

# Arquitecturas para Aplicaciones con Inteligencia Artificial: Un Mapeo Sistemático de la Literatura

Facundo Leonardo Chayle<sup>1</sup> and Antonela Tommasel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Abierta Interamericana  
flchayle@outlook.com

<sup>2</sup> ISISTAN, CONICET-UNICEN  
antonela.tommasel@isistan.unicen.edu.ar

**Resumen Antecedentes.** La integración efectiva de la inteligencia artificial (IA) en aplicaciones de software es crucial en un entorno digital caracterizado por avances tecnológicos constantes. Sin embargo, la falta de arquitecturas específicamente diseñadas para este propósito constituye un desafío en la optimización del rendimiento de las aplicaciones.

**Objetivos.** Este mapeo sistemático tiene como objetivo examinar la literatura existente sobre arquitecturas para la integración de IA en aplicaciones de software, identificando sus principales características, enfoques metodológicos y resultados, así como brechas de conocimiento y áreas de investigación futura.

**Métodos.** Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos relevantes, utilizando términos específicos relacionados con arquitecturas de integración de IA. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar estudios relevantes, y se analizaron y sintetizaron los hallazgos de manera sistemática.

**Resultados.** Se espera que este estudio proporcione una visión general de la literatura existente sobre arquitecturas para integración de IA, identificando tendencias, patrones y desafíos en la investigación, lo que ayudará a orientar futuros trabajos de investigación en este campo.

**Palabras claves:** Arquitectura de Software, Inteligencia Artificial

## 1. Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) se refiere a la capacidad de las máquinas para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones y el aprendizaje a partir de la experiencia, abarcando técnicas como el aprendizaje automático, el procesamiento de lenguaje natural, la visión por computadora y la robótica, entre otras. Actualmente, diversos estudios, como el de Manjarrés-Betacur y Echeverri-Torres [1] o el de Celi-Parrága et al. [2], plantean que el avance del Internet está cambiando el panorama tecnológico de comunicación entre usuarios y aplicaciones, lo que ha impulsado avances significativos en la IA. Tal como mencionan Ruiz y Velásquez [3], la IA es quizás la mayor revolución tecnológica del siglo XXI y su relevancia aumenta de forma cada vez más acelerada día a día. Si bien su estudio

puede remontarse desde mediados de la década de 1949 con Alan Turing y sus trabajos, como menciona Sánchez Gonzales [4], es en estos últimos años donde se ha desarrollado a pasos agigantados dando lugar a impactos significativos, y planteando diferentes enfoques y soluciones para un gran número de aplicaciones. Este mapeo sistemático de la literatura tiene como objetivo comprender el estado actual de la IA recopilando y analizando información sobre sus aplicaciones en distintos campos para identificar avances, desafíos y oportunidades; para así luego, en trabajos futuros, poder abordar la falta de arquitecturas específicamente diseñadas para la integración efectiva de la IA en aplicaciones de software, lo cual representa un obstáculo significativo en la optimización de su rendimiento. El presente trabajo se ha llevado a cabo basándose en la estrategia, fases y actividades propuestas en [5].

## 2. Preguntas de Investigación

Siguiendo con lo establecido por el concepto de mapeo sistemático de la literatura, la Tabla 1 presenta las preguntas de investigación que servirán como referentes en la selección de artículos para el presente trabajo.

Tabla 1: Preguntas guía del Mapeo Sistemático.

Pregunta de Investigación	Motivación
<b>P1:</b> ¿Cuáles son las soluciones utilizadas para la implementación IA?	<b>M1:</b> Explorar y comprender las soluciones existentes en diversos campos de aplicación proporcionará una visión amplia de estrategias y enfoques aplicables, permitiendo adoptar prácticas exitosas y adaptar tecnologías probadas a la problemática planteada.
<b>P2:</b> ¿Cuáles de estas soluciones son consideradas líderes o innovadoras en la actualidad?	<b>M2:</b> Identificar soluciones líderes proporcionará una comprensión profunda de las tecnologías más prometedoras, sirviendo como referencia para el desarrollo de nuevas soluciones o mejoras, manteniendo nuestro trabajo alineado con las tendencias actuales.
<b>P3:</b> ¿Cómo han sido implementadas estas soluciones en términos de plataformas, dominios, <i>frameworks</i> y metodologías?	<b>M3:</b> Comprender detalladamente las implementaciones permitirá identificar prácticas efectivas utilizadas en la construcción de soluciones, facilitando la adopción de enfoques basados en IA y asegurando una implementación exitosa.
<b>P4:</b> ¿Qué métricas o análisis se han empleado para validar la calidad de estas soluciones?	<b>M4:</b> Explorar métricas y análisis utilizados proporcionará criterios de evaluación y medidas de desempeño que guiarán la validación de nuestros propios desarrollos, asegurando la calidad y efectividad de manera objetiva y consistente.
<b>P5:</b> ¿Qué mejoras o trabajos futuros se proponen basados en las soluciones existentes?	<b>M5:</b> Identificar mejoras y trabajos futuros dará visión de posibles direcciones para el desarrollo de nuevas soluciones, estableciendo objetivos de investigación y contribuyendo al avance e innovación de la IA.

### 3. Métodos de Revisión

En esta sección se emplea la metodología presentada por Kitchenham et al. [5] para llevar a cabo un mapeo sistemático de la literatura. Como primer punto se seleccionan las fuentes de investigación en las cuales se realiza la recopilación de trabajos de investigación para luego establecer una cadena de búsqueda con base en la definición de términos que consideramos relevantes para nuestro objetivo y se finaliza con el establecimiento de criterios de inclusión y exclusión que nos permitan seleccionar los artículos útiles entre los resultados de búsqueda.

#### 3.1. Selección de Fuentes

En busca de obtener una cantidad relevante de trabajos que puedan brindar valor al desarrollo de este mapeo sistemático de la literatura, se utilizaron varias bases de datos de artículos científicos y de investigación: *SEDICI*, *ACM Digital Library*, *ScienceDirect* e *IEEE Xplore*.

#### 3.2. Definición de Términos

Se definieron los siguientes términos y su elaboración para desarrollar la cadena de búsqueda [5]:

*Implementación de IA.* Se refiere al proceso de integrar tecnologías y técnicas de IA en sistemas informáticos para mejorar su capacidad de análisis, procesamiento y toma de decisiones, incluyendo algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural, entre otras alternativas.

[('Artificial Intelligence' OR 'AI') AND ('Integration' OR 'Implementation' OR 'Application' OR 'Technique')]

*Calidad del Desempeño del Sistema.* Se define como la medida de la eficiencia, fiabilidad y efectividad de un sistema informático, considerando aspectos como la velocidad de respuesta, la precisión de los resultados y la capacidad de adaptación a diferentes condiciones y demandas del usuario.

[('System Performance' OR 'System Efficiency' OR 'System Effectiveness') AND ('Measurement' OR 'Metrics' OR 'Evaluation' OR 'Quality')]

*Estructura de la Solución Basada en IA.* Se refiere al diseño y la organización de los componentes y procesos que conforman una solución informática mediante el uso de IA, incluyendo elementos como algoritmos, modelos de datos y metodologías de desarrollo.

[('Solution' OR 'Architecture' OR 'Structure' OR 'Component' OR 'Methodology' OR 'Design' OR 'Pattern')]

A partir de estos tres términos, para los cuales se generaron cadenas individuales para cada uno, se definió su intersección para generar la cadena de búsqueda final:

[('Artificial Intelligence' OR 'AI') AND ('Integration' OR 'Implementation' OR 'Application' OR 'Technique')] AND [('System Performance' OR 'System Efficiency' OR 'System Effectiveness') AND ('Measurement' OR 'Metrics' OR 'Evaluation' OR 'Quality')] AND [('Solution' OR

“Architecture” OR “Structure” OR “Component” OR “Methodology” OR “Design” OR “Pattern”]]

Debido a la limitación en caracteres en *IEEE Xplore* y a la cantidad de operadores lógicos permitidos en *Science Direct*, se definió también una segunda cadena acotada:

[ (“Artificial Intelligence”) AND (“Integration” OR “Implementation”) ] AND [ (“System Performance”) AND (“Measurement” OR “Metrics”) ] AND [ (“Architecture” OR “Methodology” OR “Design”) ]

### 3.3. Criterios de Inclusión y Exclusión

Una vez obtenidos los trabajos de investigación, se establecieron criterios de inclusión y de exclusión para poder seleccionar aquellos que respondan a las preguntas de investigación planteadas en la Sección 2 y descartar el resto.

#### Criterios de Inclusión

- **CI 1.** Debe ser un artículo escrito en inglés o español.
- **CI 2.** Debe ser un artículo científico.
- **CI 3.** Debe ser un artículo en el campo de la Ingeniería en Informática/Software.
- **CI 4.** Deben ser estudios primarios.
- **CI 5.** Deben ser estudios publicados desde 2017 en adelante.
- **CI 6.** Deben abordar el tema de arquitecturas con integración de IA, presentar análisis relacionados a la problemática o ser soluciones mediante la implementación de IA donde se mencione algún tipo de método, modelo, técnica, metodología o *framework*.
- **CI 7.** Deben ser estudios que provean documentación sobre análisis detallados en cuanto a métricas, técnicas de validación y análisis de rendimiento relacionados con soluciones que implementen IA.
- **CI 8.** Deben ser publicaciones que presenten trabajos futuros o recomendaciones para la mejora de arquitecturas o soluciones existentes en este campo.

#### Criterios de Exclusión

- **CE 1.** Estudios duplicados.
- **CE 2.** Que sean libros o literatura gris no procedentes de conferencias científicas, revistas científicas o similares.
- **CE 3.** Que no se encuentren relacionados a la problemática desde la perspectiva de la ingeniería de software.
- **CE 4.** Que presenten resultados parciales sin poseer conclusiones fuertes acerca de una solución.
- **CE 5.** Que no se encuentren disponibles en texto completo o en un idioma distinto al español e inglés.
- **CE 6.** Que se consideren obsoletas o que no hayan sido revisadas por pares.
- **CE 7.** Que se centren exclusivamente en aspectos generales de la IA sin abordar específicamente su integración en aplicaciones de software.

## 4. Búsqueda de Trabajos

Empleando las cadenas de búsquedas principal y acotada definidas anteriormente se llevó a cabo la búsqueda de trabajos en cada una de las bases de datos mencionadas, obteniendo 18.000 artículos para los cuales luego de aplicar los criterios de exclusión e inclusión planteados, y de analizar metódicamente título, *abstract*, palabras clave, introducción y conclusión de los trabajos se obtuvieron:

- 37 artículos entre 2017 y 2023 del *SEDICI*.
- 16 artículos entre 2017 y 2023 de *ACM Digital Library*.
- 21 artículos entre 2017 y 2023 de *Science Direct*.
- 11 artículos entre 2017 y 2023 de *IEEE Xplore*.

No se llevó a cabo el uso de cadenas de búsqueda en español para la obtención de estos resultados debido a que, en las plataformas utilizadas, la mayoría de los trabajos disponibles que fueron encontrados utilizando las cadenas ya definidas poseían tanto abstracts cómo títulos en ambos idiomas y se pudo recoger de esta manera artículos en español sin la necesidad de aplicar la cadena en inglés y evitando así la obtención de un número mayor de artículos duplicados que hubieran sido obtenidos por la cadena traducida.

Se debe tener en cuenta que la reducción significativa del total de trabajos encontrados es debido a la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, los cuales removieron una cantidad significativa de trabajos al existir duplicados, no encontrarse en el rango de últimos años acordado, no encontrarse disponibles como archivos abiertos, no entrar dentro de los filtros de tecnologías informáticas aplicados para cada sitio, entre los demás mencionados.

Luego de esto fue llevada a cabo la lectura de *abstracts*, introducción y conclusión de los restantes trabajos donde se analizó si contribuían a responder alguna de las preguntas de investigación definidas en la Sección 2 o si debían ser descartados.

## 5. Resultados

A partir de la selección de artículos realizada en la Sección anterior, se llevó a cabo la síntesis de información que permite el desarrollo de las respuestas a las preguntas de investigación planteadas.

### 5.1. ¿Cuáles son las soluciones utilizadas para la implementación IA?

En diversos campos, se han implementado una amplia variedad de soluciones para aplicar la IA con el fin de abordar desafíos específicos y mejorar procesos existentes. Por ejemplo, Asteasuain y Caldeira [6] propusieron una solución mediante la utilización de técnicas de procesamiento distribuido para mejorar el rendimiento del proceso de verificación formal en sistemas de *Big Data*, aplicando algoritmos de *tableau* en implementaciones paralelas. Por su parte, Veiga et al. [7] implementaron una solución que, mediante la combinación de Internet de

las Cosas (IoT, del inglés *Internet of Things*) e IA, permite a los dispositivos inteligentes tomar decisiones autónomas basadas en el análisis de datos recopilados por sensores.

En el ámbito de la ciberseguridad (por ejemplo, [8]), se han propuesto soluciones como la aplicación de operaciones de inteligencia para mejorar la defensa contra amenazas en línea, utilizando técnicas como el análisis de comportamiento, inteligencia de amenazas y aprendizaje automático.

En el campo de la salud (por ejemplo, [9]), se han empleado también técnicas de análisis de grandes volúmenes de datos y aprendizaje automático para mejorar la toma de decisiones clínicas y personalizar los planes de tratamiento.

En el área de la visión por computadora y el procesamiento de imágenes, Khabarлак y Koriashkina [10] utilizaron redes neuronales profundas para la detección de puntos de referencia faciales en condiciones no controladas, lo que representa un avance significativo en este campo. Asimismo, en aplicaciones de reconocimiento biométrico, Alvez et al. [11] extendieron bases de datos orientadas a objetos relacionales para el manejo eficiente de datos biométricos, como datos de iris.

Otro enfoque importante de la IA que se encuentra en auge en el último tiempo es la implementación de sistemas de recomendación en diversos campos, como comercio electrónico, *streaming* de contenido y servicios en línea, así como el uso de tecnologías biométricas como reconocimiento facial y de voz para autenticación segura y acceso autorizado para mejorar la atención en general y en contextos específicos. Por ejemplo, Peral et al. [12] quienes tenían como objetivo mejorar la accesibilidad de la población de mayor edad a sistemas bancarios.

Otra de las aplicaciones que se encuentra en auge es el diseño de soluciones mediante la implementación de técnicas de procesamiento de lenguaje natural. Por ejemplo, Alvarado et al. [13] aplicaron estas técnicas en el ámbito de la educación inclusiva para mejorar la experiencia de estudiantes con discapacidades, permitiendo la creación de herramientas de asistencia para el aprendizaje y la comunicación.

En el ámbito de la industria manufacturera, se han desarrollado sistemas de mantenimiento predictivo que utilizan algoritmos de aprendizaje automático para predecir fallos en maquinaria y equipos, lo que permite programar intervenciones de mantenimiento de manera más eficiente y reducir los costos asociados con el tiempo de inactividad no planificado, como la problemática abordada por Grigera et al. [14].

En el sector financiero, se han aplicado técnicas de aprendizaje automático para la detección de fraudes en transacciones bancarias y tarjetas de crédito utilizando modelos predictivos para identificar patrones de comportamiento fraudulentos y minimizar los riesgos asociados con actividades delictivas, como en el trabajo desarrollado por Velásquez et al. [15].

En el ámbito de la agricultura de precisión, Huincalef et al. [16] utilizaron *drones* equipados con sensores y cámaras para recopilar datos sobre cultivos y terrenos, los cuales se procesaron mediante algoritmos de aprendizaje automá-

tico para optimizar la gestión de recursos como agua y fertilizantes, mejorar los rendimientos y reducir los impactos ambientales.

En el campo del transporte, Leutwyler et al. [17] desarrollaron sistemas de conducción autónoma utilizando tecnologías de visión por computadora y aprendizaje profundo para detectar obstáculos, interpretar señales de tráfico y tomar decisiones de conducción en tiempo real, con el objetivo de mejorar la seguridad vial y la eficiencia del transporte público y privado.

Finalmente, en el ámbito del entretenimiento, Abudalfa y Ahmed [18] utilizaron técnicas de generación de contenido asistidas por IA para crear experiencias interactivas más inmersivas y personalizadas en videojuegos, películas y música, lo que permite a los usuarios disfrutar de contenido adaptado a sus preferencias y comportamientos.

## 5.2. ¿Cuáles de estas soluciones son consideradas líderes o innovadoras en la actualidad?

A lo largo del mapeo sistemático de la literatura hemos podido destacar algunas herramientas como los *frameworks* TensorFlow y PyTorch, los cuales son dos de los *frameworks* más populares y ampliamente utilizados en el desarrollo de modelos de IA, ya que ofrecen una amplia gama de funcionalidades para construir, entrenar y desplegar modelos de manera eficiente [19]. Además de estos, existen otros *frameworks* y herramientas como Keras, scikit-learn y MXNet, que también son ampliamente utilizados en la comunidad de IA y *aprendizaje automático* para una variedad de aplicaciones, como abordaron Sherman et al. [19] y Kamila et al. [20].

En lo que respecta a soluciones para el procesamiento de grandes volúmenes de datos, Apache Hadoop es un *framework* popular que permite el procesamiento distribuido en clústeres de computadoras. Cornejo et al. [21] mencionan su capacidad para proporcionar un entorno para el almacenamiento y procesamiento de datos a gran escala. Asimismo, analizan Spark, otro *framework* de procesamiento de datos distribuido que se destaca por su velocidad y capacidad de procesamiento en memoria, ampliamente utilizado en aplicaciones que requieren análisis de datos en tiempo real. Estas herramientas son fundamentales para el análisis y procesamiento de grandes volúmenes de datos en aplicaciones de inteligencia empresarial hasta la investigación científica y la analítica de *big data* [15, 21, 22].

En cuanto a técnicas y algoritmos de aprendizaje profundo, Abudalfa y Ahmed [18] y Durante et al. [23] utilizaron redes neuronales convolucionales (CNN, del inglés *Convolutional Neural Networks*), las cuales son especialmente efectivas en tareas de visión por computadora, reconocimiento de imágenes y detección de objetos debido a su capacidad para aprender patrones espaciales en datos de entrada.

Por su parte, las redes neuronales recurrentes (RNN, del inglés *Recurrent Neural Networks*), utilizadas por Abufalda y Ahmed [18] y Sherman et al. [24], son útiles para modelar datos secuenciales, resultando efectivas en tareas como el procesamiento de lenguaje natural, la generación de texto y la predicción de series temporales. A su vez, como presentan Huincafe et al. [16], los modelos

basados en transformers, como BERT y GPT, han revolucionado el campo del procesamiento de lenguaje natural al lograr un rendimiento sobresaliente en una variedad de tareas, incluida la traducción automática, la generación de texto y la respuesta a preguntas [51].

En lo que respecta a soluciones para la optimización de procesos y análisis de datos, Wei et al. [25] aplicaron técnicas de compresión de modelos, como la poda y la cuantización, cruciales para implementar modelos de IA en dispositivos con recursos limitados, como dispositivos móviles y sistemas embebidos.

En relación a la integración de tecnologías emergentes, Nguyen et al. [26] y Nazir et al. [27] presentaron combinaciones de IoT, IA y *blockchain*, las cuales ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la seguridad, autonomía y eficiencia en una variedad de aplicaciones, desde la gestión de la cadena de suministro hasta la atención médica y la logística. Estas soluciones aprovechan la conectividad y el procesamiento distribuido para tomar decisiones más rápidas y precisas en entornos dinámicos y descentralizados.

Finalmente, Riveiro y Thill [28] presentaron herramientas como LIME y SHAP, que proporcionan explicaciones interpretables sobre las decisiones tomadas por los modelos de IA, lo que ayuda a los usuarios a comprender mejor cómo funcionan y a detectar posibles sesgos o errores.

### 5.3. ¿Cómo se han implementado dichas soluciones (plataformas, dominios, *frameworks*, metodologías, etc.)?

Mediante esta pregunta de investigación, se ha llevado a cabo un análisis sobre cómo han sido implementadas las soluciones de IA analizadas en términos de plataformas tecnológicas, dominios de aplicación, *frameworks* empleados y las metodologías aplicadas. A continuación, se detallan los hallazgos clave:

**Plataformas Tecnológicas** [29, 30, 31, 32, 33, 34]. Las soluciones de IA han sido implementadas en una variedad de plataformas tecnológicas, adaptándose a las necesidades específicas de cada aplicación. Se han utilizado plataformas de nube, sistemas de edge computing, infraestructuras de *blockchain*, entre otros. La elección de la plataforma depende del contexto de aplicación y los requisitos de rendimiento y seguridad, y son necesarias para ejecutar algoritmos de IA y gestionar grandes volúmenes de datos de manera efectiva.

**Dominios de Aplicación** [26, 29, 31, 33, 35, 36, 37]. Las soluciones de IA han encontrado aplicación en una amplia gama de dominios, incluyendo salud, automoción, finanzas, entretenimiento, procesamiento de lenguaje natural, visión por computadora y más. Cada dominio presenta desafíos únicos que requieren enfoques específicos de implementación de IA para abordar problemas como diagnóstico médico, conducción autónoma, análisis financiero, recomendación de contenido, entre otros.

**Frameworks Utilizados** [29, 33, 38, 35, 39, 40, 41]. Para la implementación de soluciones de IA, se han utilizado diversos frameworks y bibliotecas de código abierto como TensorFlow, PyTorch, Keras, scikit-learn, OpenCV, CMU

Sphinx, Google Speech-to-Text y herramientas específicas de DevOps, entre otros.

**Metodologías Aplicadas** [25, 27, 29, 40, 42]. Las metodologías utilizadas para implementar soluciones de IA varían según el contexto y los requisitos del problema. Se han aplicado enfoques como el aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo, así como técnicas de preprocesamiento de datos, *data augmentation*, *transfer learning* y optimización de modelos. Asimismo, algunos trabajos han empleado estrategias específicas de modelado y evaluación, como la generación de pretextos, el aprendizaje contrastivo y la detección de anomalías.

#### 5.4. ¿Qué métricas o análisis se han utilizado para validar la calidad de las soluciones aplicadas?

La evaluación de la calidad de las soluciones de IA se considera esencial para garantizar su eficacia y fiabilidad en diversos contextos de aplicación. Dicha evaluación puede ser abordada mediante una variedad de métricas y enfoques respaldados por diversas investigaciones relevantes. Estos enfoques de evaluación proporcionan un marco integral para medir y validar la calidad, seguridad y eficacia de las soluciones de IA en una variedad de contextos y aplicaciones que garantiza la fiabilidad y utilidad de los sistemas de IA en situaciones del mundo real. A continuación, se detallan algunas de estas métricas y enfoques clave respaldados por los artículos proporcionados:

##### **Rendimiento y Eficacia**

1. *Análisis Comparativo de Rendimiento* [6]. Se llevó a cabo un análisis comparativo de rendimiento entre implementaciones paralelas y secuenciales de algoritmos, utilizando métricas como tiempo de ejecución y rendimiento.

2. *Métricas de Eficiencia y Efectividad* [15]. Se llevó a cabo un análisis el tiempo de respuesta, la precisión en la predicción y la escalabilidad de la infraestructura como métricas de eficiencia y efectividad de los sistemas de IA.

3. *Caracterización Funcional y Temporal* [43]. Se ha realizado la demostración de la viabilidad y eficacia de tolerar fallas transitorias en sistemas de alto rendimiento mediante caracterización funcional y temporal de la estrategia propuesta.

4. *Métricas Estándar de Rendimiento* [44]. Para la detección de algoritmos de detección de anomalías mediante redes neuronales, se han empleado métricas estándar como la tasa de verdaderos positivos y de falsos positivos para evaluar el rendimiento de las mismas.

##### **Validación y Seguridad**

1. *Validación de Modelos de aprendizaje automático* [9]. Se llevó a cabo la evaluación de precisión y fiabilidad de los modelos de aprendizaje automático, así como la privacidad y seguridad de los datos.

2. *Validación en Entornos Reales* [14]. Se llevó a cabo la validación de calidad mediante experimentos y pruebas en entornos reales, utilizando métricas como la precisión y el *recall* para evaluar el desempeño en situaciones del mundo real.

3. *Métricas de Robustez* [17]. Se propusieron métricas para evaluar la robustez de los sistemas de IA frente a ataques adversariales y perturbaciones en los datos de entrada, buscando garantizar la seguridad en entornos dinámicos.

4. *Evaluación de la Privacidad y la Seguridad* [39]. Se consideraron aspectos como la protección de datos sensibles y la mitigación de riesgos de ciberseguridad.

5. *Precisión y Generalización del Modelo* [45]. Se evaluaron aspectos como la precisión en la detección de características específicas y la capacidad de generalización del modelo ante diferentes condiciones.

### ***Interpretación y Experiencia del Usuario***

1. *Interpretación de Modelos de Aprendizaje Profundo* [10]. Se utilizaron técnicas de interpretación de modelos de aprendizaje profundo para comprender cómo toman decisiones los modelos complejos, lo que es crucial para garantizar la transparencia y la confianza en aplicaciones críticas.

2. *Métricas de Satisfacción del Usuario* [46]. Se propusieron métricas para evaluar la satisfacción del usuario con las soluciones de IA, teniendo en cuenta aspectos como la usabilidad, la accesibilidad y experiencia general.

### **5.5. ¿Qué mejoras o trabajos futuros se proponen basados en las soluciones existentes?**

Basándonos en nuestra revisión de la literatura, se pudieron identificar numerosas mejoras y trabajos futuros en una variedad de áreas de investigación. Estas propuestas reflejan el continuo avance y la búsqueda de soluciones más efectivas en campos que abarcan desde la IA hasta la gestión de bases de datos y la seguridad informática. Al abordar desafíos clave y explorar nuevas aplicaciones y técnicas, se espera impulsar el desarrollo de sistemas de IA más efectivos y adaptables en una amplia gama de áreas. A continuación, se detallan algunas de las mejoras y futuros trabajos propuestos:

***Mejora de modelos de IA*** [28, 29, 36, 47]. Se propusieron mejoras como el desarrollo de modelos más eficientes y precisos, así como la mejora de la interpretabilidad y la ética en el diseño de sistemas de IA. También destacan la importancia de mitigar sesgos y consideraciones éticas en el diseño de sistemas de IA, lo cual está alineado con preocupaciones éticas y de transparencia [38].

***Aplicación de técnicas avanzadas en finanzas*** [38, 40, 41]. Se propuso expandir el análisis financiero a otros tipos de activos como las criptomonedas y explorar estrategias adicionales de *trading*. Estas propuestas buscan mejorar la aplicabilidad y precisión de las soluciones existentes en el campo financiero

***Automatización en diseño de modelos de red neuronal*** [25, 48, 49]. Se destacó el uso de técnicas de búsqueda de arquitecturas neuronales. Esta propuesta busca mejorar la eficiencia y la precisión en el diseño de modelos.

*Optimización y ampliación en diferentes campos* [32, 34, 39]. Se propusieron mejoras en la eficiencia y escalabilidad de los algoritmos en diferentes dominios, como la clasificación multiclase y la inferencia de etiquetas de seguridad. Estas propuestas muestran cómo las soluciones existentes pueden optimizarse y ampliarse para abordar desafíos específicos en diversos campos de aplicación.

*Desarrollo de sistemas avanzados de procesamiento de audio y visión por computadora* [7, 30, 31, 50]. Se sugirieron la investigación y desarrollo de sistemas avanzados de procesamiento de audio y visión por computadora. Estas propuestas incluyeron la exploración de nuevas técnicas y conjuntos de datos más grandes para mejorar la precisión y eficacia de los sistemas en entornos complejos.

## 6. Conclusiones

El presente mapeo sistemático de la literatura ha permitido analizar una amplia gama de aplicaciones de IA en diversos campos y revela un panorama fascinante y diverso de cómo esta tecnología está transformando múltiples sectores. La recopilación y síntesis de información sobre las soluciones existentes no solo proporciona una visión panorámica del estado actual de la integración de IA en aplicaciones digitales, sino que también sirve como punto de partida para el desarrollo de nuevas arquitecturas de software. Desde la salud hasta la industria manufacturera, desde la seguridad cibernética hasta el entretenimiento, la IA está desempeñando un papel cada vez más central en la optimización de procesos, la toma de decisiones y la creación de valor en todas partes. Uno de los aspectos más destacados de este estudio es la evidencia clara de que la IA ya no es solo un campo emergente, sino una fuerza dominante que impulsa la innovación en todos los ámbitos. Los trabajos reportados en esta investigación ilustran cómo la IA está siendo aplicada de manera efectiva para abordar desafíos complejos y aprovechar nuevas oportunidades en un mundo cada vez más digitalizado.

Sin embargo, también queda claro que existen áreas de mejora y oportunidades para la innovación futura. Las limitaciones en la interpretabilidad de los modelos, la necesidad de abordar sesgos algorítmicos y la garantía de la privacidad de los datos son solo algunos de los desafíos que deben abordarse para aprovechar todo el potencial de la IA de manera responsable y ética. En este contexto, las conclusiones de este estudio apuntan hacia la necesidad de una mayor colaboración y sinergia entre investigadores, profesionales de la industria y responsables políticos, así como una necesidad de desarrollar nuevas arquitecturas de software que integren de manera efectiva el uso de IA y que nos permita aprovechar todo el potencial de la IA sin comprometer la arquitectura existente de las aplicaciones de software.

En resumen, este mapeo sistemático de la literatura ha proporcionado una base sólida de conocimientos sobre las aplicaciones actuales de IA en aplicaciones de software, destacando áreas de oportunidad para el desarrollo de nuevas arquitecturas de software. Al centrarse en la integración de una capa de IA paralela y promover la colaboración interdisciplinaria, se espera que este estudio

contribuya al avance y la innovación en el campo de la IA y su aplicación en el desarrollo de software.

## Bibliografía

- [1] R. A. Manjarrés-Betancur and M. M. Echeverri-Torres, "Asistente virtual académico utilizando tecnologías cognitivas de procesamiento de lenguaje natural," *Revista Politécnica*, vol. 16, no. 31, pp. 85–95, May 2020.
- [2] R. J. Celi-Parraga, E. A. Varela-Tapia, I. L. Acosta-Guzmán, and N. R. Montaña-Pulzara, "Técnicas de procesamiento de lenguaje natural en la inteligencia artificial conversacional textual," *AlfaPublicaciones*, vol. 3, no. 4.1, pp. 40–52, Nov. 2021.
- [3] R. B. Ruiz and J. D. Velásquez, "Artificial intelligence at the service of the health of the future," *Revista Medica Clinica Las Condes*, vol. 34, no. 1, pp. 84–91, 2023.
- [4] H. Sánchez Gonzales, "Transformación digital y audiencia. Tendencias y uso de la inteligencia artificial en medios verificadores.," *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*, no. 56, pp. 9–20, 2022.
- [5] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, "Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review," *Information and Software Technology*, vol. 50, no. 1, pp. 7–15, Jan. 2009.
- [6] F. Asteasuain and L. R. Caldeira, "A Parallel Tableau Algorithm for BIG DATA Verification," in *XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2020.
- [7] T. Veiga, H. A. Asad, F. A. Kraemer, and K. Bach, "Towards containerized, reuse-oriented AI deployment platforms for cognitive IoT applications," *Future Generation Computer Systems*, vol. 142, pp. 4–13, May 2023.
- [8] I. Martín, G. Urbini, P. Venosa, and N. Del Río, "Distributed Cybersecurity Strategy, applying Intelligence Operation concept through data collection and analysis," in *IX Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics*, 2021.
- [9] F. Del Giorgio Solfa and F. Rogelio Simonato, "Big Data Analytics in Healthcare: Exploring the Role of aprendizaje automático in Predicting Patient Outcomes and Improving Healthcare Delivery," *International Journal of Computations, Information and Manufacturing (IJCIM)*, 2023.
- [10] K. Khabarлак and L. Koriashkina, "Fast Facial Landmark Detection and Applications: A Survey Detección Rápida de Puntos de Referencia Faciales y Aplicaciones: Estudio de la Bibliografía," in *Journal of Computer Science & Technology*, 2022.
- [11] C. Alvez, E. Miranda, G. Etchart, and S. Ruiz, "Efficient Iris Recognition Management in Object Related Databases," *J Comput Sci Technol*, Oct. 2018.
- [12] Y. A. Peral, E. Concepción, I. López-Samaniego, and G. Zarza, "An analysis on how can AI empower the senior population in their access to banking services," in *X Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics*, 2022.
- [13] Y. Alvarado, R. Guerrero, and F. Serón, "Inclusive Learning through Immersive Virtual Reality and Semantic Embodied Conversational Agent: A case study in children with autism," in *Journal of Computer Science and Technology*, 2023.
- [14] J. Grigera, A. Garrido, J. M. Rivero, and G. Rossi, "Automatic Detection of Usability Smells in Web Applications," in *International Journal of Human Computer Studies*, 2017.
- [15] N. Velásquez, E. Estevez, and P. Pesado, "Cloud Computing, Big Data and the Industry 4.0 Reference Architectures," *J Comput Sci Technol*, Dec. 2018.
- [16] R. Huincaleg, G. Urrutia, G. Ingravallo, and D. C. Martínez, "Recognition of Surface Irregularities on Roads: a aprendizaje automático approach on 3D models," in *XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2018.

- [17] N. Leutwyler, M. Lezoche, H. Panetto, and D. Torres, “Generic software for benchmarking Formal Concept Analysis: Orange3 integration,” in *Electronic Journal of SADIO*, 2023.
- [18] S. I. Abudalfa and M. A. Ahmed, “Semi-Supervised Target-Dependent Sentiment Classification for Micro-Blogs,” in *Journal of Computer Science & Technology*, 2019.
- [19] B. Sherman, J. Michel, and M. Carbin, “ $\lambda$ s: Computable Semantics for Differentiable Programming with Higher-Order Functions and Datatypes,” *Proceedings of the ACM on Programming Languages*, Jan. 2021.
- [20] N. K. Kamila et al., “aprendizaje automático model design for high performance cloud computing and load balancing resiliency: An innovative approach,” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Nov. 2022.
- [21] F. M. Cornejo, A. Zunino, and M. A. Murazzo, “Job Schedulers for aprendizaje automático and Data Mining algorithms distributed in Hadoop” in *VI Jornadas de Cloud Computing & Big Data*, 2018.
- [22] V. Cuello, M. G. Corradini, M. Rogers, and G. Zarza, “Data Science & Engineering into Food Science A novel Big Data Platform for Low Molecular Weight Gelators’ Behavioral Analysis,” in *Journal of Computer Science & Technology*, 2020.
- [23] D. P. Durante, R. Verrastro, J. Carlos Gómez, and C. A. Verrastro, “Semi-Automated Stereo Image Patches Generation and Labeling Method Based on Perspective Transformations,” in *Simposio Argentino de Inteligencia Artificial*, 2022.
- [24] M. Barrionuevo, M. Lopresti, N. C. Miranda, and F. Piccoli, “Secure Computer Network Strategies and Challengers in Big Data Era,” in *VI Jornadas de Cloud Computing & Big Data*, 2018.
- [25] H. Wei, F. Lee, C. Hu, and Q. Chen, “MOO-DNAS: Efficient Neural Network Design via Differentiable Architecture Search Based on Multi-Objective Optimization,” *IEEE Access*, 2022.
- [26] T. Nguyen, R. Katila, and T. N. Gia, “An advanced Internet-of-Drones System with Blockchain for improving quality of service of Search and Rescue: A feasibility study,” *Future Generation Computer Systems*, Mar. 2023.
- [27] A. Nazir et al., “Collaborative threat intelligence: Enhancing IoT security through blockchain and aprendizaje automático integration,” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Feb. 2024.
- [28] M. Riveiro and S. Thill, “‘That’s (not) the output I expected!’ On the role of end user expectations in creating explanations of AI systems,” *Artif Intell*, Sep. 2021.
- [29] D. E. Nikonov and I. A. Young, “Benchmarking Delay and Energy of Neural Inference Circuits,” *IEEE Journal on Exploratory Solid-State Computational Devices and Circuits*, Dec. 2019.
- [30] S. Kim and Y. H. Choi, “WaveBYOL: Self-Supervised Learning for Audio Representation From Raw Waveforms,” *IEEE Access*, 2023.
- [31] J. Vedurada and V. Krishna Nandivada, “Identifying refactoring opportunities for replacing type code with subclass and state,” *Proceedings of the ACM on Programming Languages*, Nov. 2018.
- [32] W. Ochoa, J. Legaristi, F. Larrinaga, and A. Pérez, “Dynamic context-aware workflow management architecture for efficient manufacturing: A ROS-based case study,” *Future Generation Computer Systems*, Apr. 2024.
- [33] C. Fortuna, H. Yetgin, L. Ogrizek, E. Municio, J. M. Marquez-Barja, and M. Mohorcic, “HANNA: Human-friendly provisioning and configuration of smart devices,” *Eng Appl Artif Intell*, Nov. 2023.
- [34] A. Lisi, A. De Salve, P. Mori, L. Ricci, and S. Fabrizi, “Rewarding reviews with tokens: An Ethereum-based approach,” *Future Generation Computer Systems*, 2021.

- [35] S. Afroze, M. R. Hossain, and M. M. Hoque, “DeepFocus: A visual focus of attention detection framework using deep learning in multi-object scenarios,” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Nov. 2022
- [36] N. Janbi, I. Katib, and R. Mehmood, “Distributed artificial intelligence: Taxonomy, review, framework, and reference architecture,” *Intelligent Systems with Applications*, May 2023.
- [37] R. Mishra and S. Rathi, “Enhanced DSSM (deep semantic structure modelling) technique for job recommendation,” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Oct. 2022.
- [38] A. H. B. Gezici and E. Sefer, “Deep Transformer-Based Asset Price and Direction Prediction,” *IEEE Access*, 2024.
- [39] F. Rustam et al., “Sensor-Based Human Activity Recognition Using Deep Stacked Multilayered Perceptron Model,” *IEEE Access*, 2020.
- [40] W. Abu Elhaija and Q. Abu Al-Haija, “A novel dataset and lightweight detection system for broken bars induction motors using optimizable neural networks,” *Intelligent Systems with Applications*, Feb. 2023.
- [41] A. Hany Fawzy, K. Wassif, and H. Moussa, “Framework for automatic detection of anomalies in DevOps,” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Mar. 2023.
- [42] H. Wang, D. Vermetten, F. Ye, C. Doerr, and T. Bäck, “IOHalyzer: Detailed Performance Analyses for Iterative Optimization Heuristics,” *ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization*, Apr. 2022.
- [43] D. Montezanti, A. De Giusti, M. Naiouf, J. Villamayor, D. Rexachs, and E. Luque, “A methodology for soft errors detection and automatic recovery,” in *Proceedings - 2017 International Conference on High Performance Computing and Simulation, HPCS 2017*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2017.
- [44] C. Catania, S. Garcia, and P. Torres, “An Analysis of Convolutional Neural Networks for detecting DGA,” in *XXIV CACIC*, 2018.
- [45] C. Cintas, C. Delrieux, P. Navarro, M. Quinto-Sánchez, B. Pazos, and R. Gonzalez-José, “Automatic Ear Detection and Segmentation over Partially Occluded Profile Face Images,” in *Journal of Computer Science and Technology*, 2019.
- [46] M. Bettayeb, F. Zayer, H. Abunahla, G. Gianini, and B. Mohammad, “An Efficient In-Memory Computing Architecture for Image Enhancement in AI Applications,” *IEEE Access*, 2022.
- [47] A. Smahi et al., “BV-ICVs: A privacy-preserving and verifiable federated learning framework for V2X environments using blockchain and zkSNARKs,” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Jun. 2023.
- [48] H. Liz, J. Huertas-Tato, M. Sánchez-Montañés, J. Del Ser, and D. Camacho, “Deep learning for understanding multilabel imbalanced Chest X-ray datasets,” *Future Generation Computer Systems*, Jul. 2023.
- [49] M. Yazdani, K. Kabirifar, and M. Haghani, “Optimising post-disaster waste collection by a deep learning-enhanced differential evolution approach,” *Eng Appl Artif Intell*, Jun. 2024.
- [50] L. Melgar-García, D. Gutiérrez-Avilés, C. Rubio-Escudero, and A. Troncoso, “Identifying novelties and anomalies for incremental learning in streaming time series forecasting,” *Eng Appl Artif Intell*, Aug. 2023.
- [51] T. Brown, B. Mann, N. Ryder, M. Subbiah, J.D. Kaplan, P. Dhariwal, A. Neelakantan, P. Shyam, G. Sastry, A. Askell, and S. Agarwal, 2020. Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems*, 33, pp.1877-1901.