puede fortalecer prácticas responsables, pero no sustituye comprobar obligaciones jurídicas aplicables a la organización.

El alcance territorial requiere análisis específico cuando participan usuarios, proveedores y servidores de distintos países. La ubicación de infraestructura no resuelve por sí sola qué régimen resulta aplicable. Algunas normas consideran actividades, destinatarios u otras conexiones definidas en su texto. Asimismo, contratar un proveedor extranjero no transfiere automáticamente todas las obligaciones de la organización. Deben identificarse funciones y relaciones de tratamiento, además de condiciones contractuales. En servicios internacionales, puede ser necesario mantener requisitos diferenciados. La estrategia debe evitar copiar un único esquema y asumir que cubre cualquier contexto, conservando capacidad para actualizar análisis cuando cambian mercados, finalidades o participantes.

La determinación de obligaciones necesita utilizar fuentes oficiales y conservar fecha de revisión. En este capítulo, la referencia temporal para el panorama regulatorio es el 19 de octubre de 2026. Los detalles de vigencia y aplicación deben verificarse al implementar cada caso, porque reformas y disposiciones transitorias pueden modificar condiciones. Esta práctica forma parte del cumplimiento y debe asignarse a responsables concretos. También conviene distinguir proyectos, acuerdos políticos y normas publicadas, evitando tratarlos como equivalentes. La documentación debe mostrar qué texto sustenta cada requisito y cómo se interpreta para la aplicación, permitiendo revisión especializada cuando existen dudas relevantes sobre alcance o consecuencias.

9.3.2. Enfoques regulatorios y referencias comparadas

El Reglamento (UE) 2024/1689 establece un marco de IA con obligaciones diferenciadas según prácticas, riesgos y funciones de los participantes. Incluye prohibiciones de determinados usos, requisitos para sistemas de alto riesgo y disposiciones específicas sobre transparencia y modelos de propósito general. Estas categorías no deben interpretarse únicamente a partir del nombre comercial del producto. La finalidad prevista y las condiciones de utilización resultan relevantes. Una misma tecnología puede integrarse en aplicaciones con consecuencias diferentes. Para organizaciones fuera de la Unión Europea, debe examinarse si existe alguna conexión comprendida en su ámbito, evitando asumir aplicación mundial automática o exclusión absoluta por domicilio.

La aplicación europea se organiza mediante disposiciones y calendarios que requieren consultar versiones y orientaciones oficiales actualizadas. No corresponde trasladar una fecha general a todas las obligaciones ni suponer que un periodo transitorio elimina otros deberes vigentes. Las organizaciones deben identificar su función como proveedor, responsable de despliegue u otra figura pertinente, según el texto aplicable. También necesitan estudiar requisitos concretos antes de afirmar conformidad. El calendario oficial y las modificaciones asociadas a su implementación muestran la importancia de mantener seguimiento normativo. Una evaluación jurídica debe distinguir contenido sustantivo, fecha de exigibilidad y condiciones particulares del sistema o actividad analizados.

En América Latina, la protección de datos proporciona referencias centrales para muchas aplicaciones. Ecuador cuenta con la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales de 2021, mientras Brasil dispone de la Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, aprobada mediante la Ley 13.709 de 2018 y posteriormente modificada. Estos instrumentos no constituyen un régimen regional uniforme. Su alcance, instituciones y reglas deben examinarse por separado. Los ejemplos muestran que la utilización de IA requiere considerar marcos existentes sobre información personal. Su cumplimiento no puede inferirse de una política genérica ni de la afirmación del proveedor de que su servicio protege datos.

Las normas sectoriales pueden introducir condiciones adicionales en ámbitos como salud, finanzas o empleo. La organización necesita identificar si la aplicación participa en una actividad regulada y qué profesionales o autoridades intervienen. También debe considerar diferencias entre apoyo informativo y decisiones con efectos directos. Un asistente general no adquiere automáticamente autorización para realizar funciones especializadas por disponer de información técnica. El análisis debe conservar relación entre finalidad, competencia y consecuencias. La comparación internacional sirve para comprender enfoques y anticipar exigencias, pero no reemplaza determinación concreta de obligaciones. Las prácticas responsables deben adaptarse al contexto sin reducir protección a un mínimo documental.

9.3.3. Cumplimiento operativo y evidencia de conformidad

El cumplimiento necesita traducir obligaciones en actividades, responsables y evidencias. Una matriz puede relacionar requisitos con procedimientos y controles, siempre que sus contenidos se mantengan actualizados. También deben identificarse vacíos y decisiones pendientes antes de desplegar. El propósito no consiste en producir documentos aislados, sino en demostrar que las prácticas corresponden a condiciones exigibles. Cuando una obligación depende del contexto, debe conservarse la justificación del análisis. La revisión necesita considerar tanto diseño como utilización real. Una aplicación aprobada para apoyo puede terminar determinando decisiones automáticamente si el proceso cambia, generando diferencias relevantes entre documentación y

funcionamiento cotidiano.

El tratamiento de información personal requiere determinar finalidades y condiciones jurídicas aplicables, sin asumir que todo se resuelve mediante consentimiento. Según el régimen y el caso, pueden existir distintas bases y obligaciones, que deben verificarse expresamente. También conviene examinar derechos de información, acceso y revisión pertinentes, además de conservación y seguridad. Los mecanismos deben funcionar técnicamente y ser utilizables por sus destinatarios. Declarar una posibilidad de corrección aporta poco si no puede ejecutarse en sistemas dependientes. La organización necesita pruebas y responsables que permitan atender solicitudes y explicar decisiones dentro de las condiciones correspondientes al marco normativo aplicable.

La propiedad intelectual y las licencias requieren considerar entradas, herramientas y resultados. Tener acceso a un documento no significa disponer de autorización para cualquier tratamiento o distribución. Asimismo, utilizar un servicio generativo no garantiza que todo resultado pueda explotarse sin restricciones. Deben revisarse términos, procedencia y condiciones pertinentes al caso. Las obligaciones contractuales necesitan coordinarse con las legales, evitando promesas que excedan derechos disponibles. También conviene documentar aportes y revisiones cuando los materiales se incorporan a productos institucionales. La gestión responsable exige distinguir posibilidad técnica y autorización de uso, manteniendo procedimientos para resolver dudas antes de difundir contenidos o comprometer servicios.

El seguimiento normativo debe integrarse con contratación, gestión de cambios y revisión periódica. Las novedades necesitan evaluarse según su relevancia para aplicaciones existentes, evitando tratar toda publicación como obligación inmediata. Cuando se detecta incumplimiento, deben definirse medidas correctivas y verificar resultados. También es importante conservar mecanismos de supervisión suficientemente independientes y comunicar hallazgos a quienes pueden actuar. La evidencia debe corresponder al alcance afirmado: una evaluación parcial no autoriza declarar cumplimiento general. La conformidad es una condición que necesita mantenimiento y revisión, mientras que la responsabilidad ética puede exigir examinar consecuencias que las obligaciones expresas todavía no describen de manera específica.

9.4. Ciberseguridad, privacidad y gestión de riesgos de la IA

9.4.1. Superficies de exposición y amenazas específicas

La ciberseguridad de IA comprende protección de datos, componentes y servicios que participan en su funcionamiento. Los objetivos incluyen preservar confidencialidad, integridad y disponibilidad, además de controlar consecuencias de resultados manipulados. La superficie de exposición abarca fuentes, interfaces, dependencias y herramientas conectadas. Un modelo puede estar adecuadamente protegido y depender de documentos alterados o permisos excesivos. Por ello, el análisis necesita examinar el recorrido completo. También debe distinguir fallos accidentales y actuaciones adversarias, pues ambos pueden producir resultados inadecuados, aunque requieren investigaciones y medidas diferentes. La seguridad debe diseñarse según amenazas pertinentes y consecuencias de la aplicación.

Vassilev et al. (2025) presentan una taxonomía de ataques y mitigaciones en aprendizaje automático adversario. Su trabajo ayuda a distinguir amenazas según etapas, objetivos y capacidades. Entre las categorías relevantes se encuentran manipulación de datos de entrenamiento, evasión y ataques a privacidad. Estas posibilidades deben estudiarse sin asumir que todos los sistemas presentan idéntica exposición. El riesgo depende de accesos y contexto. Una organización necesita identificar

qué entradas pueden ser modificadas, qué componentes controla y qué evidencias permiten detectar alteraciones. La taxonomía aporta lenguaje común, mientras que la selección de defensas requiere evaluación concreta de las condiciones de funcionamiento.

En sistemas generativos, una inyección de instrucciones intenta alterar comportamiento mediante contenidos que no deberían poseer autoridad para dirigir la aplicación. Puede aparecer en documentos o entradas externas, especialmente cuando el sistema combina recuperación y herramientas. La protección necesita distinguir datos y autorizaciones, limitando acciones mediante controles externos al modelo. Una instrucción que pide ignorar contenidos maliciosos no constituye una defensa suficiente. También deben validarse argumentos y resultados antes de ejecutar operaciones. El diseño debe reducir consecuencias posibles de una interpretación equivocada, evitando que una respuesta generada pueda modificar sistemas o revelar información fuera de permisos definidos para la tarea.

La exposición de información puede ocurrir mediante entradas, registros, respuestas o servicios conectados. Los usuarios pueden introducir datos que no corresponde compartir y las aplicaciones pueden conservarlos más tiempo del necesario. Asimismo, determinadas consultas podrían revelar información sobre conjuntos o personas si no existen protecciones adecuadas. La evaluación necesita considerar combinación de datos y posibilidades de inferencia, sin limitarse a eliminar identificadores visibles. Los controles deben abarcar acceso, circulación y conservación. La seguridad no equivale a mantener secreto el funcionamiento completo: puede coexistir con transparencia pertinente, siempre que se definan niveles de información y procedimientos compatibles con las necesidades de revisión.

9.4.2. Defensa en profundidad y protección de información

La defensa en profundidad combina medidas para evitar que una única falla determine todo el resultado. Deben establecerse identidades y permisos según funciones, separar entornos y proteger credenciales. La aplicación necesita acceso únicamente a recursos requeridos y durante condiciones justificadas. También conviene revisar herramientas conectadas y limitar operaciones con consecuencias. Los controles deben ejecutarse en componentes con autoridad efectiva, evitando depender exclusivamente de instrucciones del modelo. La segmentación y las restricciones de comunicación pueden reducir propagación de incidentes. Su diseño debe conservar operatividad y procedimientos de excepción, sin crear barreras que incentiven usos paralelos fuera del control institucional.

La protección requiere administrar dependencias y procedencia de componentes. Bibliotecas, modelos y documentos pueden introducir riesgos si se incorporan sin revisión. Conviene mantener versiones identificables, verificar fuentes y disponer de procedimientos de actualización. También debe distinguirse disponibilidad pública y confiabilidad: un componente descargable puede necesitar evaluación y presentar restricciones de licencia. La organización necesita conocer qué utiliza y cómo responder ante vulnerabilidades o cambios. Estos mecanismos se relacionan con MLOps, pero deben incluir requisitos de seguridad y responsabilidades sobre terceros. La rapidez de experimentación no elimina necesidad de evaluar aquello que se incorpora a procesos donde circulará información o se ejecutarán acciones institucionales.

Las técnicas de protección de privacidad pueden reducir exposición bajo condiciones específicas. La privacidad diferencial introduce garantías formales mediante procedimientos y parámetros definidos, mientras el aprendizaje federado permite determinados arreglos de entrenamiento sin concentrar directamente todos los datos originales. Ninguna denominación garantiza por sí misma

ausencia de filtraciones o adecuación jurídica. Deben examinarse amenazas, implementación y consecuencias sobre utilidad. También conviene evitar complejidad innecesaria cuando una reducción de datos o un rediseño del proceso resuelve el problema. La selección requiere evidencia y conocimientos pertinentes, manteniendo claridad sobre qué protege cada medida y qué riesgos permanecen fuera de su alcance.

Las pruebas de seguridad deben representar condiciones y usos indebidos plausibles dentro de un entorno autorizado. Pueden examinar accesos, filtraciones, manipulación y comportamiento de herramientas, conservando límites para no afectar servicios o información reales. También deben evaluarse cambios, porque una nueva integración puede introducir exposición aunque el modelo permanezca igual. Los resultados necesitan priorización y corrección, distinguiendo posibilidad teórica e impacto demostrable. La organización debe conservar capacidad de repetir pruebas relevantes y verificar mitigaciones. La ausencia de fallos encontrados no demuestra seguridad absoluta, pero una evaluación documentada permite conocer mejor condiciones y justificar decisiones sobre alcance y controles.

9.4.3. Respuesta a incidentes, recuperación y riesgo residual

El marco de ciberseguridad del NIST (2024) articula funciones de gobernar, identificar, proteger, detectar, responder y recuperar. Esta orientación permite integrar IA con mecanismos institucionales de seguridad, evitando crear un circuito aislado. La detección debe considerar señales técnicas y reportes sobre comportamiento inadecuado. También necesita responsables que puedan investigar y actuar. Un resultado manipulado puede afectar decisiones sin producir una interrupción visible, por lo que la vigilancia no debe limitarse a disponibilidad. La organización requiere criterios para reconocer incidentes y diferenciar problemas de calidad, seguridad o uso, coordinando respuestas cuando varias dimensiones aparecen simultáneamente en un mismo acontecimiento.

La respuesta necesita procedimientos para contener efectos y conservar evidencia pertinente. Según el caso, puede ser necesario suspender funciones, limitar accesos o utilizar una versión y un procedimiento alternativos. También deben identificarse decisiones afectadas y posibilidades de reparación. Las comunicaciones necesitan precisión y coordinación con obligaciones aplicables, evitando afirmaciones prematuras sobre alcance. Registrar información suficiente ayuda a investigar, pero debe mantenerse protección de datos y accesos. Los ejercicios de preparación permiten comprobar si las medidas pueden ejecutarse. Un plan que depende de personas no disponibles o de herramientas comprometidas puede fallar precisamente cuando la organización necesita recuperar control.

La recuperación debe verificar integridad y condiciones de funcionamiento antes de reanudar. Restaurar disponibilidad no garantiza que datos y componentes estén libres de alteraciones. También conviene revisar si las causas persisten y si las medidas propuestas reducen exposición. Los aprendizajes deben incorporarse a procedimientos, formación y evaluación de proveedores. Algunas situaciones pueden justificar reducir alcance o retirar una aplicación. El riesgo residual debe identificarse y aceptarse por una función con autoridad suficiente, sin tratar aceptación como desaparición del problema. La decisión necesita condiciones de seguimiento y revisión, manteniendo relación entre beneficios esperados y consecuencias que todavía podrían producirse pese a los controles implementados.

La integración desarrollada muestra que gobernanza, ética, regulación y seguridad constituyen condiciones relacionadas de una IA confiable. La gobernanza organiza autoridad; la ética permite examinar fines y consecuencias; el cumplimiento identifica obligaciones; y la seguridad protege

funcionamiento e información. Su efectividad depende de evidencias, participación y capacidad de corregir. La organización inteligente conserva responsabilidad durante todo el ciclo de vida y evita confundir declaraciones con garantías. Sobre esta base, el capítulo siguiente integrará sostenibilidad, tendencias y escenarios futuros, considerando cómo orientar nuevas capacidades hacia una transformación digital que pueda sostener valor y legitimidad bajo condiciones cambiantes y diversas.

Figura 9.2

Gestión integrada de riesgos, respuesta y recuperación



La recuperación requiere verificar la integridad y las condiciones del servicio. Las lecciones del incidente permiten revisar controles, responsabilidades y preparación, fortaleciendo la capacidad de respuesta.

Sostenibilidad, tendencias y escenarios futuros de las organizaciones inteligentes

El futuro de las organizaciones inteligentes depende de decisiones que articulan capacidades tecnológicas, propósitos institucionales y consecuencias sociales y ambientales. Los avances en IA amplían posibilidades de acción, pero no establecen una trayectoria única ni garantizan resultados sostenibles. Como se mostró a lo largo de la obra, el valor surge de relaciones entre datos, procesos, personas y mecanismos de responsabilidad, dentro de condiciones concretas de utilización.

Este capítulo integra esas dimensiones y examina su proyección. Primero, analiza IA, sostenibilidad y responsabilidad social corporativa. Después, estudia IA agéntica, hiperautomatización y gemelos digitales. A continuación, propone escenarios como instrumentos de reflexión estratégica, distinguiéndolos de predicciones. Finalmente, desarrolla recomendaciones para una transformación responsable. El propósito es orientar decisiones presentes bajo incertidumbre, conservando capacidad de aprendizaje y revisión. La organización inteligente se comprende como una construcción institucional que debe sostener utilidad, legitimidad y condiciones de funcionamiento, además de incorporar innovaciones técnicas.



10.1. IA, sostenibilidad y responsabilidad social corporativa

10.1.1. Sostenibilidad y contribución a objetivos organizacionales y colectivos

La sostenibilidad exige examinar cómo las actividades actuales afectan condiciones económicas, sociales y ambientales a lo largo del tiempo. En una organización, implica considerar continuidad y consecuencias sobre actores que pueden quedar fuera de sus indicadores habituales. La IA puede apoyar ese análisis y contribuir a resolver problemas, aunque también introduce demandas y dependencias. Por ello, debe distinguirse utilizar IA para una finalidad sostenible de asegurar sostenibilidad en su desarrollo y operación. Ambas perspectivas se relacionan y requieren evaluación. Una aplicación ambientalmente orientada puede consumir recursos de manera desproporcionada o producir efectos sociales que necesitan revisión antes de afirmar una contribución favorable.

Vinuesa et al. (2020) examinan relaciones entre IA y Objetivos de Desarrollo Sostenible, identificando posibilidades de contribución y obstáculos. Su análisis permite reconocer que el efecto depende de condiciones y decisiones, sin presentar la tecnología como una solución universal. Para una organización, relacionar una iniciativa con un objetivo colectivo requiere explicar un mecanismo y aportar evidencia. Asociar una herramienta con sostenibilidad mediante una declaración resulta insuficiente. Debe precisarse qué resultado se busca, para quiénes y mediante qué actuaciones. También corresponde identificar consecuencias adversas y limitaciones, evitando que un beneficio previsto se utilice para omitir efectos relevantes sobre otras dimensiones.

Las aplicaciones pueden apoyar uso eficiente de materiales, detección de pérdidas y planificación de servicios, siempre que exista capacidad de actuar sobre resultados. Una alerta sobre desperdicio aporta poco si la organización no puede modificar compras o procesos. Asimismo, una mejora local puede desplazar consumo hacia otra etapa. El análisis necesita considerar límites y relaciones pertinentes, conforme a los criterios de evaluación del capítulo quinto. También debe distinguirse reducción por unidad y reducción total. Producir de manera más eficiente puede coexistir con mayor consumo agregado si aumenta suficientemente el volumen, por lo que ambos resultados deben observarse antes de interpretar beneficios ambientales.

La sostenibilidad requiere reconocer distribución de costos y beneficios. Una aplicación puede mejorar productividad y concentrar oportunidades en quienes poseen infraestructura o conocimientos especializados. También puede facilitar acceso cuando se adapta a necesidades y condiciones de usuarios. El diseño debe evaluar esas diferencias y evitar asumir una experiencia uniforme. En contextos latinoamericanos, la diversidad institucional y territorial exige estrategias compatibles con recursos y capacidades disponibles. La pertinencia puede favorecer soluciones graduales y cooperación, sin convertir limitaciones actuales en razones para excluir permanentemente. La contribución sostenible se construye mediante decisiones que amplían capacidades y protegen condiciones necesarias para mantener beneficios.

10.1.2. Huella ambiental, eficiencia y evaluación del ciclo de vida

La operación de IA utiliza infraestructura y recursos materiales que deben incluirse en su evaluación. El entrenamiento y la inferencia presentan perfiles diferentes, y el consumo acumulado depende de frecuencia, escala y configuración. La Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2025) analiza relaciones entre expansión de IA, centros de datos y sistemas energéticos. Esta perspectiva permite comprender que las necesidades digitales tienen soporte físico. Para una organización, resulta insuficiente observar únicamente el costo económico de una consulta. Conviene examinar recursos asociados y condiciones de provisión, distinguiendo información medida, estimada y no disponible

antes de comunicar conclusiones sobre impacto ambiental. IEA

Henderson et al. (2020) proponen avanzar hacia una comunicación sistemática del consumo energético y las emisiones del aprendizaje automático. Su trabajo destaca la importancia de definir condiciones para interpretar comparaciones. Un resultado ambiental necesita identificar qué actividades incluye y cómo se estimaron sus efectos. Deben considerarse infraestructura, localización y características del suministro cuando sean relevantes. También conviene evitar equivalencias llamativas basadas en supuestos incompatibles. La evaluación puede utilizar información disponible sin atribuir exactitud excesiva. Expresar límites permite mejorar conocimiento y reconocer necesidades de medición, en lugar de presentar una cifra aislada como descripción completa de toda la aplicación.

La perspectiva de ciclo de vida amplía el análisis hacia fabricación, utilización y retirada de equipos, según finalidad y alcance del estudio. También puede requerir examinar agua, materiales y residuos electrónicos, además de energía. Las alternativas deben compararse mediante servicios equivalentes y calidad suficiente. Un modelo pequeño puede reducir consumo operativo, aunque necesita comprobarse si conserva utilidad y evita repeticiones que anulen parte del ahorro. Del mismo modo, sustituir hardware puede aumentar eficiencia y producir impactos adicionales de fabricación. Las decisiones requieren examinar esas relaciones, evitando asumir que la opción más reciente o computacionalmente rápida será siempre la más conveniente ambientalmente.

La eficiencia debe acompañarse de gestión de demanda. Si disminuir costo facilita usos innecesarios o aumenta reiteración, el ahorro por operación puede no reducir consumo total. Conviene definir cuándo la generación aporta valor y cuándo basta recuperar información o aplicar un procedimiento simple. También pueden revisarse frecuencia de actualización, longitud de respuestas y reutilización de resultados, según condiciones de calidad. Estas decisiones conectan sostenibilidad y diseño del servicio. El propósito consiste en utilizar recursos proporcionados a la necesidad, conservando evidencia de resultados. Una política ambiental efectiva debe influir en selección y operación, además de incorporarse a comunicaciones institucionales sobre innovación.

10.1.3. Responsabilidad social y rendición de cuentas

La responsabilidad social corporativa comprende compromisos sobre efectos de la actividad empresarial y relaciones con sus participantes. En organizaciones públicas o sociales, principios semejantes pueden articularse con mandato y rendición de cuentas, respetando diferencias de finalidad. La IA necesita integrarse con esos compromisos y no funcionar como un ámbito separado. Las directrices de conducta empresarial responsable de la OCDE (2023) incluyen recomendaciones relacionadas con tecnología, ambiente y debida diligencia. Su alcance debe distinguirse de obligaciones jurídicas concretas. Como referencia, ayudan a examinar cómo identificar y atender impactos, manteniendo coherencia entre decisiones sobre innovación y prácticas que la organización declara sostener.

La debida diligencia requiere conocer consecuencias y responder de manera proporcionada, según contexto y relaciones. La organización debe examinar operaciones propias y dependencias pertinentes, sin asumir que externalizar elimina responsabilidad institucional. También conviene identificar cómo las decisiones de compra influyen en condiciones de información, trabajo y acceso. La selección de proveedores puede incorporar evidencia sobre prácticas relevantes y posibilidades de revisión. Estas condiciones deben traducirse en decisiones verificables. Una declaración favorable del proveedor puede orientar preguntas, pero no reemplaza análisis. La responsabilidad necesita reconocer qué puede controlar cada participante y qué limitaciones requieren medidas

adicionales o una modificación del alcance previsto.

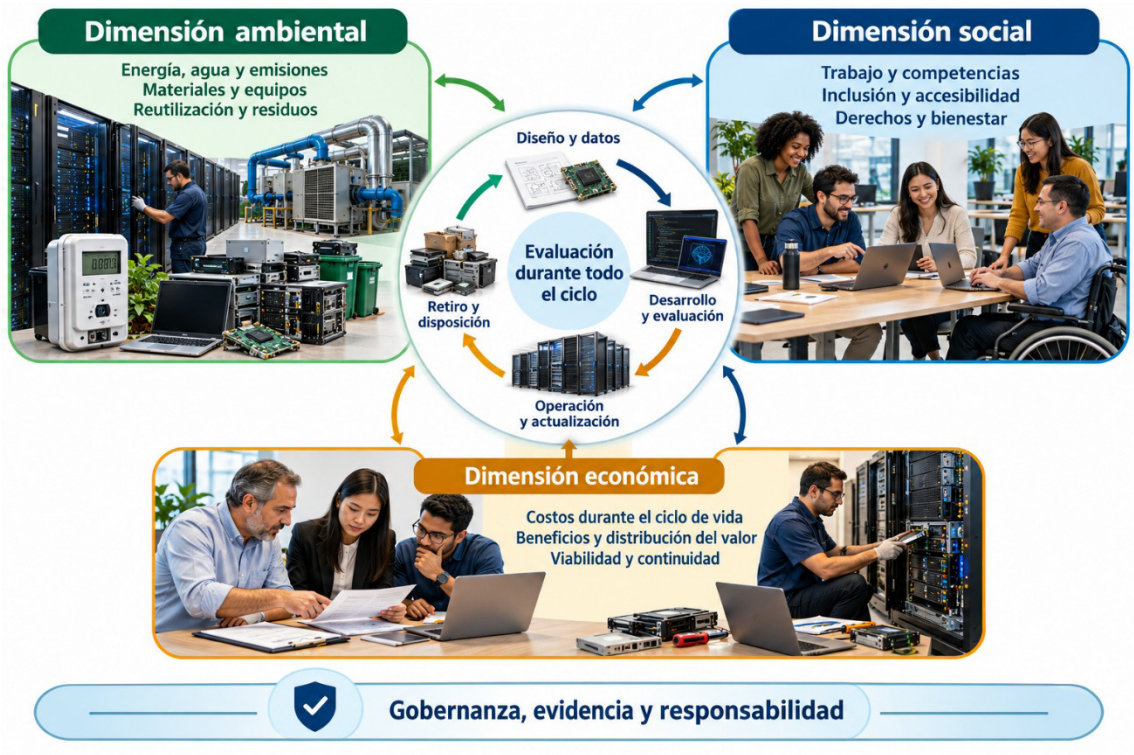
La rendición de cuentas debe comunicar beneficios y dificultades de manera comprensible. Conviene distinguir objetivos, resultados observados y proyecciones, evitando presentar efectos previstos como logros. También deben explicarse límites de información y criterios de comparación. Cuando una aplicación contribuye a mejoras compartidas con otras intervenciones, corresponde reconocer esa relación. La precisión protege confianza y facilita aprendizaje. Asimismo, deben existir medios para recibir observaciones y corregir afirmaciones. La comunicación responsable no consiste en exponer indiscriminadamente información sensible, sino en proporcionar evidencia suficiente para valorar compromisos y consecuencias, de acuerdo con las necesidades de usuarios, trabajadores y otros participantes relevantes.

La evaluación social necesita observar cambios en acceso, oportunidades y distribución del trabajo, conforme a los capítulos sexto y octavo. Un incremento de cobertura no garantiza inclusión si persisten barreras de comprensión o revisión. También pueden aparecer efectos acumulados que requieren seguimiento. Conviene establecer indicadores y espacios de deliberación donde las personas afectadas puedan aportar experiencias. Los resultados deben orientar recursos y ajustes, evitando convertir participación en una actividad simbólica. La sostenibilidad institucional se fortalece cuando la organización puede demostrar mejoras y responder por dificultades, manteniendo capacidad de reconocer que ciertas aplicaciones deben limitarse o sustituirse aunque produzcan beneficios parciales.

La Figura 10.1 relaciona las dimensiones ambiental, social y económica de la sostenibilidad con el ciclo de vida de la IA, desde el diseño hasta el retiro.

Figura 10.1

Dimensiones de sostenibilidad en el ciclo de vida de la IA



La sostenibilidad exige evaluar impactos y compensaciones entre dimensiones. Sus resultados dependen del contexto, los recursos utilizados y la distribución de beneficios, costos y responsabilidades.

10.2. Tendencias emergentes: IA agéntica, hiperautomatización y gemelos digitales

10.2.1. IA agéntica y ejecución de tareas orientadas a objetivos

La expresión IA agéntica describe sistemas capaces de organizar acciones para alcanzar objetivos dentro de un entorno y de condiciones establecidas. Pueden utilizar modelos para seleccionar pasos, consultar herramientas y adaptar actuaciones según resultados intermedios. El término no posee un uso único ni debe interpretarse como autonomía ilimitada. Schluntz y Zhang (2024) distinguen flujos predefinidos y agentes que dirigen dinámicamente parte de su proceso. Esta distinción resulta útil para analizar diseño, aunque representa una propuesta de ingeniería y no una clasificación universal. La organización debe precisar qué decisiones delega y qué componentes conservan autoridad sobre permisos y ejecución.

La diferencia respecto de una interacción aislada reside en la posibilidad de mantener una secuencia de acciones y utilizar información obtenida durante su ejecución. Un sistema puede preparar una consulta, revisar resultados y seleccionar otro paso. Sin embargo, esa capacidad introduce dependencias y posibilidades de error acumulado. Una interpretación equivocada puede orientar acciones posteriores y ampliar consecuencias. Por ello, deben definirse criterios de terminación, límites de recursos y condiciones para solicitar intervención. También conviene distinguir estados internos propuestos por el modelo de acontecimientos confirmados por servicios externos, evitando que una acción imaginada se considere realizada sin evidencia de ejecución.

La evaluación debe considerar tareas completas y situaciones de recuperación. Resolver correctamente un paso no garantiza completar el objetivo dentro de restricciones. Conviene examinar acciones innecesarias, costos, tiempos y consecuencias de fallos. También debe probarse qué ocurre cuando una herramienta devuelve información incompleta o el entorno cambia. El diseño necesita puntos de comprobación y operaciones delimitadas, según impacto y reversibilidad. Estas condiciones se relacionan con autonomía y seguridad de los capítulos séptimo y noveno. La ampliación de capacidades debe acompañarse de evidencia sobre funcionamiento, evitando que una demostración convincente se utilice como argumento suficiente para delegar procesos extensos sin supervisión efectiva.

El desarrollo de agentes puede modificar coordinación entre personas, aplicaciones y proveedores. Las organizaciones necesitan acuerdos sobre identidad, permisos y trazabilidad para que las actuaciones puedan interpretarse. También debe evitarse que varios componentes se asignen tareas recíprocamente sin límites claros. La cooperación entre agentes no elimina necesidad de reglas institucionales y puede aumentar dificultad de investigación. Su pertinencia depende de que la flexibilidad aporte valor frente a flujos más simples. La tendencia debe evaluarse mediante problemas concretos y capacidades demostradas, conservando posibilidad de reducir autonomía cuando la incertidumbre o las consecuencias exceden aquello que el sistema puede gestionar de manera confiable.

10.2.2. Hiperautomatización e integración de procesos organizacionales

La hiperautomatización se utiliza para describir una integración amplia de tecnologías destinadas a analizar, ejecutar y mejorar procesos. Puede combinar automatización robótica, gestión de flujos, minería de procesos y capacidades de IA, entre otros componentes. La denominación no identifica por sí misma una arquitectura estandarizada ni un nivel comprobado de madurez. Su interés radica en coordinar automatizaciones que antes permanecían aisladas. Como se explicó en el apartado 5.1, automatizar una tarea puede aportar poco si persisten restricciones en otras etapas.

Una perspectiva integrada necesita examinar el recorrido completo y definir cómo se relacionan decisiones, excepciones y responsables.

La integración permite que un acontecimiento active tareas y transfiera información entre aplicaciones. Para sostenerla se requieren definiciones consistentes y mecanismos de control, conforme al capítulo tercero. Una cadena puede fallar aunque cada componente funcione individualmente si interpreta estados o identidades de manera diferente. También deben contemplarse reintentos y acciones parcialmente completadas. La organización necesita conocer qué ocurrió antes de repetir operaciones o iniciar compensaciones. El diseño debe evitar que ampliar conectividad produzca propagación de errores. La coordinación automatizada requiere información verificable y límites, especialmente cuando afecta registros, recursos o compromisos que no pueden revertirse mediante una corrección sencilla.

La mejora continua puede apoyarse en registros de funcionamiento para reconocer demoras y excepciones. Sin embargo, observar actividad no equivale a comprender todas sus causas. Algunas variantes responden a necesidades legítimas y no deben eliminarse para simplificar el sistema. También existe el riesgo de aumentar vigilancia sin mejorar condiciones de trabajo. La evaluación debe incluir experiencia de usuarios y trabajadores, junto con indicadores del proceso. La automatización integrada resulta pertinente cuando reduce dificultades y conserva capacidad de intervención. Su finalidad no debe confundirse con eliminar toda participación humana, pues ciertas actividades necesitan deliberación o conocimiento contextual que forma parte del valor ofrecido.

La ampliación debe realizarse según capacidades y dependencias. Una organización puede integrar procesos gradualmente y mantener procedimientos alternativos mientras verifica resultados. La búsqueda de cobertura completa puede aumentar complejidad y costos sin beneficios suficientes. También debe considerarse concentración tecnológica y dificultad de sustitución. Conviene seleccionar componentes que permitan documentar relaciones y conservar alternativas razonables. La hiperautomatización adquiere significado estratégico cuando mejora coordinación y aprendizaje, manteniendo capacidad de modificar procesos. No constituye un destino inevitable ni una condición necesaria para toda organización inteligente: su pertinencia depende del problema, del alcance y de los recursos que pueden sostener su operación.

10.2.3. Gemelos digitales y representación dinámica de sistemas

Un gemelo digital puede entenderse como una representación digital vinculada con una entidad o sistema de interés, actualizada mediante información pertinente para finalidades definidas. No equivale automáticamente a una visualización tridimensional ni exige que toda actualización ocurra en tiempo real. Shao (2024) examina usos, desafíos y estandarización de gemelos digitales en manufactura. Su trabajo ayuda a reconocer que la utilidad depende de conexiones y condiciones de confianza. La representación debe precisar qué aspectos conserva y qué decisiones permite examinar. Un modelo visualmente detallado puede resultar insuficiente si no representa relaciones necesarias para la tarea o utiliza información desactualizada.

La conexión con datos permite actualizar estados y comparar comportamiento observado y esperado. También puede incorporar simulaciones para explorar alternativas antes de intervenir. La IA puede aportar estimaciones o reconocer patrones, mientras otros componentes representan relaciones físicas y operativas. Estas funciones necesitan validación según finalidad. Una representación adecuada para formación puede no ser suficiente para controlar una operación. La fidelidad debe evaluarse respecto de decisiones y condiciones relevantes, evitando equipararla con

complejidad o apariencia. También deben documentarse incertidumbres y límites, especialmente cuando cambios de régimen alteran relaciones que previamente se habían utilizado para simular o predecir funcionamiento.

Los gemelos pueden apoyar mantenimiento, programación y análisis de consecuencias, conectando aplicaciones examinadas en el capítulo quinto. Sin embargo, ejecutar cambios automáticamente a partir de la representación requiere controles adicionales y no constituye una propiedad obligatoria de todo gemelo. Debe distinguirse observar, simular y actuar. La integración necesita gestionar versiones, fuentes y permisos, conservando trazabilidad de escenarios y resultados. También corresponde examinar protección de información sobre instalaciones y procesos. El diseño debe permitir reconocer discrepancias y evitar que decisiones importantes se basen en una representación cuyo estado ya no corresponde suficientemente con las condiciones del sistema observado.

Thomas (2024) analiza costos, beneficios y condiciones de decisión económica para gemelos digitales en manufactura. Esta perspectiva refuerza que la inversión necesita justificarse por usos y resultados, además de posibilidades técnicas. La organización debe considerar instrumentación, integración y mantenimiento de la representación. Un gemelo abandonado puede conservar apariencia de vigencia y producir interpretaciones equivocadas. Conviene comenzar por un alcance donde sea posible contrastar utilidad y ampliar cuando exista evidencia. Su contribución depende de mejorar comprensión y decisiones, manteniendo recursos y responsabilidades para actualizarlo. La tecnología aporta valor cuando representa lo necesario con calidad suficiente para la finalidad que justifica su existencia.

10.3. Escenarios futuros de las organizaciones inteligentes

10.3.1. Prospectiva, incertidumbres y construcción de escenarios

La prospectiva estratégica utiliza futuros alternativos para examinar supuestos y decisiones presentes. Un escenario es una descripción coherente de condiciones posibles y sus relaciones, no una predicción exacta ni una promesa. La OCDE (2025) propone herramientas para cuestionar supuestos, construir escenarios y someter estrategias a prueba. Aunque su marco se orienta a políticas públicas, aporta criterios metodológicos que pueden adaptarse a organizaciones. Esta adaptación requiere justificar propósito y participantes. El valor consiste en reconocer vulnerabilidades y opciones que una única proyección puede ocultar, conservando claridad sobre qué elementos proceden de evidencia y cuáles corresponden a hipótesis formuladas para explorar incertidumbre.

La construcción debe comenzar por una pregunta y un horizonte pertinentes. Examinar capacidades del próximo periodo operativo exige un enfoque distinto de explorar transformaciones institucionales de largo plazo. También conviene identificar factores relacionados con tecnología, recursos, regulación y expectativas sociales. Algunos presentan continuidad relativa y otros alta incertidumbre. La selección debe concentrarse en aquellos que podrían modificar decisiones relevantes, evitando listas extensas sin conexión. Los participantes necesitan contrastar perspectivas y explicitar desacuerdos. La IA puede ayudar a organizar información o generar alternativas, pero no convierte narrativas producidas automáticamente en evidencia ni garantiza que representen adecuadamente la diversidad de condiciones posibles.

Para este capítulo se proponen cuatro escenarios como ejercicios analíticos propios, construidos mediante dos dimensiones: desarrollo de capacidades institucionales y efectividad de gobernanza. Su combinación permite explorar condiciones contrastantes sin atribuir probabilidades ni fechas de realización. Las capacidades incluyen datos, talento e integración; la gobernanza comprende

decisiones, revisión y responsabilidad efectiva. Estas dimensiones no son independientes en toda situación, pero distinguirlas permite examinar tensiones. Una organización puede ampliar tecnología más rápido que su supervisión o mantener criterios responsables con recursos limitados. Los escenarios buscan mostrar esas diferencias y orientar preguntas, sin establecer una escala inevitable de progreso institucional.

Los escenarios deben conservar consistencia y evitar equivalencias simplificadas entre tamaño y capacidad. Una empresa pequeña puede coordinar decisiones mejor que una institución extensa y fragmentada. Asimismo, recursos abundantes no garantizan gobernanza efectiva. La exploración necesita considerar relaciones con proveedores y entorno, además de características internas. También debe distinguir deseabilidad y plausibilidad: un futuro preferido puede requerir decisiones difíciles, mientras otro desfavorable puede derivarse de actuaciones actualmente convenientes. Los escenarios se utilizan para preguntar qué condiciones producirían cada trayectoria y qué señales permitirían reconocer cambios. Su utilidad depende de conectarlos con decisiones que la organización puede revisar o preparar.

10.3.2. Capacidades amplias: integración responsable o expansión frágil

El primer escenario, de integración responsable, combina capacidades institucionales desarrolladas y gobernanza efectiva. Los datos mantienen condiciones de uso y los equipos pueden evaluar resultados, mientras las decisiones incorporan consecuencias sociales y ambientales. La IA participa en procesos donde existe evidencia de utilidad y posibilidades de revisión. Las personas conservan competencias y canales para cuestionar actuaciones. Este escenario no supone ausencia de errores: se caracteriza por capacidad para detectarlos y responder. La organización puede ampliar ciertas funciones y limitar otras según impacto. Su fortaleza reside en que aprendizaje, recursos y responsabilidades evolucionan de manera coordinada, evitando que la innovación dependa únicamente de iniciativas aisladas.

En esta trayectoria, la diferenciación puede apoyarse en conocimiento especializado y calidad de relaciones, conforme al apartado 4.4. La organización utiliza herramientas accesibles y desarrolla capacidades complementarias para producir servicios pertinentes. También mantiene alternativas y revisa dependencia de terceros. El desafío consiste en sostener coordinación sin convertir controles en obstáculos innecesarios. A medida que aumentan aplicaciones, necesita priorizar revisiones y conservar visibilidad sobre efectos acumulados. Las señales de avance incluirían correcciones oportunas, aprendizajes transferidos y beneficios sostenidos bajo distintas condiciones. Estos elementos constituyen criterios de observación del escenario y no resultados garantizados por adoptar una política o una tecnología determinada.

El segundo escenario, de expansión frágil, combina capacidades tecnológicas amplias y gobernanza insuficiente. La organización incorpora aplicaciones y automatiza decisiones, pero sus responsabilidades y controles no crecen al mismo ritmo. Los indicadores muestran actividad y ahorros parciales, mientras dependencias y consecuencias permanecen poco visibles. La integración puede propagar errores entre sistemas y dificultar identificación de causas. Los trabajadores reciben resultados que no pueden revisar adecuadamente, y los usuarios encuentran barreras para corregir actuaciones. La fragilidad puede mantenerse oculta durante funcionamiento habitual y hacerse evidente ante cambios o interrupciones. El problema no consiste en falta de tecnología, sino en insuficiente capacidad institucional para orientar y controlar su utilización.

Esta trayectoria puede favorecer concentración de conocimiento y dependencia de servicios externos. Los beneficios iniciales dificultan cuestionar aplicaciones, especialmente cuando los

costos de salida aumentan. También puede deteriorarse confianza si las promesas no corresponden con resultados o si las personas no obtienen explicaciones y reparación. Las señales incluirían excepciones acumuladas, controles meramente formales y decisiones cuyo responsable no puede identificarse. La respuesta estratégica requiere revisar alcance y reconstruir condiciones de supervisión, aunque ello reduzca temporalmente velocidad de expansión. El escenario permite reconocer que una organización altamente digitalizada puede conservar vulnerabilidades importantes y que madurez tecnológica y responsabilidad no deben tratarse como equivalentes.

10.3.3. Capacidades limitadas: cooperación selectiva o fragmentación dependiente

El tercer escenario, de adopción selectiva y cooperativa, combina recursos limitados y gobernanza orientada a responsabilidad. La organización selecciona problemas acotados y evita comprometer funciones que no puede supervisar. Puede apoyarse en alianzas para formación, infraestructura y evaluación, manteniendo claridad sobre responsabilidades. La transformación avanza de manera gradual y utiliza soluciones proporcionadas, incluyendo mejoras que no requieren IA. Su limitación principal es ritmo y alcance, pero conserva capacidad de comprender decisiones. Este escenario muestra que responsabilidad no exige disponer de todas las tecnologías y que una organización puede construir inteligencia institucional mediante aprendizaje y coordinación, aunque opere bajo restricciones materiales significativas.

La cooperación puede facilitar acceso a conocimientos y reducir duplicación de esfuerzos, siempre que los acuerdos mantengan pertinencia local. Instituciones educativas, asociaciones y proveedores pueden contribuir con capacidades complementarias. Sin embargo, compartir una solución no garantiza que funcione en todos los participantes. Deben conservarse evaluaciones y posibilidades de ajuste. Las señales favorables incluirían transferencia de conocimiento, adopciones mantenibles y reducción progresiva de brechas. El desafío consiste en que la prudencia no se transforme en inmovilidad y que la colaboración no concentre autoridad fuera de la organización. La estrategia necesita identificar capacidades que conviene conservar internamente y oportunidades de ampliación respaldadas por evidencia.

El cuarto escenario, de fragmentación dependiente, combina capacidades limitadas y gobernanza débil. Diferentes unidades incorporan herramientas para resolver urgencias sin coordinación ni criterios compartidos. La información circula en copias y las decisiones dependen de conocimientos individuales. Puede existir entusiasmo y uso frecuente, pero los resultados son difíciles de comparar y mantener. Las condiciones de proveedores se aceptan sin evaluación suficiente y las aplicaciones permanecen desconectadas de objetivos. El problema no debe atribuirse a falta de disposición de los trabajadores: también refleja ausencia de apoyo y decisiones institucionales. La transformación aparente puede aumentar carga y exposición sin construir capacidades que permanezcan disponibles.

Las señales de esta trayectoria incluirían registros incompatibles, uso de cuentas informales y proyectos que se abandonan cuando cambia una persona. La respuesta necesita priorizar condiciones básicas de coordinación, acceso y aprendizaje antes de ampliar automatización. También conviene recuperar experiencias útiles y evitar descartar todo lo realizado. Los cuatro escenarios permiten examinar estrategias bajo condiciones diferentes: algunas decisiones, como documentar y formar, aportan valor en varias trayectorias; otras requieren capacidades específicas. La organización debe revisar señales y actualizar hipótesis. La prospectiva resulta útil cuando prepara actuaciones y amplía opciones, conservando reconocimiento de que los escenarios son instrumentos de análisis y no descripciones anticipadas de hechos.

La Tabla 10.1 sintetiza cuatro escenarios analíticos según capacidades institucionales y efectividad de la gobernanza, relacionando condiciones, señales y respuestas estratégicas para orientar decisiones presentes bajo incertidumbre.

Tabla 10.1

Escenarios futuros según capacidades institucionales y efectividad de la gobernanza

Escenario	Capacidades institucionales	Efectividad de la gobernanza	Características y señales orientadoras	Respuesta estratégica
Integración responsable	Amplias y articuladas: datos interpretables, talento preparado e integración tecnológica mantenible.	Alta: responsabilidades claras, evaluación, participación y mecanismos efectivos de revisión.	Las aplicaciones responden a objetivos definidos. Se observan beneficios sostenidos, correcciones oportunas y transferencia de aprendizajes. Los efectos sociales y ambientales forman parte de las decisiones.	Ampliar aplicaciones con evidencia, mantener supervisión proporcional y revisar dependencias y efectos acumulados. Evitar que el crecimiento debilite la coordinación.
Expansión frágil	Amplias, con capacidad para incorporar aplicaciones y automatizar procesos.	Insuficiente frente al alcance y la velocidad de adopción.	Aumentan herramientas e interconexiones sin controles equivalentes. Aparecen excepciones acumuladas, revisiones formales y dificultades para identificar responsables o corregir consecuencias.	Revisar el alcance de la automatización, fortalecer supervisión y trazabilidad, y resolver vulnerabilidades antes de continuar la expansión.
Adopción selectiva y cooperativa	Limitadas, pero reconocidas y desarrolladas progresivamente mediante prioridades y alianzas.	Efectiva para el alcance asumido: decisiones delimitadas y atención a consecuencias.	Se seleccionan problemas acotados y soluciones mantenibles. La cooperación facilita formación y acceso a recursos, conservando evaluación local y claridad de responsabilidades.	Fortalecer capacidades habilitadoras, compartir aprendizajes y ampliar usos gradualmente. Preservar comprensión y autoridad institucional dentro de las alianzas.

Escenario	Capacidades institucionales	Efectividad de la gobernanza	Características y señales orientadoras	Respuesta estratégica
Fragmentación dependiente	Limitadas y dispersas, con integración débil y conocimiento concentrado en personas.	Débil: ausencia de criterios compartidos y supervisión insuficiente.	Proliferan herramientas aisladas, registros incompatibles y cuentas informales. Los proyectos dependen de personas concretas y pueden abandonarse cuando estas cambian de función.	Establecer coordinación básica, responsables, condiciones de acceso y formación. Recuperar experiencias útiles y organizar dependencias antes de ampliar automatización.

Nota. Las capacidades institucionales comprenden datos, talento e integración; la efectividad de la gobernanza comprende orientación, responsabilidades, revisión y respuesta. Los escenarios son construcciones analíticas, no predicciones, clasificaciones validadas ni etapas obligatorias. No se les asignan probabilidades ni fechas de realización.

Los escenarios permiten contrastar estrategias y reconocer vulnerabilidades. Su utilidad depende de revisar señales, cuestionar supuestos y preparar alternativas, sin tratarlos como trayectorias inevitables de evolución institucional.

10.4. Recomendaciones estratégicas para una transformación digital responsable

10.4.1. Priorizar problemas y construir capacidades proporcionadas

La primera orientación consiste en vincular cada iniciativa con un problema y un resultado institucional. La formulación debe identificar quiénes necesitan la mejora y qué decisiones permitirán producirla. Conviene comparar alternativas y seleccionar la intervención suficiente, sin asumir que mayor complejidad representa progreso. Esta disciplina integra los fundamentos del capítulo primero y la estrategia del cuarto. También permite reducir inversiones sin propósito y reconocer cuándo un cambio de procedimiento aporta más que un modelo. La organización debe conservar preguntas sobre pertinencia durante la implementación, pues una solución inicialmente adecuada puede perder sentido cuando cambian necesidades o condiciones de funcionamiento.

La construcción de capacidades debe seguir dependencias y no únicamente visibilidad de resultados. Datos interpretables, integración y responsabilidades pueden requerir inversión antes de ampliar aplicaciones. Estas condiciones deben justificarse mediante usos y decisiones que habilitan, evitando infraestructuras extensas sin demanda clara. También conviene conservar modularidad y opciones de sustitución. Una arquitectura puede ser adecuada para el presente y necesitar cambios posteriores, por lo que deben documentarse relaciones y límites. La estrategia debe reconocer qué decisiones son difíciles de revertir y reservar flexibilidad donde exista incertidumbre. Construir capacidades proporcionadas significa coordinar recursos con objetivos, sin confundir preparación con acumulación indiscriminada de tecnología.

La evaluación necesita comenzar antes del desarrollo y continuar durante utilización. Deben definirse referencias, criterios de éxito y condiciones para detener o modificar. También es importante registrar supuestos y distinguir resultados confirmados de estimaciones. Los capítulos

quinto a séptimo muestran que precisión y actividad no equivalen automáticamente a valor. La organización debe observar consecuencias y costos completos, incluyendo trabajo de revisión y efectos sobre otras unidades. Esta información permite reasignar recursos y aprender. Una iniciativa puede aportar conocimiento aunque no se amplíe, siempre que ese aprendizaje sea documentado y útil para decisiones posteriores, en lugar de utilizarse como justificación indefinida de resultados insuficientes.

La ampliación debe sustentarse en capacidad de operación y adopción, además de pruebas técnicas. Un piloto favorable puede depender de atención extraordinaria o condiciones que no se mantienen con mayor volumen. Conviene identificar esas dependencias y comprobar respuesta ante variaciones. También deben prepararse procedimientos alternativos y recursos de mantenimiento. La transformación responsable admite distintos ritmos según consecuencias y preparación. Algunas aplicaciones pueden avanzar rápidamente; otras requieren evaluación más extensa. La decisión debe explicarse mediante evidencias y prioridades, evitando que presiones por mostrar innovación determinen autonomía o alcance sin condiciones suficientes para sostener calidad y responder cuando aparecen dificultades.

10.4.2. Integrar personas, responsabilidad y sostenibilidad

La formación y participación deben incorporarse a cada iniciativa desde su formulación. Los trabajadores necesitan comprender cambios, aportar conocimiento y disponer de oportunidades para desarrollar competencias. También deben revisarse cargas y trayectorias, conforme al capítulo octavo. La tecnología puede liberar capacidad y crear nuevas exigencias; corresponde decidir cómo se distribuirán ambas. La participación debe influir en diseño y evaluación, evitando consultas que no permiten modificar nada. Una organización inteligente construye capacidades con sus integrantes y reconoce que comprender excepciones, mantener calidad y coordinar actividades constituye trabajo que necesita recursos, reconocimiento y condiciones adecuadas para realizarse de manera sostenible.

La responsabilidad requiere decisiones identificables y mecanismos de revisión. Cada aplicación necesita un alcance autorizado, responsables y condiciones de continuidad. Las herramientas no deben incorporar facultades nuevas únicamente porque sea técnicamente posible conectarlas. Conviene examinar consecuencias y mantener permisos proporcionados. También debe conservarse acceso a evidencias y posibilidades de reparación para personas afectadas. Estos criterios integran gobernanza y experiencia, evitando que controles se limiten a la documentación. La responsabilidad se demuestra cuando la organización puede explicar qué utiliza, por qué lo utiliza y cómo responde ante problemas, manteniendo capacidad para corregir o retirar aplicaciones cuando sus condiciones dejan de ser aceptables.

La sostenibilidad debe influir en selección, contratación y operación. Conviene considerar consumo, efectos sociales y posibilidades de mantenimiento mediante un alcance explícito de evaluación. Las decisiones deben evitar desplazar costos hacia trabajadores, comunidades u otras etapas de la cadena. También corresponde comunicar beneficios ambientales con evidencia y límites, sin utilizar asociaciones generales con innovación como prueba. Una solución menos compleja puede resultar adecuada si conserva utilidad y reduce dependencias. La sostenibilidad institucional necesita reconocer que recursos y legitimidad son condiciones de continuidad. Su integración debe mantenerse durante todo el ciclo de vida, incluyendo actualización y retirada de componentes y servicios.

La cooperación puede fortalecer capacidades cuando existen restricciones, siempre que preserve

comprensión y autoridad. Las alianzas deben establecer objetivos y responsabilidades, además de mecanismos para compartir aprendizaje. También conviene apoyar recursos y criterios adaptables a distintos contextos, evitando trasladar soluciones sin examinar condiciones locales. En organizaciones pequeñas, la proporcionalidad permite mecanismos sencillos que conserven eficacia. La responsabilidad no debe convertirse en una exigencia documental inaccesible, pero tampoco puede omitirse por limitaciones de tamaño. La prioridad consiste en construir controles que puedan ejecutarse y mejorarse, manteniendo protección y capacidad de revisión en relación con las consecuencias de cada aplicación concreta.

10.4.3. Aprendizaje continuo y orientación institucional del futuro

La vigilancia estratégica debe examinar cambios relevantes para objetivos, sin perseguir cada novedad disponible. Conviene distinguir capacidades demostradas, desarrollos experimentales y expectativas comerciales. También deben revisarse dependencias, condiciones de uso y efectos de nuevas integraciones. La información necesita traducirse en decisiones: explorar, esperar, adoptar o sustituir según evidencia. Los escenarios del apartado anterior ayudan a contrastar supuestos y preparar alternativas. La organización debe conservar una interpretación propia del entorno, apoyada en conocimientos diversos. Esta capacidad evita depender exclusivamente de narrativas de proveedores y permite reconocer cuándo una innovación modifica realmente posibilidades de servicio o exige revisar riesgos y recursos.

El aprendizaje continuo requiere revisar resultados y actualizar prácticas. Los incidentes, desacuerdos y usos satisfactorios deben aportar información para decisiones posteriores, sin reducir evaluación a búsqueda de culpables o celebración de éxitos. También conviene conservar memoria institucional para evitar repetir problemas. Los criterios pueden cambiar cuando existe evidencia nueva, pero deben explicarse y documentarse. La capacidad dinámica examinada en el capítulo primero se expresa aquí mediante reconocimiento de necesidades, movilización de recursos y reconfiguración responsable. La organización inteligente sostiene esa relación entre conocimiento y acción, evitando que experiencia acumulada se convierta en rigidez o que adaptación implique abandonar propósitos fundamentales ante cada variación.

La autonomía algorítmica necesita revisarse de manera deliberada. Nuevas capacidades no obligan a delegar todas las decisiones ni justifican mantener distribuciones inadecuadas. Conviene examinar qué funciones pueden ampliarse y cuáles requieren intervención profesional, considerando calidad, reversibilidad y consecuencias. También deben conservarse competencias para supervisar y actuar cuando el sistema falla. Esta orientación no depende de anticipar una tecnología definitiva, sino de construir condiciones para evaluar lo que aparezca. La transformación responsable mantiene capacidad de elección y evita que dependencias acumuladas determinen su trayectoria. Su fortaleza consiste en incorporar innovaciones útiles sin perder comprensión, autoridad y responsabilidad sobre aquello que la organización hace.

La Figura 10.2 integra propósito, datos, infraestructura, aplicaciones de IA, talento, gobernanza y sostenibilidad, articulados mediante evaluación y aprendizaje continuo para orientar una transformación digital responsable.

Figura 10.2

Modelo integrador de transformación digital responsable



La transformación responsable exige coherencia entre estos componentes. Su revisión conjunta permite ajustar decisiones, reconocer impactos y orientar la creación de valor organizacional y social sostenible.

El recorrido de la obra permite comprender que una organización inteligente integra tecnologías y capacidades humanas para aprender, coordinar decisiones y adaptar propuestas de valor. Su desarrollo necesita fundamentos conceptuales, datos confiables, estrategia, aplicaciones pertinentes y gobernanza efectiva. La sostenibilidad y la prospectiva amplían esa mirada hacia consecuencias y alternativas futuras. Ninguna herramienta resuelve por sí misma esta articulación. La contribución de la IA depende de decisiones institucionales que puedan justificarse, evaluarse y revisarse. La transformación digital responsable se sostiene cuando la innovación mejora resultados y oportunidades, conserva dignidad y confianza y utiliza recursos de manera proporcionada a necesidades concretas y propósitos compartidos.

BIBLIOGRAFÍA

Amershi, S., Weld, D., Vorvoreanu, M., Fourney, A., Nushi, B., Collisson, P., Suh, J., Iqbal, S., Bennett, P. N., Inkpen, K., Teevan, J., Kikin-Gil, R., & Horvitz, E. (2019). Guidelines for human-AI interaction. En *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–13). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3290605.3300233

Armbrust, M., Ghodsi, A., Xin, R., & Zaharia, M. (2021). Lakehouse: A new generation of open platforms that unify data warehousing and advanced analytics. En *Proceedings of the 11th Conference on Innovative Data Systems Research*. https://www.vldb.org/cidrdb/papers/2021/cidr2021_paper17.pdf

Ascarza, E. (2018). Retention futility: Targeting high-risk customers might be ineffective. *Journal of Marketing Research, 55*(1), 80–98. https://doi.org/10.1509/jmr.16.0163

Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives, 29*(3), 3–30. https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3

Bertsimas, D., & Kallus, N. (2020). From predictive to prescriptive analytics. *Management Science, 66*(3), 1025–1044. https://doi.org/10.1287/mnsc.2018.3253

Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly, 37*(2), 471–482. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37:2.3

Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., Bernstein, M. S., Bohg, J., Bosselut, A., Brunskill, E., Brynjolfsson, E., Buch, S., Card, D., Castellon, R., Chatterji, N., Chen, A., Creel, K., Davis, J. Q., Demszky, D., … Liang, P. (2021). *On the opportunities and risks of foundation models*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.07258

Breck, E., Cai, S., Nielsen, E., Salib, M., & Sculley, D. (2017). The ML test score: A rubric for ML production readiness and technical debt reduction. En *2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 1123–1132). IEEE. https://doi.org/10.1109/BigData.2017.8258038

Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. (2025). Generative AI at work. *The Quarterly Journal of Economics, 140*(2), 889–942. https://doi.org/10.1093/qje/qjae044

Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2021). The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies. *American Economic Journal: Macroeconomics, 13*(1), 333–372. https://doi.org/10.1257/mac.20180386

Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. da P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. S. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering, 137*, Artículo 106024. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024

Dal Pozzolo, A., Boracchi, G., Caelen, O., Alippi, C., & Bontempi, G. (2018). Credit card fraud detection: A realistic modeling and a novel learning strategy. *IEEE Transactions on Neural Networks and*

Learning Systems, 29(8), 3784–3797. https://doi.org/10.1109/TNNLS.2017.2736643

DAMA International. (2017). *DAMA-DMBOK: Data management body of knowledge* (2.ª ed.). Technics Publications. https://technicspub.com/wp-content/uploads/2023/07/DAMA-DMBOK2.pdf

Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly, 44*(2), 350–383. https://doi.org/10.2307/2666999

Fagan, M., Megas, K. N., Scarfone, K., & Smith, M. (2020). *IoT device cybersecurity capability core baseline* (NISTIR 8259A). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8259A

Financial Stability Board. (2024). *The financial stability implications of artificial intelligence*. https://www.fsb.org/2024/11/the-financial-stability-implications-of-artificial-intelligence/

Financial Stability Board. (2025). *Monitoring adoption of artificial intelligence and related vulnerabilities in the financial sector*. https://www.fsb.org/2025/10/monitoring-adoption-of-artificial-intelligence-and-related-vulnerabilities-in-the-financial-sector/

Gmyrek, P., Berg, J., Kamiński, K., Konopczyński, F., Ładna, A., Nafradi, B., Rosłaniec, K., & Troszyński, M. (2025). *Generative AI and jobs: A refined global index of occupational exposure* (ILO Working Paper 140). International Labour Organization. https://doi.org/10.54394/HETP0387

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press. https://www.deeplearningbook.org/

Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D., & Pineau, J. (2020). Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning. *Journal of Machine Learning Research, 21*(248), 1–43. https://jmlr.org/papers/v21/20-312.html

Huang, M.-H., & Rust, R. T. (2021). A strategic framework for artificial intelligence in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science, 49*(1), 30–50. https://doi.org/10.1007/s11747-020-00749-9

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and practice* (3.ª ed.). OTexts. https://otexts.com/fpp3/

International Energy Agency. (2025). *Energy and AI*. https://www.iea.org/reports/energy-and-ai

International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission. (2023). *Information technology—Artificial intelligence—Management system* (ISO/IEC 42001:2023). https://www.iso.org/standard/42001

Iorga, M., Feldman, L., Barton, R., Martin, M. J., Goren, N., & Mahmoudi, C. (2018). *Fog computing conceptual model* (NIST Special Publication 500-325). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.500-325

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2026). *Speech and language processing: An introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition with language models* (3.ª ed.,

manuscrito en línea del 19 de agosto de 2026). https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/

Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). *Strategy, not technology, drives digital transformation*. MIT Sloan Management Review y Deloitte University Press. https://doi.org/10.63383/uzyq6766

Kellogg, K. C., Valentine, M. A., & Christin, A. (2020). Algorithms at work: The new contested terrain of control. *Academy of Management Annals, 14*(1), 366–410. https://doi.org/10.5465/annals.2018.0174

Kleinberg, J., Ludwig, J., Mullainathan, S., & Obermeyer, Z. (2015). Prediction policy problems. *American Economic Review, 105*(5), 491–495. https://doi.org/10.1257/aer.p20151023

Kotter, J. P. (1995). Leading change: Why transformation efforts fail. *Harvard Business Review, 73*(2), 59–67. https://hbr.org/1995/03/leading-change-why-transformation-efforts-fail-2

Kreuzberger, D., Kühl, N., & Hirschl, S. (2023). Machine learning operations (MLOps): Overview, definition, and architecture. *IEEE Access, 11*, 31866–31879. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3262138

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature, 521*(7553), 436–444. https://doi.org/10.1038/nature14539

Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. *Management Science, 43*(4), 546–558. https://doi.org/10.1287/mnsc.43.4.546

Lei n.º 13.709, de 14 de agosto de 2018: Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. (2018). *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing, 80*(6), 69–96. https://doi.org/10.1509/jm.15.0420

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W.-t., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems, 33*, 9459–9474. https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.11401

Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. (2021, 26 de mayo). *Registro Oficial, Quinto Suplemento n.º 459*. https://www.registroficial.gob.ec/quinto-suplemento-al-registro-oficial-no-459/

Martin, K. D., Borah, A., & Palmatier, R. W. (2017). Data privacy: Effects on customer and firm performance. *Journal of Marketing, 81*(1), 36–58. https://doi.org/10.1509/jm.15.0497

Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering, 57*(5), 339–343. https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955, 31 de agosto). *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence* [Propuesta de investigación]. https://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html

Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing* (NIST Special Publication

800-145). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145

National Institute of Standards and Technology. (2023). *Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0)* (NIST AI 100-1). https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1

National Institute of Standards and Technology. (2024). *The NIST cybersecurity framework (CSF) 2.0* (NIST CSWP 29). https://doi.org/10.6028/NIST.CSWP.29

Nissenbaum, H. (2004). Privacy as contextual integrity. *Washington Law Review, 79*(1), 119–158. https://digitalcommons.law.uw.edu/wlr/vol79/iss1/10/

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2021). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-ethics-artificial-intelligence

Organización Internacional del Trabajo. (2025, 20 de mayo). *Uno de cada cuatro empleos en riesgo de transformarse por la IA generativa, revela nuevo índice global de la OIT y NASK*. https://www.ilo.org/es/resource/noticias/uno-de-cada-cuatro-empleos-en-riesgo-de-transformarse-por-la-ia-generativa

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2023a). *OECD employment outlook 2023: Artificial intelligence and the labour market*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/08785bba-en

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2023b). *OECD guidelines for multinational enterprises on responsible business conduct*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/81f92357-en

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2024). *Revised recommendation of the Council on artificial intelligence* (C/MIN[2024]16/FINAL). https://one.oecd.org/document/C/MIN%282024%2916/FINAL/en

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2025). *Strategic foresight toolkit for resilient public policy: A comprehensive foresight methodology to support sustainable and future-ready public policy*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/bcdd9304-en

Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans, 30*(3), 286–297. https://doi.org/10.1109/3468.844354

Parker, S. K., & Grote, G. (2022). Automation, algorithms, and beyond: Why work design matters more than ever in a digital world. *Applied Psychology, 71*(4), 1171–1204. https://doi.org/10.1111/apps.12241

Phillips, P. J., Hahn, C. A., Fontana, P. C., Yates, A. N., Greene, K. K., Broniatowski, D. A., & Przybocki, M. A. (2021). *Four principles of explainable artificial intelligence* (NISTIR 8312). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8312

Porter, M. E. (1996). What is strategy? *Harvard Business Review, 74*(6), 61–78. https://hbr.org/1996/11/what-is-strategy

Raghavan, M., Barocas, S., Kleinberg, J., & Levy, K. (2020). Mitigating bias in algorithmic hiring: Evaluating claims and practices. En *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 469–481). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3351095.3372828

Raisch, S., & Krakowski, S. (2021). Artificial intelligence and management: The automation–augmentation paradox. *Academy of Management Review, 46*(1), 192–210. https://doi.org/10.5465/amr.2018.0072

Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (Reglamento de Inteligencia Artificial). (2024). *Diario Oficial de la Unión Europea, L, 2024/1689*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (Eds.). (2022). *Recommender systems handbook* (3.ª ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2197-4

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4.ª ed., ed. global). Pearson. https://aima.cs.berkeley.edu/global-index.html

Schein, E. H., & Schein, P. A. (2017). *Organizational culture and leadership* (5.ª ed.). Wiley. https://www.wiley.com/en-ae/organizational-culture-and-leadership-5th-edition-p-9781119212041

Schluntz, E., & Zhang, B. (2024, 19 de diciembre). *Building effective agents*. Anthropic. https://www.anthropic.com/engineering/building-effective-agents

Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP, 52*, 161–166. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040

Sculley, D., Holt, G., Golovin, D., Davydov, E., Phillips, T., Ebner, D., Chaudhary, V., Young, M., Crespo, J.-F., & Dennison, D. (2015). Hidden technical debt in machine learning systems. *Advances in Neural Information Processing Systems, 28*, 2503–2511. https://research.google/pubs/hidden-technical-debt-in-machine-learning-systems/

Selbst, A. D., boyd, d., Friedler, S. A., Venkatasubramanian, S., & Vertesi, J. (2019). Fairness and abstraction in sociotechnical systems. En *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 59–68). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3287560.3287598

Shao, G. (2024). Manufacturing digital twin standards. En *Proceedings of the ACM/IEEE 27th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems* (pp. 370–377). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3652620.3688250

Shmueli, G. (2010). To explain or to predict? *Statistical Science, 25*(3), 289–310. https://doi.org/10.1214/10-STS330

Suresh, H., & Guttag, J. (2021). A framework for understanding sources of harm throughout the

machine learning life cycle. En *Equity and Access in Algorithms, Mechanisms, and Optimization* (pp. 1–9). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3465416.3483305

Szeliski, R. (2022). *Computer vision: Algorithms and applications* (2.ª ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34372-9

Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal, 28*(13), 1319–1350. https://doi.org/10.1002/smj.640

Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning, 43*(2–3), 172–194. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003

Thomas, D. S. (2017). *Investment analysis methods: A practitioner's guide to understanding the basic principles for investment decisions in manufacturing* (NIST Advanced Manufacturing Series 200-5). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.AMS.200-5

Thomas, D. S. (2024). *Economics of digital twins: Costs, benefits, and economic decision making* (NIST Advanced Manufacturing Series 100-61). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.AMS.100-61

Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research, 122*, 502–517. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind, 59*(236), 433–460. https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433

van der Aalst, W. M. P. (2016). *Process mining: Data science in action* (2.ª ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4

van der Aalst, W. M. P., Bichler, M., & Heinzl, A. (2018). Robotic process automation. *Business & Information Systems Engineering, 60*(4), 269–272. https://doi.org/10.1007/s12599-018-0542-4

Vassilev, A., Oprea, A., Fordyce, A., Anderson, H., Davies, X., & Hamin, M. (2025). *Adversarial machine learning: A taxonomy and terminology of attacks and mitigations* (NIST AI 100-2e2025). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-2e2025

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems, 30*, 5998–6008. https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems, 28*(2), 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., & Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications, 11*, Artículo 233. https://doi.org/10.1038/s41467-019-

14108-y

Wang, R. Y., & Strong, D. M. (1996). Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. *Journal of Management Information Systems, 12*(4), 5–33. https://doi.org/10.1080/07421222.1996.11518099

Wedel, M., & Kannan, P. K. (2016). Marketing analytics for data-rich environments. *Journal of Marketing, 80*(6), 97–121. https://doi.org/10.1509/jm.15.0413

Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.-W., da Silva Santos, L. B., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., … Mons, B. (2016). The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data, 3*, Artículo 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18

World Wide Web Consortium. (2017). *Data on the web best practices* [Recomendación del W3C]. https://www.w3.org/TR/2017/REC-dwbp-20170131/



PHD. DARWIN PINO CORDERO

Universidad Nacional del Altiplano
darwinpc@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8761-5184

Contador Público Colegiado, Doctor en Administración, Magíster en Contabilidad y Administración, Magíster en Informática y con Segunda Especialidad en Didáctica Universitaria. Docente investigador reconocido en el Registro Nacional Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (RENACYT), con trayectoria en la docencia universitaria, la investigación científica, la gestión empresarial y la consultoría especializada.

Es docente ordinario de la Escuela Profesional de Ciencias Contables de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA Puno) y docente de la Escuela de Posgrado, donde participa en la formación académica de estudiantes de la Maestría en Contabilidad y Administración y de programas de doctorado.

Desarrolla actividades de investigación científica orientadas a la generación y difusión de conocimientos en las áreas de contabilidad, administración, finanzas, tecnologías de la información e innovación, articulando la investigación con la enseñanza universitaria y la solución de problemas del entorno empresarial y social.

En el ámbito institucional, fue presidente del Comité de Informática Contable del Colegio de Contadores Públicos de Puno. En el sector empresarial, se desempeña como gerente de DARTECK E.I.R.L., consultor financiero de AXON Consultores & Constructores S.A.C. y consultor tecnológico de Grupo JICA Ingeniería y Construcción S.A.C.

Actualmente, combina la docencia universitaria de pregrado y posgrado, la investigación científica y la consultoría profesional, contribuyendo a la formación de nuevos profesionales, la producción de conocimiento y la incorporación de tecnologías innovadoras en la gestión contable, financiera y empresarial.



PH.D. CYNTHIA SHAKIRA ENRIQUEZ FIERRO

Universidad Internacional del Ecuador- UIDE
cyenriquezfi@uide.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-5389-9892

Cynthia Enríquez Fierro es una profesional de la comunicación y el marketing con una sólida trayectoria en la academia y en el ámbito empresarial. Se desempeña como docente investigadora y coordinadora de maestrías de posgrado en la UIDE Business School, donde lidera procesos de gestión académica, acompañamiento a estudiantes y fortalecimiento de la calidad educativa. Su experiencia abarca el marketing estratégico, el marketing digital, la comunicación corporativa y la gestión de marcas, áreas en las que combina el conocimiento teórico con una visión práctica orientada a resultados. Cuenta con una amplia producción científica en revistas y libros académicos, y participa activamente en proyectos de investigación vinculados a la comunicación, los medios digitales y las nuevas tendencias del mercado. Se caracteriza por su liderazgo, su capacidad de innovación y su compromiso con la formación de profesionales capaces de responder a los desafíos de un entorno empresarial más dinámico y competitivo.



MGTR. RAÚL RIGOBERTO RIVERA CALLE

rrriverac10@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-9448-4407

Magíster en Inteligencia Artificial Aplicada a la Educación e Ingeniero en Sistemas, con experiencia en docencia, desarrollo tecnológico e innovación educativa. Su formación combina competencias pedagógicas y técnicas orientadas al uso de herramientas digitales e inteligencia artificial para mejorar los procesos de enseñanza, evaluación y aprendizaje.

Realizó su Maestría en Inteligencia Artificial Aplicada a la Educación en la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), con énfasis en modelos predictivos de rendimiento académico, automatización de la evaluación y desarrollo de agentes conversacionales para el aprendizaje adaptativo. Es también Ingeniero en Sistemas por la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues.

Desde 2023 se desempeña como docente de Informática y Emprendimiento en la Unidad Educativa Fiscomisional Corazón de María, donde participa en planificación curricular, integración de tecnologías educativas y desarrollo del sitio web institucional. Asimismo, ejerce como instructor en el Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Biblián y como instructor y director técnico de la Escuela de Artes Marciales Bushido Shotokan Karate Do.

Su experiencia incluye proyectos de investigación sobre inteligencia artificial generativa, asistentes virtuales y herramientas pedagógicas adaptativas, además del desarrollo de soluciones tecnológicas para seguimiento e inserción laboral. Sus áreas de especialización abarcan inteligencia artificial aplicada a la educación, tecnología educativa, e-learning, desarrollo web, Python, JavaScript, integración de API, Firebase y Cloudflare Pages.



MGTR. JONATHAN FLAVIO BARCO ACOSTA

Educa Plus Editorial Académica
editorial@educapluseditorial.com
https://orcid.org/0009-0009-2475-7503

Licenciado, magíster y doctorando, con una trayectoria profesional vinculada a la educación, la gestión editorial y la promoción de la investigación científica. Su labor se orienta al fortalecimiento de la producción intelectual, la difusión del conocimiento y el desarrollo de iniciativas académicas que contribuyan al progreso educativo y científico.

Es fundador y director general de Educa Plus Editorial Académica, institución ecuatoriana cuyos orígenes se remontan a 2015 y que promueve la edición, evaluación y publicación de libros académicos y científicos en diversas áreas del conocimiento.

Asimismo, se desempeña como Editor en Jefe de la Revista Ecuatoriana de Desarrollo Social y Ambiental (REDSA), donde impulsa las buenas prácticas editoriales, la revisión por pares, el acceso abierto y la visibilidad internacional de la investigación.

Su interés profesional se centra en la innovación educativa, la gestión del conocimiento y la transformación de los procesos académicos mediante herramientas tecnológicas. Desde su experiencia institucional, promueve una cultura de investigación basada en la ética, la responsabilidad y el compromiso social, convencido de que la educación y la producción científica constituyen pilares fundamentales para el desarrollo sostenible y la transformación de la sociedad.



MGTRS. JUAN PABLO MONCAYO GUARNIZO

Universidad Nacional de Loja
juan.moncayo@unl.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-8206-3015

Docente ecuatoriano con una destacada trayectoria académica y profesional orientada al fortalecimiento de la educación y la formación integral de sus estudiantes. Con formación Magíster en Pedagogía por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) y Licenciado en Ciencias de la Educación mención Informática Educativa por la Universidad nacional de Loja (UNL) formación que le permitió consolidar su vocación por la enseñanza, y la certificación como Formador de Formadores, su formación continua actualmente cursando el Doctorado en Educación en la Universidad Católica Andrés Bello, y en diversos cursos de actualización relacionados con el Diseño Universal para el Aprendizaje y práctica docente.

En el ámbito profesional, actualmente se desempeña como docente de la Carrera Pedagogía de las Ciencias Experimentales Informática, modalidad presencial de la Universidad Nacional de Loja, imparte asignaturas de Pedagogía, Teorías del Aprendizaje, Planificación Curricular, diseño Curricular en Informática, Evaluación Curricular; también ejerció la docencia en la modalidad abierta y a distancia de la Universidad Técnica Particular de Loja en la carrera de Educación Básica y director de más de veinte tesis de la misma carrera. Fue docente del Ministerio de Educación en dos colegios de la ciudad de Loja en asignaturas relacionadas con el área de las Tic e Informática y en el área de las Ciencias Sociales.

Su trayectoria se caracteriza por la búsqueda permanente de actualización académica, la innovación educativa, la inclusión y el compromiso con una educación humana, asertiva, equitativa y transformadora.

La inteligencia artificial amplía las posibilidades de analizar información, transformar procesos y apoyar decisiones. Integrarla en las organizaciones exige comprender sus fundamentos, reconocer sus límites y desarrollar capacidades para utilizarla con responsabilidad.

Inteligencia artificial aplicada a la transformación digital ofrece una visión académica y práctica de las relaciones entre tecnología, estrategia y gestión. A lo largo de diez capítulos, examina las tecnologías habilitadoras, los datos y la infraestructura, la planificación de iniciativas y sus aplicaciones en operaciones, clientes, finanzas y talento humano. La gobernanza, la ética, la seguridad y la sostenibilidad articulan el análisis de toda la obra.

Con alcance internacional y atención a las condiciones latinoamericanas, el libro proporciona criterios para evaluar alternativas, priorizar proyectos y revisar sus resultados. Sus tablas y figuras facilitan la comprensión de conceptos y procesos, manteniendo una perspectiva crítica sobre la automatización y el papel del juicio humano.

Dirigida a estudiantes, docentes, investigadores, directivos y profesionales, esta obra aporta fundamentos para construir organizaciones capaces de aprender, adaptarse y crear valor mediante decisiones informadas y prácticas responsables.

ISBN: 978-9907-9622-1-5



Crossref