



Antonio José de Sucre
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

Sistema de gestión de diagnósticos eléctricos utilizando Machine Learning para la generación automatizada de reportes en la empresa XIRO Investment Group SAS

Díaz Vides Anderson Jose

Meza Benítez Juan Gabriel

Autores

Sergio Antonio Sánchez Hernández

Tutor

Corporación Universitaria Antonio José de Sucre

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Programa de Ingeniería de Sistemas

Mayo, 2026



Tabla de contenido

1. Agradecimientos	4
2. Resumen.....	6
3. Introducción	7
4. Planteamiento de la Investigación	9
4.1 Descripción del problema.....	9
4.2 Pregunta de la Investigación	11
5. Justificación de la investigación	12
6. Objetivos de la investigación.....	13
6.1 Objetivo General	13
6.2 Objetivos Específicos.....	13
7. Estado del arte.....	14
7.1 Estado del arte a nivel internacional	14
7.2 Estado del arte a nivel nacional.....	16
7.3 Estado del arte a nivel local.....	17
7.4 Síntesis y vacío de investigación.....	17
8. Marco Conceptual.....	18
8.1 Digitalización de Procesos.	18
8.2 Automatización de Procesos.	18
8.3 Aprendizaje Supervisado (Machine Learning).	18
8.4 Generación Automática de Reportes.....	19
8.5 Inteligencia Artificial (IA)	19
8.6 Maching Learning	19
8.7 Redes Neuronales Artificiales.....	20
8.8 Transformación Digital	20
8.9 Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLM).....	20
8.10 API (Interfaz de Programación de Aplicaciones).....	20
9. Marco metodológico	21
9.1 Enfoque de investigación	21
9.2 Tipo y alcance de la investigación	21
9.3 Diseño de la investigación	22



9.4	Procedimiento de la investigación.....	22
	Objetivo 1:	22
	Objetivo 2:	23
	Objetivo 3:	24
10.	Cronograma.....	24
11.	Resultados	25
11.1	Descripción general de la plataforma desarrollada.....	25
11.2	Módulos de la plataforma	28
11.2.1	Módulo de gestión de usuarios.....	29
11.2.2	Módulo de gestión de inspecciones.....	29
11.2.3	Módulo de inventario técnico eléctrico	30
11.2.4	Módulo de análisis de inteligencia artificial	32
11.2.5	Módulo de generación de reportes	33
12.	Conclusiones	34
13.	Recomendaciones	35
14.	Trabajo Futuro	35
15.	Bibliografía	36



1. Agradecimientos

Gabriel Meza

A mi madre, Ana Benítez, la niña Tulia, la mujer más valiente que conozco.

Mientras yo dormía en Sincelejo persiguiendo un sueño, tú madrugabas en Bogotá para que ese sueño pudiera seguir en pie. Dejaste de comprarte lo que necesitabas para asegurarte de que a mí no me faltara nada. Aguantaste el cansancio, la distancia y las adversidades con una fortaleza que yo apenas estoy aprendiendo a entender.

Recuerdo tus palabras: "Estudia hijo, porque... yo no pude". En esa frase cargaste toda una vida, y yo la llevé conmigo cada vez que quise rendirme. Estudié por mí, pero también estudié por ti, para que cada sacrificio tuyo tuviera sentido, para que la distancia que nos separaba valiera la pena.

Y a Durut, mi perrito, mi compañero, mi mejor amigo, que desde Bogotá también fue parte de esto sin saberlo. Cada vez que volvía a casa y él corría a recibirme con esa alegría que solo los perros saben dar, se me olvidaba el cansancio. Jugar contigo fue un descanso para el alma, y sin darte cuenta, te convertiste en uno de mis motores para seguir adelante.

Este título nació de tus madrugadas, mamá, de tu esfuerzo silencioso, de tu amor sin condiciones, y del cariño incondicional de Durut. No existe logro mío que no lleve sus nombres. Gracias. Lo logramos.



Anderson Díaz

Quiero agradecer, principalmente, a Dios, por la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia que me permitieron culminar este proceso académico. Por cada puerta que se abrió en el momento indicado, por las personas que puso en mi camino y por la claridad que me dio en los momentos de duda. Sin su guía, este logro no hubiera sido posible.

A mis padres, José Díaz y Leidys Vides, quienes desde el principio creyeron en este proceso y me brindaron su apoyo incondicional. Cada esfuerzo que hicieron para que yo pudiera estudiar y crecer profesionalmente quedará grabado en este logro, que es tan mío como de ellos. Gracias por la paciencia, por la confianza y por nunca dudar de que este momento llegaría.

A mis hermanos, Marlin y Gael, por su compañía y aliento a lo largo de esta etapa. Marlin, por estar presente en los momentos en que más se necesita una palabra de ánimo y por celebrar cada avance como propio. Gael, por ser una de las razones que me impulsaron a esforzarme cada día y porque este logro también es un ejemplo que quiero dejarle.

Agradecemos a Xiro Investment Group SAS, por hacer posible este proyecto de una manera que va mucho más allá de lo económico. Gracias por ayudar con el financiamiento de este trabajo, por abrir sus puertas durante mis prácticas profesionales y por confiar en una idea que estaba apenas naciendo. Este proyecto encontró su hogar en su empresa, y sin ese espacio y ese respaldo, estas páginas simplemente no existirían.

2. Resumen

La elaboración de reportes técnicos eléctricos y la verificación del cumplimiento normativo son actividades fundamentales para asegurar la calidad y confiabilidad de los diagnósticos. No obstante, cuando estos procesos se desarrollan de manera manual, se generan retrasos, inconsistencias en la información y una mayor probabilidad de errores humanos. Esta problemática motivó la realización del presente estudio, orientado a optimizar la generación de reportes técnicos mediante el uso de tecnologías de automatización.

El objetivo principal de la investigación fue desarrollar y evaluar un sistema de generación automatizada de reportes eléctricos que incorporara técnicas de análisis inteligente para apoyar la interpretación de datos y la verificación del cumplimiento de normas técnicas, con el fin de mejorar la eficiencia y consistencia de los diagnósticos.

La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y de alcance aplicado. Su desarrollo se estructuró en tres fases; una fase inicial orientada al análisis descriptivo del proceso manual de elaboración de reportes técnicos; una segunda fase centrada en el diseño y desarrollo del sistema automatizado, implementado en lenguaje de programación PHP e integrado con un modelo de machine learning; y una fase final de validación funcional, mediante la ejecución de pruebas orientadas a verificar el desempeño y funcionamiento del sistema desarrollado.

Los resultados obtenidos evidenciaron una disminución significativa en los tiempos de elaboración de los reportes, pasando de meses a un día de trabajo. Adicionalmente, se verificó mediante inteligencia artificial el cumplimiento normativo de las instalaciones eléctricas, generando de forma automatizada las observaciones y recomendaciones técnicas de cada diagnóstico. Asimismo, el sistema permitió reducir la dependencia de actividades manuales y fortalecer la trazabilidad de la información técnica.

Se concluyó que la automatización de la generación de reportes eléctricos, apoyada por técnicas de análisis inteligente, representa una solución viable para optimizar procesos técnicos en empresas como XIRO Investment Group S.A.S., mejorando la calidad y consistencia de los diagnósticos eléctricos.



3. Introducción

La transformación digital se ha consolidado como uno de los principales procesos de modernización organizacional en distintos sectores productivos y de servicios a nivel mundial. El crecimiento acelerado de tecnologías como la automatización de procesos, la inteligencia artificial y el análisis de datos ha permitido optimizar actividades operativas, mejorar la eficiencia en la gestión de información y reducir errores asociados a procedimientos manuales. De acuerdo con Fortune Business Insights (2025), el mercado global de transformación digital alcanzó un valor aproximado de 1,96 billones de dólares en 2023, manteniendo una tendencia de crecimiento impulsada por la necesidad de las organizaciones de incorporar soluciones tecnológicas en sus procesos internos.

En este contexto, diferentes investigaciones han evidenciado que la implementación de herramientas digitales y modelos inteligentes contribuye significativamente a la automatización de tareas repetitivas, al fortalecimiento de la toma de decisiones y a la mejora en la calidad y consistencia de la información generada. Particularmente, las técnicas de *machine learning* y los sistemas automatizados han comenzado a ser utilizados en entornos técnicos e industriales como apoyo en procesos de análisis, monitoreo, generación de reportes y validación de información especializada (Reyes, 2024).

A pesar de estos avances, el proceso de transformación digital no se desarrolla de manera homogénea. En Colombia, muchas organizaciones aún presentan una alta dependencia de procedimientos manuales para la gestión de información técnica y administrativa. El Índice de Madurez de Transformación Digital reportó un promedio nacional del 51,5 %, reflejando que una parte importante de las empresas se encuentra en etapas intermedias o iniciales de adopción tecnológica (CINTEL, 2023). Esta situación evidencia limitaciones relacionadas con la incorporación de tecnologías avanzadas en procesos cotidianos, especialmente en actividades que requieren recopilación, análisis y documentación de información técnica.

Uno de los escenarios donde esta problemática se hace más evidente es en la elaboración de reportes técnicos dentro del sector eléctrico. Tradicionalmente, los procesos de diagnóstico



eléctrico se desarrollan mediante procedimientos manuales en los que los técnicos realizan inspecciones en campo, registran mediciones y observaciones en formatos físicos y posteriormente trasladan dicha información a documentos digitales para su análisis y consolidación. Posteriormente, se efectúa la verificación normativa y la elaboración del informe final. Este flujo de trabajo, aunque ampliamente utilizado, implica un alto consumo de tiempo y una mayor probabilidad de errores asociados a la transcripción de datos, pérdida de información y falta de estandarización en los reportes generados.

En empresas como XIRO Investment Group S.A.S., dedicada al desarrollo de proyectos energéticos y tecnológicos, la generación de diagnósticos eléctricos continúa realizándose bajo esta metodología tradicional. La elaboración manual de reportes técnicos representa una carga operativa significativa debido a la cantidad de información que debe ser procesada, analizada y documentada para cada proyecto ejecutado. Esta situación puede generar retrasos en la entrega de informes, inconsistencias en la información y dificultades para optimizar los tiempos de respuesta frente a las necesidades de los clientes.

Frente a este panorama, surge el interés de desarrollar soluciones tecnológicas orientadas a la automatización de procesos técnicos relacionados con la gestión y elaboración de reportes eléctricos. En este sentido, la integración de herramientas de inteligencia artificial y técnicas de *machine learning* representa una alternativa para apoyar el análisis de datos, mejorar la estructuración de la información y optimizar la generación de documentos técnicos. Además, estas tecnologías permiten avanzar hacia procesos más eficientes, estandarizados y alineados con las tendencias actuales de transformación digital en el sector empresarial.

De esta manera, la presente investigación se orienta al desarrollo y evaluación de un sistema automatizado para la generación de reportes técnicos eléctricos, integrando herramientas de inteligencia artificial como apoyo al análisis de información y a la elaboración de diagnósticos. El estudio busca contribuir al fortalecimiento de los procesos operativos de la organización mediante el uso de tecnologías digitales que permitan mejorar la eficiencia, precisión y confiabilidad en la gestión de información técnica especializada.

4. Planteamiento de la Investigación

4.1 Descripción del problema

El manejo de información técnica y la elaboración de reportes operativos siguen siendo procesos críticos dentro de múltiples sectores industriales. Sin embargo, en muchas organizaciones estos procedimientos aún se realizan de manera manual, mediante la recolección, transcripción y consolidación de datos por parte de los técnicos y analistas, lo que incrementa los tiempos de elaboración y la posibilidad de errores humanos. Este escenario no solo dificulta la estandarización de la información, sino que también afecta la precisión y la calidad de los reportes finales. De acuerdo con el informe *La mayoría de las empresas, lejos aún de su transformación digital* (LLYC, 2021), el 56.2 % de las empresas se encuentran aún en etapas iniciales de madurez digital, lo que evidencia un avance desigual en la adopción tecnológica.

Como resultado, gran parte de los procedimientos administrativos y técnicos continúan dependiendo del trabajo manual, generando ineficiencias, tiempos de respuesta prolongados y mayor riesgo de errores en la gestión de diagnósticos y mantenimiento.

En Colombia, la transformación digital presenta avances limitados, especialmente en pequeñas y medianas empresas. Se estima que cerca del 40 % de las pequeñas organizaciones no han logrado avanzar de manera significativa en la adopción de tecnologías digitales, manteniendo procesos predominantemente manuales (Analitik, 2022). Factores como la limitada inversión en infraestructura tecnológica, el desconocimiento en el uso de herramientas digitales y la resistencia al cambio organizacional dificultan la optimización de actividades estratégicas relacionadas con la gestión y elaboración de reportes técnicos.

De igual forma, estudios sobre madurez digital indican que el 78 % de las organizaciones colombianas se ubican en fases iniciales o intermedias de adopción tecnológica, lo que evidencia que el uso de herramientas digitales aún no se encuentra plenamente integrado en la operación diaria ni en los procesos de toma de decisiones (Innpulsa, 2023). Esta situación se traduce en procesos fragmentados y una alta dependencia de tareas manuales que demandan tiempo y afectan la calidad de los resultados, especialmente en áreas técnicas y operativas.



Asimismo, el Índice Global de Madurez Digital de las empresas colombianas alcanzó un 51.5 % en 2023, reflejando un nivel intermedio de desarrollo digital en el país (CINTEL, 2023). Este valor pone de manifiesto un proceso de transición aún en curso, caracterizado por avances parciales, dependencia de prácticas tradicionales y dificultades para incorporar tecnologías de automatización inteligente o análisis de datos en tiempo real. Esta situación representa un desafío para organizaciones que requieren reportes técnicos precisos y oportunos, ya que la falta de digitalización integral limita la agilidad, la estandarización y la confiabilidad de los diagnósticos.

Estudios sobre automatización aplicada a procesos eléctricos señalan que la digitalización integral de la captura y el procesamiento de datos puede reducir los tiempos de elaboración de reportes hasta en un 50 % (Chevtchenko, Casado & García, 2023; Senthil Kumaran, Murugesan & Raju, 2024). Asimismo, la incorporación de herramientas de inteligencia artificial para el apoyo en la generación de conclusiones contribuye a una mayor estandarización y coherencia en los informes técnicos (Mayfield et al., 2024; Avanesyan et al., 2025).

En el departamento de Sucre, la brecha digital continúa siendo un desafío estructural. De acuerdo con el Índice de Brecha Digital publicado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el departamento se ubica entre los territorios de la región Caribe con menores niveles de apropiación tecnológica, evidenciando rezagos en dimensiones como el acceso material, las habilidades digitales y el aprovechamiento de las TIC (MinTIC, 2025). Esta realidad refleja que una parte significativa de las organizaciones del departamento aún no ha incorporado herramientas digitales en sus procesos operativos y técnicos.

En el caso de XIRO Investment Group S.A.S., empresa Sincelejana dedicada a la gestión y ejecución de proyectos energéticos y tecnológicos con un enfoque en desarrollo sostenible, el problema fue identificado a través de una entrevista no estructurada realizada de manera presencial con un técnico y un ingeniero eléctrico de la organización, en la cual se evidenció que el proceso de elaboración de diagnósticos eléctricos presenta una alta dependencia de actividades manuales. La empresa ejecuta aproximadamente dos proyectos de diagnóstico eléctrico por año, y cada uno de ellos genera un volumen considerable de información técnica que debe ser recopilada, procesada y documentada en su totalidad de forma manual.



Los técnicos registran los datos en campo de manera manuscrita, posteriormente entregan esos registros en la oficina, donde se transcriben a un documento digital, se realiza el análisis técnico, se verifica el cumplimiento normativo y finalmente se redacta y genera el reporte. Sin embargo, este proceso resulta altamente demandante en tiempo y susceptible a errores humanos, lo que retrasa la entrega de los informes a los clientes.

En consecuencia, el problema central identificado es el elevado tiempo requerido para la elaboración de reportes técnicos debido a la ausencia de un sistema automatizado que integre la captura, el análisis y la generación de documentos con conclusiones y recomendaciones apoyadas por inteligencia artificial. Esta situación impacta directamente la productividad, la consistencia de los resultados y la capacidad de respuesta de XIRO Investment Group S.A.S. frente a las exigencias del mercado eléctrico regional.

En este contexto, se evidencia la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que permitan optimizar los procesos de diagnóstico y generación de reportes técnicos en XIRO Investment Group S.A.S., mediante la automatización de la captura, procesamiento y análisis de la información. La incorporación de herramientas de inteligencia artificial y *machine learning* representa una alternativa viable para reducir tiempos operativos, minimizar errores humanos y mejorar la calidad, consistencia y trazabilidad de los informes generados.

Por tanto, la presente investigación busca desarrollar un sistema de gestión automatizado orientado al diagnóstico de sistemas eléctricos y a la generación inteligente de reportes técnicos, contribuyendo al fortalecimiento de los procesos operativos de la organización y al avance de la transformación digital en el sector energético regional.

4.2 Pregunta de la Investigación

¿Cómo puede un sistema de gestión de diagnósticos eléctricos utilizando machine learning automatizar la generación de reportes en la empresa XIRO Investment Group S.A.S.?



5. Justificación de la investigación

La generación manual de reportes técnicos eléctricos representa una limitación operativa significativa para las organizaciones del sector, dado que este proceso involucra múltiples etapas susceptibles de errores humanos, inconsistencias en la presentación de la información y demoras en la entrega de resultados a los clientes. Esta problemática justifica la necesidad de desarrollar una solución tecnológica que optimice dicho proceso, mejore la calidad de los diagnósticos y fortalezca la capacidad de respuesta de la organización.

La presente investigación cobra relevancia al abordar una necesidad concreta y documentada en XIRO Investment Group S.A.S., identificada a través de una entrevista directa con su equipo técnico. El estudio no parte de una suposición teórica, sino de una realidad operativa verificable: la empresa destina un volumen considerable de tiempo y recursos humanos a la elaboración manual de reportes en cada uno de sus proyectos anuales de diagnóstico eléctrico, lo cual afecta directamente su productividad y la consistencia de sus resultados.

Abordar esta problemática mediante una solución tecnológica representa además un aporte al proceso de transformación digital del sector. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021), la transformación digital constituye un pilar para el crecimiento sostenible y la reducción de brechas tecnológicas, lo que respalda la adopción de soluciones basadas en software e inteligencia artificial para fortalecer los procesos técnicos.

La propuesta se distingue por integrar un modelo de lenguaje de inteligencia artificial dentro de una plataforma web desarrollada a medida, con el propósito de automatizar la generación de conclusiones y recomendaciones técnicas a partir de los datos de diagnóstico eléctrico registrados por los técnicos. Esta integración constituye el componente innovador del proyecto, ya que permite incorporar capacidades de análisis inteligente orientadas al contexto técnico eléctrico, eliminando las etapas manuales más demandantes del proceso.

Para su desarrollo se emplearon el lenguaje de programación PHP en la construcción del backend y la lógica del sistema, una base de datos relacional para el almacenamiento y gestión de la información técnica, y el modelo de lenguaje Gemini 2.5 Flash Lite de Google, integrado



mediante API, como motor de análisis inteligente. Esta combinación tecnológica permite construir una solución funcional, escalable y de bajo costo operativo, alineada con las capacidades reales de organizaciones como XIRO Investment Group S.A.S. De acuerdo con el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2024), la inteligencia artificial contribuye a la optimización de procesos y al fortalecimiento de la toma de decisiones, lo cual respalda el uso de estas tecnologías en la propuesta planteada.

El beneficiario directo de esta solución es XIRO Investment Group S.A.S., organización que verá optimizado su proceso interno de elaboración de diagnósticos eléctricos, reduciendo los tiempos de generación de reportes, disminuyendo la dependencia del trabajo manual y mejorando la consistencia y trazabilidad de la información técnica entregada en cada proyecto.

6. Objetivos de la investigación

6.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema de gestión de diagnósticos eléctricos utilizando Machine Learning para la generación automatizada de reportes en la empresa XIRO Investment Group SAS

6.2 Objetivos Específicos

- Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales para la construcción de un sistema de generación de reportes eléctricos de manera automatizada.
- Codificar una herramienta de gestión de diagnósticos eléctricos utilizando el lenguaje de programación PHP e integrando un modelo de machine learning, con el fin de automatizar la generación de reportes técnicos eléctricos
- Evaluar el sistema desarrollado mediante la ejecución de pruebas funcionales, con el fin de verificar su estabilidad, correcto funcionamiento y la consistencia de los resultados generados en cada uno de los módulos implementados.

7. Estado del arte

Para esta investigación se llevó a cabo una revisión bibliográfica de alcance internacional, nacional y local, enfocada en la digitalización de procesos técnicos, la generación automatizada de reportes mediante inteligencia artificial y la automatización de flujos documentales en entornos organizacionales. Dicha revisión tuvo como propósito identificar avances tecnológicos, enfoques metodológicos predominantes y brechas existentes en la adopción de estas soluciones en contextos reales. Con base en este análisis, se sintetizan a continuación los estudios más relevantes que sustentan la pertinencia y necesidad del desarrollo propuesto en esta investigación.

7.1 Estado del arte a nivel internacional

A nivel internacional, diversas investigaciones han abordado la automatización de la generación de reportes y la aplicación de inteligencia artificial en procesos técnicos de inspección y diagnóstico.

Pu et al. (2024) desarrollaron AutoRepo, un framework para la generación automática de reportes de inspección técnica, publicado en la revista Expert Systems with Applications. El sistema integró un robot cuadrúpedo Unitree AlienGo equipado con sensor de visión binocular y transmisión 5G a 720P/30fps para la recolección de información en campo, junto con un modelo de lenguaje de gran escala multimodal para generar automáticamente los reportes de inspección a partir de los datos e imágenes recopilados. El framework fue implementado y evaluado en una obra de construcción real, donde un panel de expertos validó los reportes generados, otorgando altas calificaciones en precisión, profundidad e inclusión de información esencial. Los resultados confirmaron mejoras significativas en automatización y eficiencia frente a las inspecciones manuales, reducción de errores por sesgo subjetivo y producción de reportes que cumplieran con estándares normativos. Este estudio es directamente relevante para la presente investigación dado que aborda el mismo problema central: sustituir procesos manuales de inspección y documentación técnica mediante la integración de IA generativa para la producción automática de informes estructurados.



Gálvez y Ignacia (2024) desarrollaron un sistema automatizado de visualización para la gestión de iniciativas y procesos RPA en la empresa Agrosuper. El proyecto integró tres bases de datos independientes en un único sistema capaz de generar reportes automáticos para apoyar la toma de decisiones. Para su desarrollo emplearon una metodología híbrida que combinó el modelo en cascada para el desarrollo del software, rediseño organizacional para la definición de requerimientos, y el proceso Knowledge Discovery in Databases (KDD) para la transformación y modelamiento de datos, utilizando Power BI como herramienta de visualización e integración. Los resultados evidenciaron que durante el primer trimestre de 2024 el área logró transformar 9.000 horas-hombre gracias a los procesos RPA implementados, lo que representó una reducción significativa en la intervención manual y un aumento en la eficiencia del equipo técnico.

Rodríguez-Campos et al. (2024) presentaron el desarrollo de una plataforma web para la automatización del control y la administración de procesos documentales en una institución de educación superior, publicado en el Journal of Computing and Technology. El sistema fue construido utilizando PHP, MySQL y JavaScript, e incorporó funciones de creación, lectura, actualización y eliminación de registros, así como la generación automática de reportes en formato PDF y la exportación de datos a otras plataformas. Los resultados demostraron que la migración de procesos manuales a un sistema automatizado eliminó la pérdida de documentos, redujo los retrasos en la generación de reportes y eliminó el consumo excesivo de materiales de papelería. Este antecedente es directamente relevante al presente proyecto tanto por las tecnologías empleadas PHP y MySQL como por el objetivo de automatizar la generación de reportes a partir de datos registrados en el sistema.

Sánchez et al. (2024) desarrollaron el estudio "Diagnóstico de fallas en generadores de potencia utilizando algoritmos de machine learning", con el propósito de crear un modelo inteligente para identificar fallas en generadores eléctricos. Utilizaron una base de datos de índices de salud de generadores curada por expertos e implementada en Python mediante procedimientos estándar de aprendizaje supervisado, comparando los algoritmos Árbol de Decisión y Máquina de Soporte Vectorial (SVM). El Árbol de Decisión obtuvo el mejor desempeño con una precisión del 87 %, una precisión balanceada del 81 %, un índice Kappa de 0.75, un índice de Jaccard de 0.67 y un coeficiente de correlación de Matthews de 0.77,



confirmando su capacidad para predecir con confiabilidad la presencia y el tipo de falla en activos eléctricos críticos.

Huanca Blas (2025) analizó el impacto de la automatización del proceso de facturación en la empresa peruana Logistics Empresarial S.A.C., demostrando que la dependencia de procesos manuales generaba demoras de hasta 24 días en la emisión de facturas y pérdidas económicas de aproximadamente S/ 145.157 anuales por montos no registrados. La implementación de un sistema automatizado de generación de liquidaciones y facturación permitió reducir los tiempos de emisión a minutos y las pérdidas económicas a menos de S/ 100 anuales. Este caso evidencia con datos concretos que la automatización de procesos documentales genera impactos directos y medibles en la eficiencia operativa y la calidad de la información gestionada.

7.2 Estado del arte a nivel nacional

A nivel nacional, las investigaciones colombianas más relevantes se han centrado en la digitalización y automatización de procesos técnicos y administrativos en organizaciones del sector productivo.

Hernández Quintero et al. (2025) abordaron la problemática de la elaboración manual de informes técnicos de obra en la empresa RoaNet S.A.S., donde los procesos de documentación generaban retrasos de hasta cinco días en la generación de cada informe. El flujo identificado mostraba que los técnicos tomaban notas en libreta y evidencias fotográficas en campo, para luego, al día siguiente en la oficina, trasladar manualmente las fotos a un documento Word y redactar el informe apoyándose en los apuntes y en la memoria del equipo. La propuesta consistió en el diseño de una solución tecnológica web orientada a la captura, consolidación y generación automática de informes de campo, con el objetivo de mejorar la trazabilidad de la información y reducir los tiempos administrativos. Este estudio, desarrollado en la Universidad Ean de Bogotá, es especialmente relevante porque describe un flujo de trabajo manual prácticamente idéntico al identificado en la empresa objeto del presente proyecto.

Salazar Duque et al. (2024) desarrollaron un prototipo funcional para digitalizar y optimizar procesos de control de calidad en MiPyMEs manufactureras colombianas, también en



el marco de la Universidad Ean, empleando herramientas web de desarrollo gradual e integración tecnológica por etapas. La investigación demostró que la digitalización mejora la trazabilidad y la precisión de los registros operativos en organizaciones con recursos tecnológicos limitados, y que constituye un paso fundamental hacia la adopción de soluciones más avanzadas como analítica predictiva. Este antecedente refleja el contexto tecnológico real de las pequeñas y medianas empresas colombianas, confirmando la viabilidad de implementar soluciones de automatización graduales adaptadas a sus capacidades operativas.

7.3 Estado del arte a nivel local

A nivel local, Sarmiento Suárez et al. (2024), en el artículo *Oportunidades y desafíos para la digitalización de las MiPymes en Colombia*, publicado en la revista *Pensamiento & Gestión* de la Universidad del Norte (Barranquilla), analizaron el estado de la digitalización en micro, pequeñas y medianas empresas colombianas, incluyendo la región Caribe. Los resultados evidenciaron que el grado de automatización de procesos en estas organizaciones obtuvo una calificación promedio de 2,88 sobre 5, lo que refleja un rezago significativo en la adopción de herramientas digitales para la gestión operativa. Este estudio confirma que la baja automatización de procesos representa un desafío estructural para las empresas de la región, limitando su eficiencia y competitividad.

7.4 Síntesis y vacío de investigación

En conjunto, las investigaciones revisadas evidencian tanto el rezago en la adopción de herramientas digitales en empresas de la región, como una tendencia consolidada hacia la automatización de la generación de reportes técnicos mediante plataformas web y modelos de inteligencia artificial, a nivel internacional, nacional y local. Estos antecedentes sustentan la pertinencia de implementar un sistema de gestión de diagnósticos eléctricos automatizado como el propuesto en XIRO Investment Group S.A.S., el cual integra análisis inteligente y generación automática de reportes para fortalecer la eficiencia operativa y mejorar la calidad y consistencia de los diagnósticos eléctricos entregados.

8. Marco Conceptual

Este apartado presenta los conceptos fundamentales que sustentan la investigación y el desarrollo de la solución propuesta, permitiendo una comprensión clara de los términos relacionados con la digitalización, la automatización de procesos, el machine learning y la generación automática de reportes.

8.1 Digitalización de Procesos.

La digitalización de procesos se entiende como la transformación de procedimientos manuales o basados en registros físicos hacia flujos de trabajo estructurados mediante herramientas digitales. Este proceso facilita la trazabilidad de la información, reduce los errores derivados de la manipulación manual y mejora la eficiencia operativa al centralizar los datos en sistemas accesibles en tiempo real (UNIR, 2024). Además, la digitalización actúa como un paso inicial para habilitar procesos de automatización y análisis avanzado de información dentro de las organizaciones.

8.2 Automatización de Procesos.

La automatización de procesos consiste en el uso de tecnologías para ejecutar tareas repetitivas sin intervención humana directa. Esto permite disminuir tiempos administrativos, estandarizar actividades, incrementar el control sobre los registros y mejorar la capacidad de respuesta en entornos operativos (Ayerdi, 2025). Asimismo, la automatización contribuye a reducir errores frecuentes en la captura o transcripción de datos y proporciona una base estructurada para la toma de decisiones basada en información confiable.

8.3 Aprendizaje Supervisado (Machine Learning).

El aprendizaje supervisado es una técnica de machine learning que utiliza conjuntos de datos previamente etiquetados para entrenar modelos capaces de identificar patrones y realizar predicciones. A partir de la experiencia contenida en los datos históricos, el modelo genera reglas que permiten clasificar nuevas observaciones o anticipar eventos futuros (Belcic & Stryker, 2025). A nivel de la industria, este enfoque se emplea para el diagnóstico asistido, la detección temprana de fallas y la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo basadas en información sensorial. En el contexto de este proyecto, se aprovecha un modelo de aprendizaje



supervisado preentrenado para analizar los datos de diagnósticos eléctricos y generar automáticamente conclusiones y recomendaciones sin requerir entrenamiento adicional.

8.4 Generación Automática de Reportes.

La generación automática de reportes se refiere a la producción de informes estructurados a partir de datos recopilados en sistemas digitales, sin necesidad de elaboración manual. Este proceso integra la consolidación de información, su procesamiento y su representación visual o textual de manera estandarizada (Martinez, 2025). La generación automática de reportes reduce tiempos de elaboración, mejora la coherencia en la presentación de resultados y permite apoyar de forma más ágil la toma de decisiones organizativas.

8.5 Inteligencia Artificial (IA)

La inteligencia artificial es un campo de la informática orientado al desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que, en condiciones normales, requieren de la inteligencia humana, tales como el razonamiento, el aprendizaje, la comprensión del lenguaje natural y la toma de decisiones. Estos sistemas procesan grandes volúmenes de datos y aprenden de la experiencia para mejorar su desempeño con el tiempo (IBM, 2024). En el contexto organizacional, la IA se ha posicionado como una tecnología estratégica para la optimización de procesos, la reducción de tareas repetitivas y el soporte a la toma de decisiones basada en datos, lo cual la convierte en un componente clave dentro de iniciativas de transformación digital.

8.6 Maching Learning

El machine learning, o aprendizaje automático, es una rama de la inteligencia artificial que desarrolla algoritmos capaces de aprender patrones a partir de datos sin ser programados explícitamente para cada tarea. Mediante la exposición a ejemplos históricos, los modelos ajustan sus parámetros internos para realizar predicciones, clasificaciones o generaciones de contenido con mayor precisión (Google Developers, 2024). Esta capacidad de aprendizaje generalizable hace del machine learning una herramienta fundamental en aplicaciones como el diagnóstico técnico asistido, la detección de anomalías y la automatización de procesos analíticos.

8.7 Redes Neuronales Artificiales

Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales inspirados en la estructura del sistema nervioso biológico, compuestos por capas de nodos interconectados (neuronas artificiales) que procesan señales de entrada para producir una salida. Cada conexión tiene un peso que se ajusta durante el entrenamiento del modelo con el objetivo de minimizar el error en las predicciones (LeCun, Bengio & Hinton, 2015). Las redes neuronales constituyen la base de los modelos de aprendizaje profundo (deep learning) y son el fundamento técnico de los grandes modelos de lenguaje.

8.8 Transformación Digital

La transformación digital es el proceso mediante el cual las organizaciones integran tecnologías digitales en todas sus áreas de operación, redefiniendo la manera en que generan valor, gestionan procesos internos y se relacionan con sus clientes. Más allá de la adopción de herramientas tecnológicas aisladas, implica un cambio cultural y estratégico orientado a la mejora continua, la agilidad operativa y la toma de decisiones basada en datos (CEPAL, 2021). En el contexto latinoamericano, la transformación digital se ha identificado como un pilar para el crecimiento sostenible y la reducción de brechas de productividad, lo que justifica el desarrollo de soluciones tecnológicas adaptadas a las capacidades reales de las organizaciones del sector.

8.9 Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLM)

Los modelos de lenguaje de gran escala (Large Language Models, LLM) son sistemas de inteligencia artificial entrenados con enormes volúmenes de texto para comprender y generar lenguaje natural de forma coherente y contextualmente relevante. Funcionan sobre arquitecturas de redes neuronales profundas basadas en el mecanismo de atención (transformers), lo que les permite procesar texto de entrada y producir respuestas estructuradas adaptadas al contexto (IBM, 2024).

8.10 API (Interfaz de Programación de Aplicaciones)

Una API (Application Programming Interface) es un conjunto de protocolos y definiciones que permite la comunicación entre sistemas de software de forma estandarizada. A través de una API, una aplicación puede solicitar servicios o datos a otra sin necesidad de



conocer su implementación interna, facilitando la integración de componentes externos en plataformas propias (Red Hat, 2024).

9. Marco metodológico

9.1 Enfoque de investigación

El presente proyecto adopta un enfoque cuantitativo, orientado a resolver una necesidad real en el proceso de generación de reportes eléctricos. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), este tipo de enfoque utiliza la recolección y el análisis de datos para responder preguntas de investigación, apoyándose en la medición numérica para establecer patrones de comportamiento. Este enfoque resultó pertinente para el proyecto debido a que el sistema fue evaluado mediante pruebas funcionales estructuradas, cuyos resultados permitieron determinar de manera objetiva si el sistema cumplía con los requerimientos establecidos. La naturaleza medible y verificable de los criterios de evaluación, como el número de casos de prueba aprobados y el comportamiento del sistema ante distintas entradas, justifica la adopción de este enfoque para el análisis y validación de la solución desarrollada.

9.2 Tipo y alcance de la investigación

La investigación es de tipo descriptivo y de alcance aplicada. En cuanto al tipo, fue descriptiva porque se orientó a analizar y caracterizar el proceso manual de elaboración de diagnósticos eléctricos en XIRO Investment Group S.A.S., identificando sus etapas, limitaciones y requerimientos, sin buscar establecer relaciones causales entre variables. En cuanto al alcance, fue aplicada porque el conocimiento generado se orientó a resolver una necesidad concreta mediante el desarrollo de una solución tecnológica funcional. Según Arias Gonzáles y Covinos Gallardo (2021), la investigación aplicada se caracteriza por orientarse a la resolución de problemas prácticos mediante el uso del conocimiento científico disponible, lo cual se ajusta plenamente al propósito de este proyecto.

9.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental y de corte transversal. Fue no experimental porque a lo largo del desarrollo del proyecto no se manipularon deliberadamente variables, sino que se analizaron los procesos ya existentes en XIRO Investment Group S.A.S. y, a partir de ese análisis, se diseñó e implementó la solución tecnológica sin alterar artificialmente el contexto organizacional. El proyecto partió de observar cómo se desarrollaba el proceso manual de diagnóstico eléctrico en la empresa, identificar sus limitaciones y construir una herramienta que respondiera a esas necesidades reales. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), en los diseños no experimentales las variables no son manipuladas intencionalmente, sino que los fenómenos se observan en su contexto natural para su posterior análisis.

Fue de corte transversal porque la recolección de información para el diagnóstico y la identificación de requerimientos se llevó a cabo en un momento específico del proceso investigativo, a través de la entrevista no estructurada realizada con el equipo técnico de la empresa. Esta información no fue recolectada mediante seguimiento longitudinal, sino en una etapa puntual que permitió orientar el diseño, desarrollo y evaluación funcional del sistema. De acuerdo con Arias Gonzáles y Covinos Gallardo (2021), el diseño transversal se caracteriza por la recolección de datos en un único momento, con el propósito de describir y analizar el estado de las variables en ese instante.

9.4 Procedimiento de la investigación

El procedimiento metodológico del proyecto se estructuró en etapas secuenciales, alineadas con los objetivos específicos, que permitieron abordar de manera ordenada el análisis, el desarrollo y la evaluación del sistema de generación automatizada de reportes eléctricos

Objetivo 1:

Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales para la construcción de un sistema de generación de reportes eléctricos de manera automatizada.

Etapas 1: Se llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre el estado del arte de las tecnologías empleadas en la automatización de reportes y el uso de modelos de machine learning



para el apoyo al diagnóstico, con el propósito de establecer una base conceptual y tecnológica que orientara el desarrollo del proyecto.

Etapas 1: Se procedió a identificar y documentar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema en una matriz de requerimientos, a partir del análisis del proceso manual existente en la empresa y de las necesidades identificadas en la entrevista con el equipo técnico, considerando aspectos como el procesamiento de la información, la estructura de los reportes, la interacción del usuario y el desempeño esperado del sistema.

Objetivo 2:

Codificar una herramienta de gestión de diagnósticos eléctricos utilizando el lenguaje de programación PHP e integrando un modelo de machine learning, con el fin de automatizar la generación de reportes técnicos eléctricos.

Etapas 2: Se procedió al desarrollo de la plataforma web de gestión de diagnósticos eléctricos, implementando en PHP los cinco módulos que componen el sistema: gestión de usuarios, gestión de inspecciones, inventario técnico eléctrico, análisis de inteligencia artificial y generación de reportes, con el fin de cubrir de manera integral el flujo completo del proceso de diagnóstico eléctrico.

Etapas 3: Se llevó a cabo la integración del modelo de machine learning Gemini 2.5 Flash Lite al sistema desarrollado mediante la conexión con su API, verificando el envío correcto de imágenes vía cURL, la recepción de la respuesta JSON y el almacenamiento adecuado de los resultados en la base de datos, con el propósito de automatizar el análisis de las imágenes eléctricas y la generación de las observaciones y recomendaciones técnicas incluidas en los reportes.

Etapas 4: Se realizaron pruebas internas sobre los módulos desarrollados, verificando el flujo de datos entre el frontend, el backend y la base de datos, y se aplicaron los ajustes necesarios para corregir errores y asegurar el funcionamiento correcto del sistema antes de la validación funcional.



Objetivo 3:

Evaluar el sistema desarrollado mediante la ejecución de pruebas funcionales, con el fin de verificar su estabilidad, correcto funcionamiento y la consistencia de los resultados generados en cada uno de los módulos implementados.

Etapa 6: Se procedió al diseño y ejecución de pruebas funcionales sobre los flujos principales del sistema, abarcando la autenticación de usuarios, el registro y edición de inspecciones, la carga de imágenes por módulo y la generación del reporte en formato .docx, tomando como referencia la característica de adecuación funcional definida en la norma ISO/IEC 25010:2011.

Etapa 7: Se evaluaron los resultados obtenidos en los once casos de prueba ejecutados sobre cada módulo del sistema, verificando su estabilidad, confiabilidad y consistencia. A partir de los hallazgos identificados, se realizaron los ajustes necesarios y se procedió al despliegue de la plataforma en el servicio de hosting Hostinger para su operación en entorno de producción.

10. Cronograma

El cronograma se estructura en función de las seis etapas metodológicas definidas en el marco metodológico del proyecto, distribuidas a lo largo de ocho meses de ejecución (enero – abril de 2026):

Nº	Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
1	Revisión bibliográfica y estado del arte							
2	Identificación de requerimientos funcionales y no funcionales							
3	Desarrollo de la plataforma en PHP							
4	Integración del servicio de análisis en Python y conexión con la API de Gemini							



5	Pruebas internas y ajustes del sistema							
6	Diseño y ejecución de pruebas funcionales							
7	Evaluación de resultados y ajustes finales							
8	Redacción del documento final							

11. Resultados

11.1 Descripción general de la plataforma desarrollada

Como resultado del proceso investigativo y del desarrollo tecnológico planteado en los objetivos específicos, se desarrolló **Diagnósticos Xiro**, una plataforma web orientada a la digitalización y automatización del proceso de elaboración de diagnósticos eléctricos en XIRO Investment Group S.A.S. La solución corresponde a un sistema web modular implementado bajo una arquitectura cliente-servidor, diseñado para reemplazar el registro manual en papel, centralizar la información técnica recopilada durante las inspecciones eléctricas y automatizar la generación de reportes mediante herramientas de inteligencia artificial. Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que la integración de tecnologías de automatización e inteligencia artificial en los procesos de diagnóstico eléctrico constituye una alternativa funcional y viable para optimizar la operación técnica de la empresa, mejorar la organización de la información y reducir los tiempos asociados a la elaboración de informes.

La estructura de la plataforma fue diseñada bajo un enfoque modular, organizando las funcionalidades en componentes independientes pero interconectados, lo que facilitó el desarrollo, mantenimiento y escalabilidad del sistema. Esta arquitectura permitió dividir la solución en dos niveles principales: frontend y backend, los cuales se comunican mediante mecanismos que garantizan el intercambio organizado y seguro de la información. Adicionalmente, la plataforma incorpora un servicio de análisis desarrollado en Python para el procesamiento inteligente de datos y una base de datos MySQL encargada del almacenamiento y gestión de la información técnica generada durante el proceso de diagnóstico.



En el frontend se utilizó PHP para el renderizado del lado del servidor, soportado en HTML, CSS mediante Bootstrap 5 y JavaScript con jQuery y SweetAlert2 para la interactividad de la interfaz. A través de esta capa se implementaron las vistas accesibles para el usuario, correspondientes a los cinco módulos del sistema: gestión de usuarios, gestión de inspecciones, inventario técnico eléctrico, análisis de inteligencia artificial y generación de reportes. La interfaz fue concebida como responsiva, favoreciendo su uso desde laptops y tablets durante las inspecciones eléctricas en campo.

En el backend se empleó PHP 8 para gestionar la lógica de negocio y el funcionamiento interno del sistema, estructurado mediante controladores, modelos y servicios. Esta capa se encargó de procesar las solicitudes del frontend, validar accesos, administrar usuarios, gestionar la información técnica y coordinar la comunicación con la base de datos y el servicio de análisis en Python. Para la generación de reportes se utilizó la librería phppoffice/phpword, que permitió producir documentos Word a partir de una plantilla base con los datos del diagnóstico.

La comunicación entre el backend PHP y el servicio de análisis se realizó mediante cURL. Cuando el usuario cargaba imágenes desde el frontend, el backend las recibía, las almacenaba en el servidor y las enviaba al servicio Python, el cual las procesaba y las remitía a la API de Gemini 2.5 Flash Lite de Google. La respuesta en formato JSON era devuelta al backend, almacenada en la base de datos MySQL y reflejada en la interfaz del usuario con los resultados del análisis técnico.

En cuanto al almacenamiento, la información se estructuró en una base de datos MySQL gestionada mediante PDO, organizada según los diferentes elementos del sistema, tales como usuarios, inspecciones, inventario técnico, resultados del análisis de inteligencia artificial y datos para la generación del reporte.

La plataforma fue desplegada en Hostinger, lo que permitió su acceso a través de Internet y superó la fase de ejecución exclusivamente local. Este entorno de despliegue permitió validar integralmente la interacción entre los componentes del sistema en condiciones más cercanas al uso real en campo.



Con el fin de verificar el correcto funcionamiento del sistema, se diseñaron y ejecutaron doce casos de prueba que cubrieron los flujos completos de cada módulo, desde la autenticación hasta la generación del reporte final, tomando como referencia la característica de adecuación funcional definida en la norma ISO/IEC 25010:2011. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

N°	Caso de prueba	Módulo	Entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido	Estado
CP-01	Inicio de sesión con credenciales válidas	Gestión de usuarios	Usuario y contraseña correctos	Acceso al sistema	Acceso concedido correctamente	Aprobado
CP-02	Inicio de sesión con credenciales inválidas	Gestión de usuarios	Usuario o contraseña incorrectos	Mensaje de error	Mensaje de error desplegado	Aprobado
CP-03	Registro de nueva inspección	Gestión de inspecciones	Datos completos de la institución	Inspección guardada	Inspección registrada en el sistema	Aprobado
CP-04	Edición de inspección existente	Gestión de inspecciones	Modificación de datos registrados	Datos actualizados	Cambios guardados correctamente	Aprobado
CP-05	Eliminación de inspección	Gestión de inspecciones	Confirmación de eliminación	Registro eliminado	Registro eliminado de la base de datos	Aprobado
CP-06	Registro de transformador con coordenadas GPS	Inventario técnico eléctrico	Matrícula, coordenadas y foto	Transformador guardado	Transformador registrado correctamente	Aprobado
CP-07	Adición de tablero con circuitos	Inventario técnico eléctrico	Datos de breakers, fases y cargas VA	Tablero guardado	Tablero y circuitos registrados	Aprobado
CP-08	Análisis de imagen de tablero eléctrico	Análisis de IA	Foto de tablero abierto o cerrado	Resultado CUMPLE/NO CUMPLE por norma RETIE	Resultados generados con observación técnica	Aprobado
CP-09	Análisis de imágenes generales	Análisis de IA	Fotos de clavijas, tomas e iluminación	Evaluación de estado por elemento	Evaluación generada correctamente	Aprobado

CP-10	Generación de reporte Word	Generación de reportes	Inspección con todos los datos completos	Documento Word descargable	Reporte generado y descargado exitosamente	Aprobado
CP-11	Generación de reporte con datos incompletos	Generación de reportes	Inspección sin análisis de IA ejecutado	Notificación de datos faltantes	Notificación desplegada correctamente	Aprobado

Los doce casos de prueba arrojaron resultados aprobados en su totalidad, confirmando la estabilidad y confiabilidad del sistema en los flujos de registro, análisis y generación de reportes.

11.2 Módulos de la plataforma

La plataforma Diagnósticos Xiro fue estructurada a partir de cinco módulos funcionales que permiten cubrir de manera integral el flujo completo del proceso de diagnóstico eléctrico. Cada módulo fue diseñado para atender una necesidad específica dentro del proceso, manteniendo comunicación con la capa de procesamiento implementada en el backend y con la estructura de almacenamiento definida en MySQL.

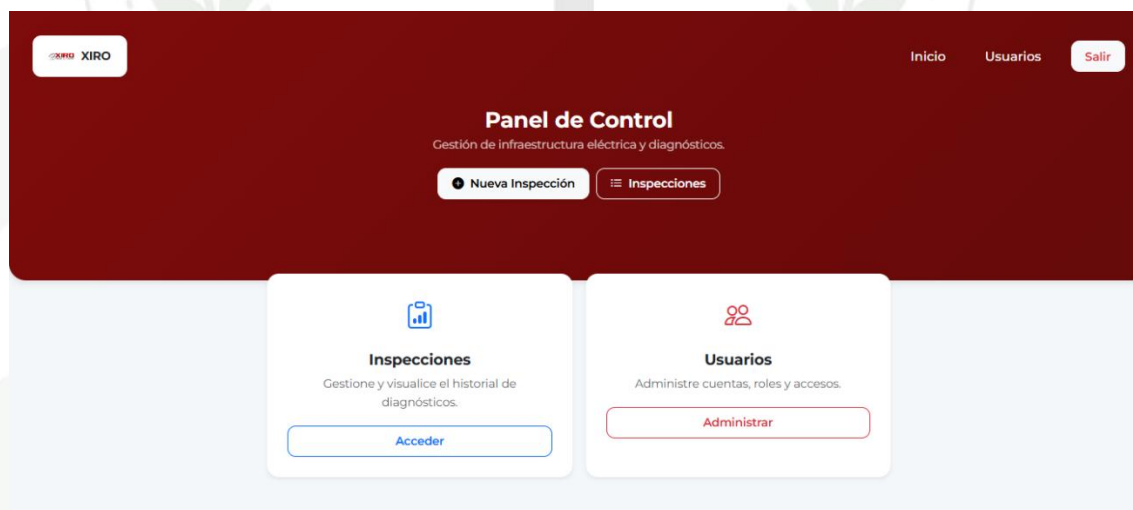


Figura 1
Pantalla de inicio

11.2.1 Módulo de gestión de usuarios

El módulo de gestión de usuarios fue desarrollado para controlar el acceso al sistema y administrar los perfiles habilitados para operar la plataforma. Su funcionamiento se estructuró mediante una interfaz construida en PHP con Bootstrap 5 y una capa de procesamiento implementada en el backend PHP, comunicados mediante solicitudes HTTP. Este módulo permite crear, editar y eliminar usuarios, garantizando que únicamente el personal autorizado pueda acceder al sistema y gestionar la información técnica de los diagnósticos eléctricos. A continuación se evidencia el módulo mencionado.

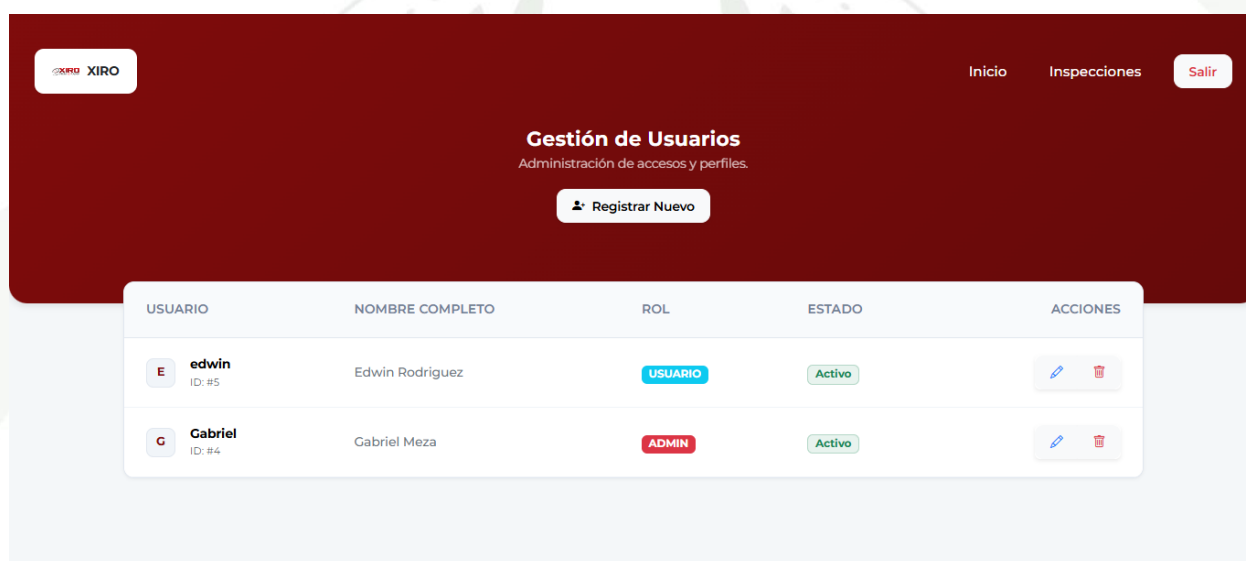


Figura 2
pantalla de gestión de usuarios

En la Figura 2 se presenta el panel principal del módulo de gestión de usuarios, donde se visualiza el listado de usuarios registrados y las opciones de administración disponibles.

11.2.2 Módulo de gestión de inspecciones

El módulo de gestión de inspecciones fue desarrollado para administrar el registro de las visitas de diagnóstico eléctrico realizadas en cada institución. Su funcionamiento se estructuró mediante una interfaz construida en PHP con Bootstrap 5 y una capa de procesamiento implementada en el backend PHP, comunicados mediante solicitudes HTTP. Este módulo permite crear, consultar, editar y eliminar inspecciones, registrando datos generales como el nombre de la institución, su ubicación, el responsable de la visita y el estado de cada inspección.



De esta manera, el módulo centraliza la información base de cada diagnóstico y actúa como punto de partida para el registro del inventario técnico, el análisis de inteligencia artificial y la generación del reporte final. A continuación se presenta el módulo mencionado.

INSTITUCIÓN / ESCUELA	UBICACIÓN	FECHA Y HORA	ACCIONES
CENTRO EDUCATIVO RINCON GUERRANO Cód: 1	SAN MARCOS	2025-09-26 08:00:00	
INSTITUCION EDUCATIVA SAN MARCOS SEDE SAN RAFAEL Cód: 2	SAN MARCOS	2025-09-19 10:00:00	
INSTITUCIÓN EDUCATIVA EL LIMÓN Cód: 11	SAN MARCOS	2025-09-24 09:00:00	

Figura 3
pantalla de listado de inspecciones

En la Figura 3 se presenta el panel principal del módulo de gestión de inspecciones, donde se visualiza el listado de inspecciones registradas y las opciones de administración disponibles.

11.2.3 Módulo de inventario técnico eléctrico

El módulo de inventario técnico eléctrico fue desarrollado para registrar los elementos que componen la infraestructura eléctrica de la institución inspeccionada. Su funcionamiento se estructuró mediante una interfaz construida en PHP con Bootstrap 5 y una capa de procesamiento implementada en el backend PHP, comunicados mediante solicitudes HTTP, con almacenamiento de la información en MySQL. Este módulo permite registrar transformadores con su matrícula y coordenadas GPS, y agregar múltiples tableros con sus circuitos, detallando breakers, fases y cargas en VA. La información registrada en este módulo forma parte del contenido técnico que es consolidado posteriormente en el reporte de diagnóstico eléctrico. Seguidamente se muestra el módulo desarrollado.



Tableros

Anterior

Siguiente

1/1

+ Agregar Tablero

- Eliminar último

⚡ Tablero 1

Nombre



TABLERO PPL

Tipo



Monofásico

Número de circuitos

#

1

Ubicación



COCINA

🔌 Circuitos del Tablero

Agregue los circuitos asociados a este tablero

+ Agregar Circuito

CTOS	LEDs	TOMAS	AIRES	ASCENSOR	MOTORES	CARGAS (VA)	BREAKER (A)
1	4					12,00	0,00
2	4					0,00	0,00

Figura 4
pantalla de formulario de tableros

Observaciones del Tablero

Ej: Falta conexión a tierra...

Fotos del Tablero

Tablero abierto



Seleccionar archivo

S...s

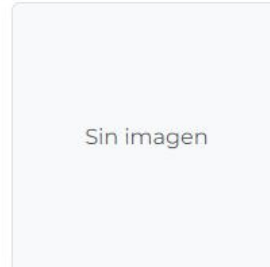
Tablero cerrado



Seleccionar archivo

S...s

Imagen térmica



Sin imagen

Seleccionar archivo

S...s

Figura 5
pantalla de formulario de tablero

En la Figura 4 se presenta el formulario de registro de tableros y en la Figura 5 el formulario de detalle de tablero, donde se visualizan los campos disponibles para el registro de los componentes eléctricos de la instalación.

11.2.4 Módulo de análisis de inteligencia artificial

El módulo de análisis de inteligencia artificial constituye el componente central del sistema. Fue desarrollado para automatizar la evaluación técnica de las instalaciones eléctricas a partir del análisis de imágenes capturadas durante la inspección. Su funcionamiento se estructuró mediante una interfaz en PHP con Bootstrap 5, un backend PHP que coordina la comunicación mediante cURL con el servicio Python, y la API de Gemini 2.5 Flash Lite de Google como motor de análisis inteligente.

Este módulo permite dos tipos de análisis. El primero evalúa imágenes de tableros eléctricos contra las normas RETIE, retornando para cada imagen un resultado de cumplimiento normativo con su observación técnica correspondiente. El segundo evalúa el estado de clavijas, tomas e iluminación, generando para cada elemento una evaluación de su condición. Los resultados de ambos análisis son almacenados en la base de datos y consolidados posteriormente en el reporte de diagnóstico eléctrico. En la siguiente figura se observa el módulo descrito.

Resultados del Análisis de IA				
Cumplimiento Normativo (RETIE / NTC 2050)				
30% Cumplimiento				
Norma	Descripción	Estado	Confianza	Observación / Hallazgo
20.23.1.1.a RETIE	Los tableros deben fabricarse de tal manera que las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas.	NO CUMPLE	90%	Imagen 1: Se observan partes energizadas (cables y terminales de breakers) expuestas y accesibles sin protección adecuada. Presencia de nido en la parte inferior del tablero, lo que indica falta de sellado y posible acceso a partes internas.
20.23.1.1.c RETIE	La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la proyectada para los conductores del alimentador del tablero. Todos los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra se deben montar sobre aisladores.	CUMPLE	100%	Barraje máximo (BA) $\geq$ corriente calculada (OA).
Imagen 1 y 2: El tablero no parece ser accesible				
Cerrar Imprimir				

Figura 6
pantalla del módulo de análisis con resultados RETIE

En la Figura 6 se presenta la pantalla del módulo de análisis con los resultados obtenidos para tableros eléctricos.

11.2.5 Módulo de generación de reportes

El módulo de generación de reportes fue desarrollado para consolidar toda la información registrada durante el proceso de diagnóstico eléctrico en un documento Word profesional disponible para descarga inmediata. Su funcionamiento se apoyó en la librería phpoffice/phpword, que permite inyectar los datos del diagnóstico en una plantilla base para producir el reporte final. Este módulo integra los datos generales de la inspección, el inventario técnico eléctrico, las fotografías cargadas y los resultados del análisis de inteligencia artificial, generando un documento estructurado que reemplaza el proceso manual de redacción y consolidación de información que anteriormente realizaba el equipo técnico de XIRO Investment Group S.A.S. A continuación se ilustra el funcionamiento del módulo correspondiente.

Observaciones: Sin observaciones Ilustración 3: Tablero abierto y cerrado Tabla 6 Análisis de Tablero según RETE. <table> <thead> <tr> <th>NORMA</th> <th>ITEM</th> <th>DIAGNOSTICO</th> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20.231.1a RETE</td> <td>Los tableros deben mantenerse en tal manera que las partes energizadas peligrosas no estén al alcance y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas.</td> <td>Se cumplió. 97%</td> <td>Se observaron. 97%</td> </tr> <tr> <td>20.231.1b RETE</td> <td>El diseño de distribución accedible desde el frente. En línea de acero de espesor mínimo 0.9 mm para tableros hasta de 12 circuitos y espesor mínimo 1.2 mm para tableros desde 13 hasta 42 circuitos.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20.231.1f RETE</td> <td>Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos y líquidos de acuerdo al lugar de operación.</td> <td>No cumple</td> <td>Imagen 1 y 2 No se pudo determinar la resistencia al impacto (IK 05) ni el grado de protección contra sólidos y líquidos con las imágenes proporcionadas. El estado general del tablero (Imagen 1) sugiere una caja</td> </tr> </tbody> </table>				NORMA	ITEM	DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES	20.231.1a RETE	Los tableros deben mantenerse en tal manera que las partes energizadas peligrosas no estén al alcance y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas.	Se cumplió. 97%	Se observaron. 97%	20.231.1b RETE	El diseño de distribución accedible desde el frente. En línea de acero de espesor mínimo 0.9 mm para tableros hasta de 12 circuitos y espesor mínimo 1.2 mm para tableros desde 13 hasta 42 circuitos.			20.231.1f RETE	Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos y líquidos de acuerdo al lugar de operación.	No cumple	Imagen 1 y 2 No se pudo determinar la resistencia al impacto (IK 05) ni el grado de protección contra sólidos y líquidos con las imágenes proporcionadas. El estado general del tablero (Imagen 1) sugiere una caja
NORMA	ITEM	DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES																
20.231.1a RETE	Los tableros deben mantenerse en tal manera que las partes energizadas peligrosas no estén al alcance y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas.	Se cumplió. 97%	Se observaron. 97%																
20.231.1b RETE	El diseño de distribución accedible desde el frente. En línea de acero de espesor mínimo 0.9 mm para tableros hasta de 12 circuitos y espesor mínimo 1.2 mm para tableros desde 13 hasta 42 circuitos.																		
20.231.1f RETE	Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos y líquidos de acuerdo al lugar de operación.	No cumple	Imagen 1 y 2 No se pudo determinar la resistencia al impacto (IK 05) ni el grado de protección contra sólidos y líquidos con las imágenes proporcionadas. El estado general del tablero (Imagen 1) sugiere una caja																
EMPRESA CONSULTORA: XIRO INVESTMENT GROUP SAS CONTRATO: N° CMA-MSM-001-2025																			
EMPRESA CONSULTORA: XIRO INVESTMENT GROUP SAS CONTRATO: N° CMA-MSM-001-2025																			
EMPRESA CONSULTORA: XIRO INVESTMENT GROUP SAS CONTRATO: N° CMA-MSM-001-2025																			

Figura 7
pantalla del reporte generado

En la Figura 7 se presenta la pantalla del reporte generado, donde se visualiza el documento Word producido por el sistema con toda la información del diagnóstico eléctrico consolidada.

12. Conclusiones

El desarrollo de la plataforma Diagnósticos Xiro permitió dar respuesta a la problemática identificada en XIRO Investment Group S.A.S., relacionada con la alta dependencia de procesos manuales en la elaboración de diagnósticos eléctricos. La implementación del sistema posibilitó la digitalización y automatización de las actividades de captura, análisis y generación de reportes técnicos, reduciendo significativamente los tiempos operativos, pasando de procesos que requerían varios meses de trabajo manual a un flujo de trabajo ejecutable en aproximadamente un día.

La integración del modelo de inteligencia artificial Gemini 2.5 Flash Lite demostró ser una alternativa viable para el análisis automatizado de imágenes eléctricas y la generación de resultados asociados al cumplimiento normativo. Su incorporación permitió obtener interpretaciones técnicas de manera eficiente, sin necesidad de desarrollar y entrenar un modelo propio, reduciendo la complejidad técnica y los costos asociados al proceso de implementación.

La identificación y documentación de los requerimientos funcionales y no funcionales mediante una matriz de requerimientos permitió establecer una base estructurada para el diseño y desarrollo de la plataforma. Este proceso facilitó la construcción de módulos alineados con las necesidades reales de la empresa, garantizando coherencia entre los procesos operativos y las funcionalidades implementadas en el sistema.

Los resultados obtenidos durante la fase de validación funcional evidenciaron un comportamiento estable y consistente de la plataforma. Los once casos de prueba ejecutados fueron satisfactorios, confirmando el correcto funcionamiento de los módulos relacionados con el registro de información, procesamiento de datos, análisis mediante inteligencia artificial y generación automatizada de reportes técnicos.

La implementación de la solución tecnológica generó un impacto positivo en la operación de XIRO Investment Group S.A.S., evidenciado en la percepción del equipo técnico de la organización frente a la optimización del proceso de diagnóstico eléctrico. La reducción considerable en los tiempos de elaboración de informes y la automatización de tareas repetitivas



fortalecieron la eficiencia operativa, la organización de la información y la capacidad de respuesta de la empresa frente a las necesidades del sector eléctrico.

13. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y en las pruebas funcionales realizadas, se recomienda continuar con la puesta en funcionamiento progresiva de la plataforma en los proyectos de diagnóstico eléctrico ejecutados por XIRO Investment Group S.A.S., teniendo en cuenta que el sistema cumplió con los requerimientos establecidos. Para ello, se sugiere mantener el despliegue en Hostinger con respaldo periódico de la base de datos y acompañamiento al equipo técnico en el uso de la herramienta.

Asimismo, se recomienda fortalecer la seguridad del sistema mediante la implementación de mecanismos adicionales como cifrado de contraseñas, autenticación basada en tokens y control avanzado de sesiones, con el fin de proteger la información técnica gestionada en la plataforma.

Finalmente, se recomienda realizar capacitaciones dirigidas al equipo técnico de la empresa, para garantizar una adecuada apropiación de la plataforma y promover una cultura de trabajo digital orientada a la trazabilidad y la eficiencia operativa en el proceso de diagnóstico eléctrico.

14. Trabajo Futuro

Como trabajo futuro, se propone incorporar un módulo de memorias de cálculo eléctrico que complemente el flujo actual del sistema, permitiendo registrar y generar de manera automatizada los cálculos técnicos asociados a cada instalación inspeccionada. Este módulo representaría una extensión natural de la plataforma y fortalecería la completitud de los reportes generados.

También se plantea la migración del frontend hacia un framework moderno como React, con el fin de mejorar la experiencia de usuario, optimizar los tiempos de carga y facilitar el mantenimiento y escalabilidad de la interfaz a medida que el sistema incorpore nuevos módulos y funcionalidades.



Finalmente, se recomienda proyectar el despliegue de la plataforma bajo una infraestructura en la nube más robusta, que garantice alta disponibilidad, acceso remoto seguro y escalabilidad a medida que la empresa amplíe su volumen de proyectos de diagnóstico eléctrico.

15. Bibliografía

Analitik, V. (2022, mayo 3). 40% de las empresas en Colombia no avanzan en la transformación digital. Valora Analitik. <https://www.valoraanalitik.com/pequenas-empresas-colombia-no-avanzan-transformacion-digital/>

Arias Gonzáles, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting E.I.R.L. ISBN: 978-612-48444-2-3

Ayerdi, A. (2024, 6 noviembre). Automatización de procesos: La clave para la eficiencia. docuware. <https://start.docuware.com/es/blog/automatizacion-de-procesos>

Belcic, I., & Stryker, C. (2025, 3 junio). ¿Qué es el aprendizaje supervisado? Ibm.com. <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/supervised-learning>

Chevtchenko, S., Casado, M., & García, J. R. (2023). AI-based predictive systems for electrical failure detection. IEEE Access, 11, 45567–45579. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3270541>



CINTEL. (2023, noviembre 30). 51.5%, Índice Global de Madurez de Transformación Digital de las empresas colombianas en 2023 CINTEL. Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. <https://cintel.co/51-5-indice-global-madurez-transformacion-digital-las-empresas-colombianas-2023/#:~:text=51.5%25%2C%20%C3%8Dndice%20Global%20de%20Madurez,colombianas%20en%202023%20%E2%80%A2%20CINTEL>

CINTEL. (2023). Informe Índice de Madurez de Transformación Digital Colombia 2023. <https://cintel.co/wp-content/uploads/2023/12/Informe-Indice-de-Madurez-de-Transformacion-Digital-Colombia-2023-VF.pdf>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021, 5 de abril). Datos y hechos sobre la transformación digital: informe sobre los principales indicadores de adopción de tecnologías digitales en el marco de la Agenda Digital para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46766-datos-hechos-la-transformacion-digital-informe-principales-indicadores-adopcion>

Fortune Business Insights. (29 de diciembre de 2025). Tamaño y participación del mercado de transformación digital, pronóstico [2032]. <https://www.fortunebusinessinsights.com/es/digital-transformation-market-104878>

Gálvez, C., & Ignacia, M. (2024). Desarrollo de un reporte de visualización automatizado para el apoyo en la gestión de iniciativas y RPA en el área de automatización de Agrosuper. Repositorio Académico - Universidad de Chile; Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/204309>

Google DeepMind. (2025). Gemini 2.5 Flash-Lite Model Card. <https://storage.googleapis.com/deepmind-media/Model-Cards/Gemini-2-5-Flash-Lite-Model-Card.pdf>

Google Developers. (2024). Introducción al machine learning. Google Machine Learning Education. <https://developers.google.com/machine-learning/intro-to-ml/what-is-ml>



Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Hernández Quintero, D. A., Roa Bautista, E. A., & Rodríguez Gil, Y. C. (2025, septiembre 8). Diseño de una mejora mediante una solución tecnológica para la generación automatizada de informes de obra en sitio de RoaNet SAS. Universidad Ean. <https://repository.universidadean.edu.co/entities/publication/fd853289-6726-4ffd-8123-fbe3d718d2e8>

Huanca Blas, J. J. (2025). Impacto del diseño e implementación de un sistema automatizado para el proceso de facturación en una empresa privada de soluciones logísticas. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/30262>

IBM. (2024). ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)? IBM Think. <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/artificial-intelligence>

IBM. (2024). ¿Qué son los modelos de lenguaje grande (LLM)? IBM Think. <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/large-language-models>

ISO/IEC. (2011). ISO/IEC 25010:2011 — Systems and software quality models. International Organization for Standardization.

Innpulsa. (2023, agosto 12). ¿Qué tan lejos están las empresas colombianas de la era digital? Innpulsa Colombia. <https://innpulsacolombia.com/milab/noticias/que-tan-lejos-estan-las-empresas-colombianas-de-la-era-digital>

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

LLYC. (2021, octubre 25). La mayoría de las empresas, lejos aún de su transformación digital. LLYC. <https://llyc.global/noticias/la-mayoria-de-las-empresas-lejos-aun-de-su-transformacion-digital/>

Martinez, P. (2025, 19 junio). Automated Reporting: Streamline Productivity and Gain Valuable Insights. Alteryx. <https://www.alteryx.com/es/blog/automated-reporting>



Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2025). Índice de Brecha Digital: Resultados 2024. MinTIC. https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-411724_recurso_3.pdf

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MinTIC). (2023, agosto 18). MinTIC invita a los empresarios del país a transformar sus procesos productivos con Inteligencia Artificial. <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/277615:MinTIC-invita-a-los-empresarios-del-pais-a-transformar-sus-procesos-productivos-con-Inteligencia-Artificial>.

Pu, H., Yang, X., Li, J., & Guo, R. (2024). AutoRepo: A general framework for multimodal LLM-based automated construction reporting. *Expert Systems with Applications*, 255, 124601. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124601>

Red Hat. (2024). ¿Qué es una API? <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>

Reyes, N. S. (2024). Automatización de tareas en sistemas de información: implementación de sistemas inteligentes para la automatización de tareas repetitivas y procesos rutinarios en entornos de sistemas de información. www.fipcaec.com. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v9i1.935>

Rodríguez-Campos, J. C., Rico-Chagollán, M., Chacón-Olivares, M. C., & Guzmán-Hernández, M. A. (2024). Frontend and Backend: The new approach to the development of a web platform for automating the control and administration of degree processes at ITESI. *Journal of Computing and Technology*, 8(21), 2–9. <https://doi.org/10.35429/joct.2024.8.21.2.9>

Salazar Duque, L. F., Heredia Rodríguez, Y. C., & Salamanca Torres, D. F. (2024, diciembre 3). Desarrollo de un prototipo funcional para la digitalización y optimización del proceso de control de calidad en MiPyMEs manufactureras colombianas mediante el uso de herramientas digitales. Universidad Ean. <https://repository.universidadean.edu.co/entities/publication/2eb6ff15-d01b-4418-b7bd-b3118170ff4a>



- Sánchez, Q. A., Aguilar-Lasserre, A. A., Del Moral-Argumedo, M. J., & Arroyo-Figueroa, G. (2024). Diagnóstico de fallas en generadores de potencia utilizando algoritmos de machine learning. *Res. Comput. Sci.*, 153(8), 137-148.
https://www.rcs.cic.ipn.mx/2024_153_8/Diagnostico%20de%20fallas%20en%20generadores%20de%20potencia%20utilizando%20algoritmos%20de%20machine%20learning.pdf
- Sarmiento Suárez, J. E., Gutiérrez, E., & Ramírez Montañez, J. C. (2024). Oportunidades y desafíos para la digitalización de las MiPymes en Colombia. *Pensamiento & Gestión*, (57). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-62762024000200128
- Senthil Kumaran, M., Murugesan, K., & Raju, L. (2024). Revolutionizing industrial efficiency using predictive maintenance empowered by IoT technologies. *Journal of Electrical Systems*, 20(9 S). <https://doi.org/10.5339/jes.2024.098>
- UNIR. (2024, 11 enero). La digitalización de procesos y su importancia. UNIR. <https://www.unir.net/revista/empresa/digitalizacion-procesos/>