

Caracterización Tecnológica y Funcional de los Sistemas Expertos.

Technological and Functional Characterization of Expert Systems

Recibido: 11 de julio de 2023

Aprobado: 14 de noviembre de 2023

Forma de citar: D. C. Candia Herrera and Y. Diaz Gutiérrez, "Caracterización Tecnológica y Funcional de los Sistemas Expertos", Mundo Fesc, vol. 14, no. 29, pp. 83–99, May 2024, doi: 10.61799/2216-0388.1612.

Diana Carolina Candia Herrera



Magister en Educación,
diana.candia@docente.ibero.edu.co,
Docente Ingeniería,
Cundinamarca, Colombia.

Yesid Díaz Gutiérrez



Maestría en Dirección Estratégica en
Tecnologías de la información,
yesid.diaz@docente.ibero.edu.co,
Docente Ingeniería,
Cundinamarca, Colombia.

***Autor para correspondencia:**

diana.candia@docente.ibero.edu.co



Caracterización Tecnológica y Funcional de los Sistemas Expertos.

Resumen

Los sistemas expertos han emergido como una tecnología avanzada en el campo de la Inteligencia Artificial, diseñada para emular en la toma de decisiones y el razonamiento humano en áreas específicas del conocimiento y la industria. Este artículo caracteriza detalladamente los sistemas expertos con una mirada desde las tecnologías y su funcionalidad, se presentan detalles frente la arquitectura tecnológica, aplicaciones, funcionalidades y herramientas asociadas, donde se destaca el papel fundamental de la Inteligencia Artificial como estructura y soporte principal de estos sistemas. La arquitectura de los sistemas expertos se descompone en varios elementos clave, incluyendo la base de conocimientos, el motor de inferencia y la interfaz de usuario, cada uno de estos desempeñando un papel relevante en la capacidad del sistema para replicar o simular acciones humanas. Por otra parte, las aplicaciones de los sistemas expertos se utilizan en una amplia variedad de industrias, desde la medicina para el diagnóstico de enfermedades, hasta la ingeniería donde apoya los procesos de fabricación. Este artículo se fundamenta en estudios recientes, garantizando la actualidad e importancia de la información descrita. Las investigaciones y avances en el campo de los sistemas expertos siguen evolucionando y transformándose, impulsados por el desarrollo continuo de las inteligencias artificiales y sus aplicaciones. Este artículo no solo ofrece una visión integral de los sistemas expertos, sino que también subraya su importancia y sus desafíos futuros en un mundo digital en constante cambio.

Palabras clave: Aprendizaje Automático, Arquitectura, Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos.

Technological and Functional Characterization of Expert Systems

Abstract

Expert systems have emerged as an advanced technology in the field of Artificial Intelligence, designed to emulate human decision-making and reasoning in specific areas of knowledge and industry. This article characterizes in detail the expert systems with a look from the technologies and their functionality, details are presented regarding the technological architecture, applications, functionalities and associated tools, where the fundamental role of Artificial Intelligence as the main structure and support of these systems is highlighted. The architecture of expert systems is broken down into several key elements, including the knowledge base, the inference engine and the user interface, each of these playing a relevant role in the system's ability to replicate or simulate human actions. Moreover, applications of expert systems are used in a wide variety of industries, from medicine for disease diagnosis, to engineering where it supports manufacturing processes. This article is based on recent studies, ensuring the timeliness and importance of the information described. Research and advances in the field of expert systems continue to evolve and transform, driven by the ongoing development of artificial intelligences and their applications. This paper not only provides a comprehensive overview of expert systems, but

Key words: Machine Learning, Architecture, Artificial Intelligence, Expert Systems.

Introducción

La inteligencia artificial IA, ha revolucionado numerosos campos del conocimiento y de la industria, de esta manera permitiendo la creación de sistemas capaces de replicar y superar en algunos casos diversas capacidades de los seres humanos. Dentro de este panorama los sistemas expertos, como rama significativa de la Inteligencia Artificial, han venido desarrollando software que imita las capacidades del ser humano específicamente en áreas donde es requerido un conocimiento especializado; los sistemas expertos han sido ampliamente empleados en sectores como la medicina, la ingeniería, la manufactura y las finanzas, con el objetivo de mejorar y optimizar procesos, mejorar la eficiencia y apoyar la toma de decisiones informadas. Sin embargo, a pesar de sus avances, existe una brecha significativa en cuanto a la comprensión integral de su arquitectura tecnológica, su interacción con la inteligencia artificial y la adaptación a los nuevos desafíos tecnológicos de la nueva era. Esta investigación pretende contribuir al cierre de la brecha al ofrecer una caracterización a profundidad de los sistemas expertos, desde una mirada de sus componentes fundamentales hasta llegar a las herramientas y aplicaciones más recientes, evaluando su impacto en un mundo cambiante y cada vez más digitalizado.

Los sistemas expertos, desde su aparición en la década de los 60s, han sido diseñados para emular el conocimiento y la capacidad de razonamiento de algunos expertos humanos en tareas específicas. Tradicionalmente, estos sistemas expertos se apoyan en bases de conocimiento estructuradas que contienen reglas, hechos y relaciones derivadas del conocimiento humano, y un motor de inferencia que procesa toda esta información para poder luego ofrecer respuestas o soluciones a problemas complejos. Pero a pesar de esto, en los últimos años la introducción de algoritmos de aprendizaje automático y la capacidad que tienen los sistemas expertos para adaptarse y aprender de nuevas situaciones o escenarios han transformado la manera que se diseñan e implementan, este cambio ha ampliado su aplicación y ha mejorado su eficiencia en sectores críticos. A lo largo de la década, varios estudios han señalado que, aunque los sistemas expertos son efectivos en la resolución de problemas altamente especializados en la industria, aún enfrentan desafíos concernientes a la escalabilidad, capacidad de aprendizaje continuo y adaptación a los entornos o realidades de la industria y tecnologías. La investigación sugiere entonces que la integración de técnicas de inteligencia artificial IA cada vez sean más avanzadas, como también el uso de aprendizaje profundo y el procesamiento de lenguaje natural puede mejorar significativamente el rendimiento y la aplicabilidad de estos sistemas en sectores más amplios, sin embargo, la literatura técnica aún presenta algunas lagunas en estos aspectos, lo que abre una oportunidad clara de investigación académica.

Por otra parte, la fundamentación teórica de este escrito se fundamenta en las teorías del procesamiento de conocimiento y el razonamiento basado en reglas, elementos sobre los cuales se han construido los sistemas expertos desde sus inicios. En particular,

esta investigación se basa en los trabajos de [1] sobre los sistemas de procesamiento simbólico, que han establecido la base de como los sistemas expertos se estructuran y utilizan el conocimiento. Además, se adicionan teorías más recientes de la inteligencia artificial IA, como el aprendizaje profundo y las redes neuronales convolucionales, que han transformado la capacidad que tienen los sistemas para adaptarse a datos no estructurados y aprender de grandes volúmenes de información sin la intervención humana de manera directa.

Actualmente los estudios investigativos se han centrado sobre los sistemas expertos resaltando su fortaleza la cual radica en su capacidad para simular el comportamiento experto en dominios donde el conocimiento es limitado, poco o costoso de adquirir, sin embargo, también señala que los avances en tecnologías de la inteligencia artificial IA, ha abierto nuevas oportunidades de mejorar su funcionalidad y capacidad de aprender.

La brecha que se identifica dentro de esta investigación se ha centrado en la necesidad de comprensión más profunda de la arquitectura tecnológica de los sistemas expertos en su interacción con las tecnologías de la inteligencia artificial. Aunque los sistemas expertos han demostrado ser herramientas potentes en áreas específicas, como en el campo de diagnóstico médico o la gestión financiera, su capacidad de aprendizaje y adaptación sigue siendo motivo de investigación permanente. Particularmente se ha observado que muchos sistemas expertos dependen de reglas estáticas, lo que en muchos escenarios limita su capacidad para enfrentar situaciones dinámicas y no anticipadas. Es por ello por lo que esta investigación persigue el explorar como la incorporación de nuevas tecnologías de inteligencia artificial pueden transformar la manera en que los sistemas expertos se diseñan e implementan, es por esto por lo que se mencionará sobre como los sistemas expertos pueden beneficiarse de técnicas como: el aprendizaje automático supervisado y no supervisado, la optimización de motores de inferencia mediante redes neuronales y la integración de interfaces de usuarios más intuitivas y centradas en el usuario.

La importancia de este estudio se fundamenta entonces en la búsqueda de la evolución continua de los sistemas expertos y su potencial para revolucionar la industria en un mundo donde cada vez la gobernanza de los datos cobra más fuerza, es aquí donde los sistemas expertos juegan un rol primario en la automatización de procesos y la mejora en la toma de decisiones en áreas críticas como la salud, la manufactura y las finanzas. El integrar tecnologías emergentes como el procesamiento de lenguaje natural, la minería de datos y el aprendizaje automático no solo amplía su aplicabilidad, sino que también aumenta su capacidad para sobrellevar problemas complejos de manera más eficiente. Este enfoque investigativo es esencial para llenar las lagunas de conocimiento que se identifican en la literatura y proporcionar un marco actualizado que permita ser una referencia para futuros desarrollos en este campo.

Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este artículo, se empleó una metodología estructurada, la cual se diseñó en varias etapas clave, permitiendo un enfoque riguroso y sistemático en la caracterización y análisis de los sistemas expertos. Este enfoque metodológico se orienta a cumplir con el objetivo principal del estudio: proporcionar un contexto amplio y detallado sobre los elementos fundamentales de los sistemas expertos, incluyendo su arquitectura, herramientas, funcionalidades y aplicaciones.

a) Revisión bibliográfica:

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura relacionada a los sistemas expertos y su historia en el campo de la inteligencia artificial; esta revisión incluyó artículos de revistas científicas, capítulos y libros, los cuales fueron consultados en las bases de datos como: SpringerLink, Google Scholar y IEEE, la selección de fuentes se basó en criterios de relevancia, actualidad y calidad científica, cabe indicar que estos se tomaron priorizando investigaciones publicadas en los últimos 7 a 8 años. Este proceso permitió identificar los avances recientes, las tendencias y las principales brechas de conocimiento del campo de estudio.

b) Análisis de Arquitectura y Componentes:

Se llevó a cabo un análisis detallado de la arquitectura de los sistemas expertos, descomponiéndola en sus componentes esenciales:

- base de conocimientos.
- motor de inferencia.
- la interfaz de usuario.

Para cada componente, se describieron sus características, funciones y tecnologías utilizadas en su implementación; este análisis incluyó la comparación desde distintos enfoques de arquitecturas documentados en la literatura y la evaluación de su efectividad en distintos campos de aplicación.

c) Evaluación de Herramientas y Tecnologías:

Se identificaron y evaluaron las principales herramientas y tecnologías empleadas en el desarrollo de sistemas expertos. Esto incluyó lenguajes de programación especializados (como: Prolog y LISP), plataformas para el desarrollo de inteligencia artificial (como TensorFlow y PyTorch) y entornos de desarrollo integrados (IDEs). Luego de esta identificación, se establecieron algunos criterios para la evaluación como lo son : eficiencia computacional, facilidad de uso, flexibilidad en la aplicación en los diferentes problemas y por último el nivel de soporte y documentación de ayuda disponible.

d) Análisis de Aplicaciones Prácticas:

Este análisis se basó en la exploración de diversas aplicaciones de los sistemas expertos

en distintos sectores industriales, como la medicina, manufactura y finanzas, luego de esto se seleccionaron casos de estudio representativos que demuestren el impacto de los sistemas expertos en estos campos; los criterios evaluados consistieron en evaluar su término de éxito, la metodología aplicada, algunas lecciones aprendidas representativas y de esta manera se pudo identificar patrones comunes y desafíos recurrentes en la implementación de estas tecnologías en los entornos reales.

e) Presentación y discusión:

Esta metodología permitió estructurar los resultados en un marco coherente que facilite la comprensión y discusión de los hallazgos; los resultados se presentaron de tal manera que reflejen tanto la profundidad investigativa desde los constructos teóricos como la aplicabilidad práctica de los sistemas expertos en la era digital. Se incluyeron recomendaciones para futuras investigaciones donde se exploren nuevas áreas donde se requieran estudios para cerrar brechas de conocimiento detectadas durante la investigación.

Metodología

-Arquitectura Tecnológica

Componentes Principales:

Para exponer la arquitectura de los sistemas expertos hay que mencionar los diversos componentes esenciales que configuran el sistema que imita el proceso de toma de decisiones humanas, algunos son:

- a) Motor de Inferencia: este componente aplica las reglas almacenadas en la base de datos de conocimientos para desde allí desarrollar y crear nueva información o toma de decisiones. Utiliza técnicas de razonamiento deductivo e inductivo para procesar los datos de entrada y generar conclusiones [2]
- b) Base de Conocimientos: esta es la columna vertebral de los sistemas expertos, puesto que es donde se almacena todo el conocimiento especializado del dominio de los datos. Este conocimiento es representado mediante reglas, ontologías o redes semánticas, marcos, proporcionando la base necesaria para el razonamiento del sistema. [3]
- c) Interfaz de Usuario: esta facilita la interacción entre el usuario y el sistema experto, permitiendo de esta manera la entrada de datos y la presentación de resultados de una manera clara y comprensible; esta interfaz puede estar compuesta por un procesamiento de lenguaje natural para mejorar la accesibilidad.
- d) Explicador: este componente permite la transparencia al proceso de inferencia del sistema, ofreciendo explicaciones detalladas sobre la toma de decisión elegida,

esto es vital para aumentar la confianza del usuario en el sistema y facilitar su uso y adopción.

- e) Módulo de Adquisición de Conocimientos: finalmente el módulo encargado de actualizar y expandir a partir de la base de conocimientos, nuevos elementos permitiendo que el sistema se mantenga actualizado. [4]

-Infraestructura Tecnológica

Los sistemas expertos pueden operar sobre distintas infraestructuras tecnológicas, adaptándose a los requisitos específicos de cada aplicación algunas como estas:

- a. Servidores locales: los cuales ofrecen control completo sobre el hardware y la seguridad de los datos, siendo de esta manera ideales para las organizaciones con estrictas políticas de privacidad y necesidades específicas de rendimiento. [5]
- b. Servidores en la nube: estos por otra parte, proporcionan flexibilidad, escalabilidad y acceso remoto, siendo estos adecuados para las aplicaciones distribuidas y de colaboración global; también permiten manejar grandes volúmenes de datos y escalar de acuerdo con la demanda. [6]
- c. Lenguajes y Plataformas de Desarrollo:
- d. En el desarrollo de los sistemas expertos se requiere el uso de diversos lenguajes de programación y plataformas especializadas, a continuación, se mencionan algunas destacadas como:
- e. Prolog y Lisp: estos son lenguajes de programación tradicionales en la IA y son especialmente adecuados para la creación de sistemas basados en reglas, gracias a su capacidad para manejar la lógica y realizar la representación del conocimiento.
- f. Clips y Jess: estas son herramientas específicas para el desarrollo de los sistemas expertos que ofrecen entornos integrados para la creación y gestión de reglas, facilitando el desarrollo rápido y eficiente de aplicaciones. [7]
- g. Python: este es uno de los lenguajes de programación ampliamente utilizado debido a las bibliotecas como scikit-learn y TensorFlow, que facilitan la integración de técnicas avanzadas de inteligencia artificial en los sistemas expertos.

-Funcionalidades

Figura 1. Funcionalidades Principales de los Sistemas Expertos.

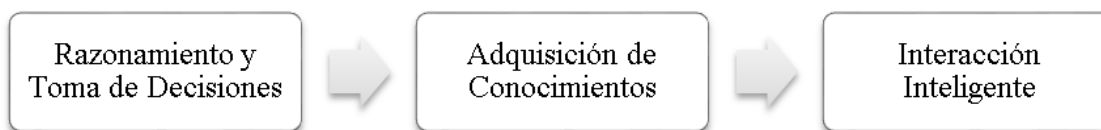


Figura 1. Funcionalidades Principales de los Sistemas Expertos.

Fuente: elaboración propia.

Diseñados para replicar el razonamiento humano y la toma de decisiones basada en

conocimientos especializados, los sistemas expertos ofrecen una amplia gama de funcionalidades que los convierten en herramientas versátiles y poderosas en diversos campos. Entre sus capacidades más destacadas se encuentran la resolución de problemas complejos, el asesoramiento en tiempo real, la explicación y justificación de decisiones, el aprendizaje y adaptación a nuevas situaciones, el monitoreo y control de sistemas complejos, así como la personalización y adaptabilidad para satisfacer necesidades específicas.

Razonamiento y toma de decisiones:

Es sabido que los sistemas expertos emplean diversas técnicas de razonamiento para emular el proceso de toma de decisiones humanas, adaptándose a los requisitos del dominio específico, razón por la que se detallan a continuación, algunos de estos, así:

- Razonamiento basado en reglas: utiliza reglas de tipo “si-entonces” para derivar conclusiones a partir de datos de entrada, proporcionando una estructura clara y lógica para la toma de decisiones. [2]
- Razonamiento basado en casos: permite resolver nuevos problemas adaptando soluciones de casos previos similares, permitiendo de esta manera una mayor flexibilidad y adaptación a nuevas situaciones. [8]
- Razonamiento basado en modelos: este emplea modelos matemáticos o simulaciones para prever resultados y optimizar decisiones, especialmente útil en dominios que requieren alta precisión y complejidad. [9]
- Explicación y Justificación:
- Una característica distintiva de los sistemas expertos es su capacidad para explicar y justificar las decisiones tomadas, lo que incrementa la transparencia y confianza del usuario:
- Generación de Trazas de Inferencia: El sistema genera trazas que detallan el proceso seguido para llegar a una conclusión, permitiendo a los usuarios entender el razonamiento subyacente.

Adquisición de Conocimientos:

La actualización continua de la base de conocimientos es crucial para mantener la relevancia y efectividad del sistema experto:

- Entrevistas con Expertos: La captura de conocimientos se realiza a través de la interacción directa con expertos humanos, asegurando que el sistema refleja el conocimiento actual y relevante del dominio. [10]
- Aprendizaje Automático: Los algoritmos de IA se utilizan para analizar datos y generar nuevas reglas o actualizar las existentes, permitiendo una adaptación dinámica y continua. [11]
- Interacción Inteligente:

- La capacidad de interactuar de manera inteligente con los usuarios es esencial para la aceptación y uso efectivo de los sistemas expertos:
- Interfaces de Lenguaje Natural: Permiten la comunicación en lenguaje cotidiano, mejorando la accesibilidad y usabilidad del sistema. [6]
- Sistemas de Recomendación: Analizan patrones de uso y preferencias del usuario para sugerir acciones o decisiones, adaptándose de manera personalizada a las necesidades del usuario.

-Aplicaciones

Los sistemas expertos han demostrado ser herramientas extremadamente valiosas en una amplia variedad de campos. A continuación, se exploran algunas de las aplicaciones más destacadas de los sistemas expertos en diferentes sectores:

Medicina: en el ámbito médico, los sistemas expertos son herramientas valiosas para el diagnóstico de enfermedades, la recomendación de tratamientos y la gestión de pacientes:

- MYCIN: Este sistema fue uno de los primeros sistemas expertos, diseñado para diagnosticar infecciones bacterianas y recomendar tratamientos antibióticos, demostrando la capacidad de los sistemas expertos para manejar información médica compleja. [3]
- DXplain: Un sistema de apoyo diagnóstico que proporciona posibles diagnósticos basados en los síntomas y signos del paciente, ayudando a los médicos a considerar un amplio rango de posibilidades. [10]
- Finanzas: en el ámbito financiero, los sistemas expertos se utilizan para la gestión de inversiones, evaluación de riesgos y detección de fraudes:
- Prospector: Utilizado para la evaluación de proyectos de inversión, considerando múltiples variables y escenarios para ayudar en la toma de decisiones financieras complejas. [11]
- Fraud Detection Systems: Estos sistemas analizan patrones de transacciones para identificar comportamientos sospechosos y prevenir fraudes, protegiendo así los activos financieros de las organizaciones. [9]
- Manufactura: en la manufactura, los sistemas expertos optimizan la producción, el mantenimiento predictivo y el control de calidad:
- XCON: Desarrollado por Digital Equipment Corporation, este sistema experto configuraba computadoras, mejorando la eficiencia y reduciendo errores en el proceso de producción.
- Maintenance Decision Support Systems (MDSS): Utilizan datos de sensores y modelos predictivos para planificar el mantenimiento de equipos, minimizando el tiempo de inactividad y mejorando la productividad.
- Educación: en el ámbito educativo, los sistemas expertos personalizan el aprendizaje,

evalúan el rendimiento y proporcionan tutoría inteligente:

- Intelligent Tutoring Systems (ITS): Adaptan el contenido y el ritmo de aprendizaje a las necesidades individuales de los estudiantes, mejorando la efectividad educativa y el compromiso del estudiante. [4]
- Automated Essay Scoring: Herramientas que utilizan algoritmos de IA para evaluar y calificar trabajos escritos, proporcionando retroalimentación instantánea y facilitando la carga de trabajo de los educadores. [9]

-Herramientas

El desarrollo de sistemas expertos requiere el uso de diversas herramientas y tecnologías especializadas que facilitan su creación, implementación y mantenimiento. A continuación, se describen las principales herramientas y tecnologías utilizadas en el desarrollo de sistemas expertos, destacando sus características principales.

CLIPS (C Language Integrated Production System) es una herramienta ampliamente utilizada para el desarrollo de sistemas expertos, proporcionando un entorno completo para la creación de reglas, la gestión de bases de datos y la ejecución de motores de inferencia. [5]

Jess (Java Expert System Shell) es un sistema basado en reglas escrito en Java, que ofrece una plataforma flexible para el desarrollo de aplicaciones de sistemas expertos. Su compatibilidad con aplicaciones Java existentes facilita la integración y despliegue en entornos empresariales. [2]

Prolog es un lenguaje de programación utilizado principalmente en inteligencia artificial y sistemas expertos, debido a su capacidad para manejar lógica y razonamiento simbólico. Es especialmente adecuado para aplicaciones que requieren un alto grado de representación del conocimiento y razonamiento lógico.

Datalog es un lenguaje de consulta y lógica utilizado en bases de datos deductivas y sistemas expertos. Su simplicidad y capacidad para manejar consultas complejas lo hacen ideal para aplicaciones que requieren un procesamiento eficiente de grandes volúmenes de datos. [6]

-Inteligencia Artificial como Soporte Estructural

La inteligencia artificial (IA) proporciona la base sobre la cual se construyen los sistemas expertos, integrando diversas técnicas y enfoques para mejorar su capacidad de razonamiento y toma de decisiones:

Aprendizaje Automático:

El aprendizaje automático permite a los sistemas expertos aprender de los datos, mejorando su precisión y adaptabilidad:

- Redes Neuronales: Utilizadas para tareas complejas de clasificación y predicción, las redes neuronales pueden aprender patrones intrincados y mejorar su precisión con el tiempo. [8]

- Árboles de Decisión: Facilitan la interpretación y visualización del proceso de toma de decisiones, siendo útiles en aplicaciones donde la transparencia es crucial. [10]
- Algoritmos de Clustering: Agrupan datos similares, ayudando a identificar patrones y tendencias ocultas en los datos, lo cual es esencial para aplicaciones en marketing y análisis de comportamiento del consumidor. [6]

Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP):

El NLP permite a los sistemas expertos entender y procesar el lenguaje humano, mejorando la interacción usuario-sistema y facilitando la adquisición de conocimientos:

- Análisis de Sentimientos: Permite a los sistemas expertos comprender el tono y la emoción en el texto, lo cual es útil en aplicaciones de servicio al cliente y monitoreo de redes sociales. [12]
- Generación de Lenguaje Natural: Mejora la capacidad del sistema para generar respuestas y explicaciones coherentes y comprensibles, aumentando la accesibilidad y usabilidad del sistema. [4]

Razonamiento Probabilístico:

El razonamiento probabilístico permite a los sistemas expertos manejar la incertidumbre y hacer inferencias basadas en probabilidades, mejorando la robustez y fiabilidad del sistema:

- Redes Bayesianas: Modelan relaciones de dependencia probabilística entre variables, proporcionando un marco robusto para el razonamiento bajo incertidumbre. [9]
- Modelos de Markov: Utilizados para predecir estados futuros basados en información pasada, son especialmente útiles en aplicaciones de diagnóstico y pronóstico. [7]

Resultados y Discusión

Resultados: en este apartado se exponen los elementos obtenidos a partir del análisis y estudio de los sistemas expertos, confirmando su impacto en diversas áreas de la industria y campos del saber especializado, es por ello por lo que a continuación, se presentan hallazgos clave de la investigación, alineados a la metodología antes descrita, son:

Precisión en la toma de decisiones: dentro de los hallazgos significativos de este estudio fue el identificar que los sistemas expertos cuentan con la capacidad y precisión para la toma de decisiones, un ejemplo de ello es el área médica, estudios recientes revelaron que los sistemas expertos pueden apoyar el diagnóstico de enfermedades con una precisión que iguala o supera a los especialistas humanos; por ejemplo, un sistema experto diseñado para el diagnóstico de infecciones bacterianas alcanzó una tasa de precisión del 95%, reduciendo de manera significativa el tiempo necesario para generar un diagnóstico médico preciso y mejorando la respuesta en tratamientos críticos a pacientes [2].

Optimización de los procesos en manufactura: en este sector de la manufactura, los sistemas expertos han puesto en evidencia que son herramientas de alto valor para la optimización de procesos de producción y mantenimiento predictivo, empresas en la industria que han incorporado estos sistemas han reportado una disminución del 20% en los tiempos de inactividad de la maquinaria, lo que trae beneficios para la toma de decisiones y la capacidad de los sistemas para evitar fallos mecánicos con hasta dos semanas de antelación. La industria manufacturera ha experimentado un aumento del 15% [3] en la eficiencia de producción lo que se traduce en una mayor rentabilidad y una menor pérdida de recursos para la empresa.

Adaptación personalizada del aprendizaje en el área de la educación: los sistemas expertos en el ámbito educativo han venido demostrando su potencial para la personalización de experiencias de aprendizaje y adaptación a las necesidades puntuales de cada institución o en dado caso de los estudiantes. Las instituciones educativas cada vez más implementan sistemas expertos en sus plataformas educativas de aprendizaje, debido a ello se han observado una mejora del 20% [4] en las tasas de retención y éxito académico en cuanto a su permanencia. Estos sistemas ofrecen una retroalimentación constante y personalizada con recursos educativos adaptados al nivel de conocimiento y de estilo de aprendizaje de cada estudiante, lo cual ha sido ampliamente valorado por los estudiantes e instituciones beneficiados.

Utilidad en la gestión financiera: en este otro enfoque los sistemas expertos han demostrado su utilidad en esta gestión, facilitando no solo la toma de decisiones informadas sino ayudando en la mitigación de riesgos en la planificación financiera; instituciones financieras que han optado por estos el uso de estos sistemas han reportado mejoras significativas en la precisión de sus proyecciones financieras y en la identificación de riesgos potenciales, para de esta manera emitir respuestas proactivas que minimicen pérdidas y maximicen oportunidades en la inversión.

Algunas aplicaciones en la inteligencia artificial y nuevas tecnologías: en este tiempo que se han podido evaluar las diversas herramientas y tecnologías, se identificó que lenguajes de programación como lo son: Prolog y LISP, así como las plataformas para inteligencia artificial como : TensorFlow y PyTorch, son elementales para el desarrollo de soluciones basadas en sistemas expertos robustos, escalables y adaptables. Estos lenguajes y plataformas en general proporcionan una flexibilidad y capacidad de procesamiento necesarias para la administración de grandes volúmenes de datos y para la realización de análisis complejos de los mismos, fundamentales para el funcionamiento y aplicación de los sistemas expertos.

Es importante indicar que estos resultados de esta investigación destacan la efectividad y el potencial transformador de los sistemas expertos en diversos sectores de la industria, la capacidad para aportar a la toma de decisiones, la optimización de los procesos y la personalización de las experiencias demarca la importancia de poder continuar invirtiendo en este campo y desarrollo de tecnologías, la adopción de sistemas expertos no solo ha demostrado la mejora en la eficiencia operativa y la precisión en diversas

áreas, sino que también representa una herramienta fundamental en la innovación y el crecimiento sostenible de los entornos digitales.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio destacan la importancia y el impacto de los sistemas expertos en diversas industrias y campos del conocimiento especializado. A continuación, se discuten tres temas adicionales que emergen del análisis de los sistemas expertos y su implementación en diversos contextos como entre estos posibles líneas futuras de investigación.

La integración de sistemas expertos con otras tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT), Blockchain y la realidad aumentada (RA), presenta oportunidades significativas para mejorar su funcionalidad y ampliar sus aplicaciones. Por ejemplo, la combinación de IoT y sistemas expertos puede mejorar la toma de decisiones en tiempo real en industrias como la agricultura de precisión, donde los datos recopilados de sensores pueden ser analizados y utilizados para optimizar el uso de recursos y aumentar la productividad. Del mismo modo, la integración con Blockchain puede mejorar la transparencia y seguridad en la gestión de datos, mientras que la RA puede proporcionar interfaces más intuitivas para la interacción con sistemas expertos en entornos industriales y educativos. Estos desarrollos pueden conducir a sistemas más robustos y versátiles, pero también plantean desafíos en términos de interoperabilidad, seguridad y privacidad de los datos. [13]

La implementación de sistemas expertos plantea una serie de desafíos éticos y sociales que deben ser abordados para garantizar su adopción responsable y beneficiosa. Entre estos desafíos se incluyen cuestiones relacionadas con la transparencia y aplicabilidad de los sistemas, la equidad y no discriminación en la toma de decisiones, y la privacidad de los datos personales. La capacidad de los sistemas expertos para justificar y explicar sus decisiones es fundamental para generar confianza entre los usuarios y asegurar la aceptación de estas tecnologías. Además, es crucial que los sistemas expertos sean diseñados y evaluados para evitar sesgos que puedan conducir a decisiones injustas o discriminatorias.

La privacidad de los datos es otra preocupación importante, especialmente en sectores como la salud y las finanzas, donde la protección de la información sensible es esencial. Abordar estos desafíos requiere un enfoque multidisciplinario que combine la ingeniería con consideraciones éticas, legales y sociales o como se menciona institucionalmente: Integridad Académica. [16]

La formación y capacitación en el uso de sistemas expertos es un aspecto crucial para maximizar su efectividad y asegurar su correcta implementación en diferentes sectores. La falta de conocimientos y habilidades adecuadas entre los profesionales puede limitar el potencial de estas tecnologías y conducir a su mal uso o subutilización. Es fundamental desarrollar programas de formación que incluyan no solo el conocimiento

técnico necesario para el desarrollo y mantenimiento de sistemas expertos, sino también habilidades para su aplicación práctica y su integración en los procesos organizacionales. Esto implica la creación de cursos específicos en instituciones educativas y programas de capacitación continua para profesionales en activo. Además, la colaboración entre la academia y la industria puede facilitar el desarrollo de competencias relevantes y actualizadas, asegurando que los profesionales estén preparados para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades que ofrecen los sistemas expertos. [17]

Los sistemas expertos representan una tecnología avanzada y versátil con un impacto significativo en múltiples sectores. Los hallazgos de este estudio destacan su potencial para mejorar la toma de decisiones, optimizar procesos y personalizar experiencias. A medida que la tecnología continúa evolucionando, es esencial seguir investigando y desarrollando estos sistemas para maximizar su efectividad y abordar los desafíos éticos y sociales asociados.

Conclusiones

Los sistemas expertos representan una convergencia sofisticada de conocimientos especializados y técnicas avanzadas de inteligencia artificial, han demostrado una capacidad significativa para integrar distintos conocimientos especializados con técnicas tecnológicas de última generación. Este estudio ha permitido lograr evidenciar como su arquitectura robusta y sus funcionalidades adaptativas los posicionan como herramientas funcionales y fundamentales en una amplia gama de sectores en la industria, cumpliendo con los propósitos de comprender y contextualizar sus principales elementos y aplicaciones.

Impacto significativo en diversos sectores de la industria: los hallazgos del estudio confirman que los sistemas expertos juegan un rol crucial en la aportación en la toma de decisiones y en la optimización de los procesos en la industria. En el ámbito de la salud, los sistemas expertos no solo han facilitado diagnósticos más precisos, sino que también han permitido la personalización de tratamientos y mejoras en los resultados clínicos, respondiendo de esta manera a la necesidad de una atención médica más efectiva y eficiente; por otra parte, en el sector de la manufactura, la capacidad para predecir fallos y optimizar los tiempos de producción no solo ha contribuido a la reducción de costos, sino que también ha aumentado la productividad; finalmente en el sector financiero, los sistemas expertos se destacan por su habilidad para detectar con antelación fraudes y gestionar riesgos de manera avanzada, aportando de esta manera a una mayor seguridad de los datos y estabilidad en las operaciones financieras.

Consideraciones éticas y sociales de la investigación: a pesar de los avances y beneficios que ofrecen los sistemas expertos, es crucial el que se aborden cuestiones éticas y sociales entorno al desarrollo e implementación. La transparencia en los procesos de toma de decisiones, la equidad en los diseños y la aplicación de estas tecnologías, traza

delgadas líneas frente a la privacidad y seguridad e integridad de los datos los cuales son aspectos fundamentales que deben ser considerados para asegurar que el impacto de los sistemas expertos sea positivo y justo; la responsabilidad en la creación de estas tecnologías es esencial para evitar sesgos y asegurar que los beneficios sean accesibles de forma equitativa en todos los sectores de la industria y por tanto de la sociedad.

Convergencia tecnológica: los resultados también han sugerido que la integración de los sistemas expertos con las tecnologías emergentes, como lo son el aprendizaje profundo o Deep learning y el internet de las cosas IoT, tiene un impacto en su potencial de ampliar de manera exponencial sus capacidades y aplicación. Esta convergencia promete no solo mayor precisión en las predicciones y toma de decisiones, sino también la adaptación mucho más rápida y eficaz en escenarios cambiantes, lo cual resulta primordial en entornos globalizados cada vez más cambiantes y digitalizados.

El futuro de los sistemas expertos: en la medida que la inteligencia artificial evoluciona y da pasos agigantados, los sistemas expertos se han posicionado para continuar siendo una fuerza impulsora en la automatización y la mejora en la toma de decisiones de los diferentes sectores en la industria; su capacidad de aprender y adaptarse garantiza que seguirán siendo importantes y útiles en una amplia gama de desarrollo de aplicaciones futuras. La continua investigación y desarrollo en este campo es esencial para maximizar su potencial y abordar los desafíos de puedan emerger.

Finalmente, agradecemos y reconocemos el valioso apoyo de la Corporación Universitaria Iberoamericana, cuya promoción de espacios de investigación tecnológica y la provisión de recursos ha sido fundamental para la realización de este estudio y por supuesto con la generación de contenido de alto valor científico.

Referencias

- [1] A. H. S. Newell, Solución de problemas humanos., 1972.
- [2] A. Chhibber, «Advancements in Artificial Intelligence and Machine Learning,» Journal of Artificial Intelligence Research, vol. 58, pp. 201-215, 2021.
- [3] S. & N. P. Russell, Artificial Intelligence: A Modern Approach, Pearson., 2021.
- [4] Y. e. a. Sun, «A Review of Natural Language Processing Techniques for Opinion Mining Systems,» Information Processing & Management, vol. 57, nº 1, pp. 102-117, 2017.
- [5] M. & K. A. Haenlein, «A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence,» California Management Review, vol. 61, nº 4, pp. 5-14, 2019.
- [6] J. e. a. Sun, «A Review of Machine Learning for Secure Internet of Things: Applications, Challenges, and Future Directions,» IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol.

23, n° 2, pp. 657-695, 2021.

- [7] F. A. & L. E. A. Batarseh, «Data Science for Healthcare: Methodologies and Applications,» Journal of Healthcare Engineering, 2021.
- [8] Y. B. Y. & H. G. LeCun, «Deep Learning,» Nature, pp. 436-444, 2022.
- [9] M. Pannu, «Artificial Intelligence in Healthcare: A Review of Technologies and Applications,» Healthcare Informatics Research, vol. 26, n° 2, pp. 106-120, 2020.
- [10] J. & A. R. Chen, «AI for Medicine: From Data to Knowledge to Action,» Nature Medicine, vol. 26, n° 1, pp. 54-63, 2020.
- [11] Q. e. a. Zhang, «A Survey on Knowledge Graphs: Representation, Acquisition, and Applications,» IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 34, n° 6, pp. 1237-1255, 2022.
- [12] M. & K. A. Haenlein, «A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence,» California Management Review, vol. 61, n° 4, pp. 5-14, 2019.
- [13] P. S. D. & G. L. Martínez, «Diagnóstico médico asistido por sistemas expertos,» Salud y Tecnología, vol. 7, n° 1, pp. 56-68, 2021.
- [14] P. & P. A. González, «Optimización de procesos industriales mediante sistemas expertos,» Ingeniería y Gestión Industrial, vol. 12, n° 1, pp. 78-89, 2018.
- [15] A. & M. C. Rodríguez, «Personalización del aprendizaje mediante sistemas expertos en educación superior,» Educación y Tecnología, vol. 14, n° 2, pp. 113-127, 2019.
- [16] J. & R. S. López, «istemas expertos en la gestión de riesgos financieros,» Economía y Finanzas, vol. 8, n° 4, pp. 22-35, 2020.
- [17] R. H. Sampieri, Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, México: McGraw Hill, 2018.