Optimización de Procesos Empresariales en el Sector Petrolero mediante Automatización Inteligente y Tecnologías de Inteligencia Artificial en Bogotá D.C.

Presentado por:
Jessica Andrea Talero Díaz
Mario Quintero Ayure

Director
Ph.D Sergio Andrés Zabala Vargas

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

julio de 2025

CONTENIDO

RESUMEN 7
ABSTRACT 8
INTRODUCCIÓN 9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11
Descripción del problema 13
La pregunta de investigación 14
Los objetivos de investigación 14
Objetivo general 15
Objetivos específicos 15
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 16
MARCO DE REFERENCIA 17
Estado del Arte 17
MARCO TEÓRICO 19
Automatización de procesos 19
Internet de las Cosas (IoT) 20
Eficiencia operativa 20
Transformación digital 20
MARCO LEGAL 21
Decreto 393 de 1991 21
Decreto 591 de 1991 21
Ley 1341 de 2009 (actualizada por Ley 1978 de 2019) 21
ISO 27001 21
ISO/IEC 5055 21
METODOLOGÍA 22
Enfoque y alcance de la investigación 22
Geográfico y Demográfico 22
Temático 22
Limitaciones 22
Población y Muestra 23

INSTRUMENTOS Y DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS 24
Consideraciones Éticas 25
Tipos de Datos Recolectados 25
Datos Demográficos de los Participantes 25
Datos Cuantitativos sobre la Implementación Tecnológica 25
HIPÓTESIS 26
Variables de la investigación 26
Variable independiente 26
Variable dependiente 26
Planteamiento de la hipótesis 27
RESULTADOS 27
Participación y experiencia en automatización 29
Familiaridad y uso de tecnologías 30
Percepción de uso en las empresas 31
Obstáculos para la implementación 33
Los principales desafíos identificados 33
Interés en formación 34
Impacto percibido en eficiencia 34
RECOMENDACIONES 37
DISCUSIÓN 38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40
NORMAS LEGALES, REFERENCIAS 43
ANEXOS 44

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Perfil de los encuestados 28
Figura 2 Cargo actual 28
Figura 3 Nivel educativo 29
Figura 4 Participación en procesos de automatización 30
Figura 5 Familiarización transformación digital 30
Figura 6 Resultados pregunta Familiaridad y experiencia con automatización 31
Figura 7 Automatización en su empresa 32
Figura 8 Obstáculos identificados 33
Figura 9 Principales obstáculos para implementar las automatizaciones 34
Figura 10 Interés en formación 34
Figura 11 Percepciones sobre Automatización e IA en el Sector Petrolero 35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resultados del instrumento.....31
Tabla 2 Áreas identificadas con mayor potencial de eficiencia a través de automatización 32
Tabla 3 Principales obstáculos presentados 33

RESUMEN

El presente estudio explora la problemática de ineficiencia operativa en el sector petrolero colombiano, asociada a la baja adopción de tecnologías emergentes, la persistencia de procesos manuales y la limitada integración de datos. Con base en este diagnóstico, se plantea el diseño de una propuesta estratégica para la implementación de herramientas de automatización inteligente, con especial énfasis en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) y soluciones de Inteligencia Artificial (IA), aplicada a una compañía del sector ubicada en Bogotá D.C.

La investigación se enmarca en una metodología cualitativa, con enfoque exploratorio y aplicado. Se han seleccionado procesos clave mediante muestreo intencional, priorizando aquellos con mayor impacto y viabilidad técnica. Las técnicas de recolección de información incluyen el análisis de procesos, entrevistas con expertos y herramientas de simulación, que permitirán identificar oportunidades de mejora en aspectos como el monitoreo predictivo, la gestión de inventarios críticos, la perforación direccional y la planificación de producción.

Se encontró que un 63,4% de la población conoce la inteligencia artificial, un 24% la Machine Learning, un 19% no conoce ninguna herramienta de transformación digital. La herramienta más utilizada por los encuestados es Microsoft Power Automate (14%)y la menos utilizada es ERP (2%). Los resultados evidencian la importancia de reforzar la capacitación y sensibilización en nuevas tecnologías desde las empresas.

Las áreas de servicio al cliente, recursos humanos y procesos administrativos pueden ser altamente beneficiadas por la implementación tecnológica.

Palabras clave: Automatización Inteligente, IoT, Inteligencia Artificial, Eficiencia Operativa, Industria Petrolera, Transformación Digital.

ABSTRACT

This study explores the problem of operational inefficiency in the Colombian oil sector, associated with the low adoption of emerging technologies, the persistence of manual processes, and limited data integration. Based on this diagnosis, a strategic proposal is designed for the implementation of intelligent automation tools, with a special emphasis on Internet of Things (IoT) technologies and Artificial Intelligence (AI) solutions, applied to a company in the sector located in Bogotá, D.C.

The research is framed within a qualitative methodology, with an exploratory and applied approach. Key processes were selected using purposive sampling, prioritizing those with the greatest impact and technical feasibility. Information collection techniques include process analysis, expert interviews, and simulation tools. These will allow for the identification of improvement opportunities in areas such as predictive monitoring, critical inventory management, directional drilling, and production planning.

It was found that 63.4% of the population is familiar with artificial intelligence, 24% with Machine Learning, and 19% are not familiar with any digital transformation tools. The most used tool by respondents is Microsoft Power Automate (14%), and the least used is ERP (2%). The results highlight the importance for companies to reinforce training and awareness in new technologies.

Customer service, human resources, and administrative processes can greatly benefit from technological implementation.

Keywords: Intelligent Automation, IoT, Artificial Intelligence, Operational Efficiency, Oil Industry, Digital Transformation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector petrolero enfrenta crecientes desafíos para mantener su competitividad en un entorno global cada vez más exigente, marcado por la digitalización, la automatización de procesos y la presión por la eficiencia energética. Según un informe de McKinsey & Company (2021), las empresas del sector que han adoptado tecnologías como la automatización inteligente y la inteligencia artificial han logrado reducir hasta un 20 % de sus costos operativos y mejorar la toma de decisiones en tiempo real.

En este contexto, la incorporación de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA) se ha convertido en una estrategia clave para optimizar procesos críticos en la industria petrolera. Estas herramientas permiten una mejor gestión de activos, mantenimiento predictivo, control de operaciones y trazabilidad de información, favoreciendo tanto la rentabilidad como la sostenibilidad del negocio (García & Torres, 2022). Sin embargo, su implementación aún representa un reto significativo para muchas organizaciones debido a factores como la resistencia al cambio, la baja inversión en innovación y la carencia de infraestructura tecnológica adecuada.

Este documento presenta una propuesta estratégica para la optimización de procesos en una empresa del sector petrolero ubicada en Bogotá D.C., mediante la implementación de soluciones de automatización inteligente apoyadas en tecnologías de IA e IoT. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con alcance exploratorio y metodológico aplicado. Se realizó un diagnóstico inicial de los procesos operativos más relevantes, seguido de la identificación de oportunidades de mejora, priorización de áreas de intervención y diseño de pilotos tecnológicos orientados a generar impacto operativo y financiero.

A lo largo del documento se abordan los fundamentos conceptuales de la automatización inteligente y su aplicabilidad en entornos industriales, el análisis del contexto organizacional de la empresa intervenida, la metodología empleada para la formulación del plan de transformación, y finalmente, una propuesta de implementación con sus respectivos beneficios, riesgos y recomendaciones. Esta iniciativa busca contribuir a la evolución del sector petrolero colombiano hacia estándares propios de la Industria 4.0.

Con todo lo anterior, esta investigación se enfoca en la implementación estratégica de la Automatización Inteligente (AI) y las Tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) como focos para la transformación digital y la mejora continua de los procesos empresariales. La capital colombiana,

al ser el centro neurálgico de muchas de estas compañías y albergar sus centros de decisión y soporte, ofrece un escenario idóneo para analizar cómo la aplicación de RPA (Robotic Process Automation), Machine Learning, Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) y otras herramientas de IA puede redefinir la manera en que se gestionan y ejecutan las tareas críticas, desde la gestión de datos sísmicos y la predicción de producción hasta la optimización de la cadena de suministro y la automatización de la contabilidad y finanzas.

En definitiva, el presente trabajo no solo se centra en la descripción de tecnologías disponibles, sino que busca aportar una visión integral sobre la automatización como palanca de transformación organizacional, proporcionando un marco de análisis que pueda ser replicable en otras empresas del sector industrial.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el escenario global actual, las organizaciones enfrentan el desafío constante de adaptarse a entornos cambiantes, donde la eficiencia operativa y la innovación tecnológica se han convertido en factores claves para la competitividad. La automatización de procesos ha demostrado ser una solución efectiva para enfrentar estos desafíos, especialmente en industrias altamente técnicas como la energética y petrolera. De acuerdo con McKinsey & Company (2020), cerca del 45% de las tareas que realizan los trabajadores pueden ser automatizadas con la tecnología disponible, lo cual representa una oportunidad significativa para optimizar recursos, reducir errores y aumentar la productividad.

A nivel regional, América Latina avanza en la implementación de tecnologías de automatización, aunque de forma desigual. La consultora Deloitte (2021) indica que, en América Latina, solo entre el 25% y el 30% de las empresas han implementado estrategias de automatización de procesos, con mayores avances en sectores como la banca y las telecomunicaciones. En contraste, industrias como la energética y petrolera presentan un rezago considerable debido a factores como la resistencia cultural al cambio, la falta de habilidades digitales del talento humano, y la poca inversión en tecnologías emergentes. Este rezago representa un riesgo para la sostenibilidad y rentabilidad de las empresas del sector.

En Colombia, el panorama refleja condiciones similares. Aunque el país ha avanzado en el desarrollo de políticas públicas orientadas a la transformación digital y la innovación tecnológica, la adopción de herramientas de automatización en el sector empresarial todavía enfrenta limitaciones estructurales. Según el Observatorio de Economía Digital del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2022), solo el 35% de las empresas colombianas ha iniciado algún proceso de automatización, siendo las micro y pequeñas empresas las que enfrentan mayores barreras de adopción. Además, sectores estratégicos como el petrolero han avanzado con lentitud debido a una estructura organizacional rígida, dependencia de procesos tradicionales y poca articulación entre las áreas técnicas y tecnológicas.

En el sector petrolero colombiano, que representa uno de los pilares de la economía nacional, la automatización de procesos adquiere una importancia crítica. Este sector no solo contribuye significativamente al PIB nacional, sino que también es una fuente importante de empleo e inversión extranjera directa. No obstante, enfrenta desafíos operativos relacionados con la

eficiencia en la gestión de sus procesos, los costos asociados al mantenimiento de infraestructura, la seguridad industrial, la trazabilidad de sus operaciones y la sostenibilidad ambiental. Un informe del Centro de Estudios de la Asociación Colombiana del Petróleo y Gas (ACP, 2023) reveló que, aunque algunas empresas del sector han iniciado procesos de digitalización y automatización, estos esfuerzos son fragmentados, carecen de una visión integral y están concentrados en áreas puntuales como la facturación electrónica o el monitoreo de pozos.

Además, las empresas petroleras en Colombia enfrentan condiciones operativas complejas que hacen imperativo el uso de tecnologías avanzadas. Estas incluyen la geografía diversa del país, las condiciones climáticas variables, las restricciones regulatorias, y los desafíos de operar en regiones con limitada infraestructura. Todo esto incrementa la necesidad de contar con procesos automatizados que garanticen precisión, control, velocidad y seguridad en la toma de decisiones. No obstante, muchas de estas organizaciones aún dependen de procedimientos manuales o de herramientas tecnológicas desactualizadas, lo que limita su capacidad de respuesta, incrementa los riesgos operacionales y genera sobrecostos.

El caso de la organización objeto de estudio —una empresa del sector petrolero con operaciones a nivel nacional— es un reflejo de esta problemática. Aunque la compañía ha mostrado interés en mejorar su eficiencia operativa mediante la adopción de soluciones tecnológicas, los avances en automatización han sido limitados y poco estructurados. Áreas clave como el mantenimiento preventivo, el control de inventarios, la planificación de recursos y el seguimiento de la operación continúan gestionándose de forma manual o con herramientas básicas que no permiten integrar ni analizar los datos de forma efectiva. Esto conlleva a duplicación de esfuerzos, demoras en los flujos de trabajo, poca trazabilidad en los procesos y baja capacidad de monitoreo en tiempo real.

De acuerdo con el artículo (Montes, 2025), el petróleo y el gas offshore, ofrecen un enorme margen para los robots móviles habilitados para IA, no solo para evitar que los humanos trabajen en condiciones tan duras, sino también para encontrar hidrocarburos de manera más eficiente y efectiva” señaló Teddy Wang, Business Development Manager en Getac.

Adicionalmente empresas como Ecopetrol, la principal empresa petrolera del país, es un ejemplo destacado. Su Centro de Servicios Compmartidos (CSC) ha implementado con éxito la RPA para automatizar procesos manuales, repetitivos y propensos a errores en áreas como

servicios administrativos, gestión de personal, operaciones financieras y transporte y logística. La experiencia de Ecopetrol con "robots" como "Beti, Otto y Max" subraya cómo la selección cuidadosa de las tareas a automatizar es clave para el éxito, como lo menciona el artículo *La Revolución Silenciosa: Automatización Inteligente e IA en el Sector Petrolero Colombiano*

En este contexto, resulta urgente analizar cómo la automatización de procesos puede ser un factor determinante para la mejora de la eficiencia operativa en las empresas del sector petrolero colombiano. Para ello, se requiere no solo identificar las tecnologías más adecuadas, sino también evaluar el grado de madurez digital de la organización, identificar las áreas críticas de intervención y establecer indicadores claros que permitan medir el impacto de la automatización en el desempeño general de la empresa.

1.1 Descripción del problema

La industria petrolera se caracteriza por procesos complejos, intensivos en capital y altamente regulados. En un entorno global cada vez más competitivo y con la creciente presión por optimizar costos y mejorar la eficiencia operativa, las compañías petroleras están explorando e implementando diversas herramientas de automatización. Estas herramientas abarcan desde la automatización robótica de procesos (RPA) para tareas repetitivas y basadas en reglas, hasta la implementación de sistemas de gestión integrados (ERP) y el uso de inteligencia artificial (IA) para la toma de decisiones y la optimización de procesos más complejos.

A pesar del creciente interés y la inversión en herramientas de automatización, existe una falta de comprensión clara y cuantificada sobre el impacto real de estas implementaciones. Si bien se pueden observar implementaciones puntuales y se intuyen beneficios, no se ha realizado una evaluación sistemática y exhaustiva para determinar su impacto.

Para soportar esta investigación, se referencia, la complejidad inherente de las operaciones de exploración, producción, transporte y refinación en el sector petrolero genera una vasta cantidad de datos y requiere la coordinación de múltiples stakeholders y sistemas. Sin embargo, muchas de las tareas asociadas a la gestión de estos procesos, como la conciliación de datos, la generación de informes regulatorios, la gestión de contratos y la auditoría de activos, siguen siendo predominantemente manuales o semiautomatizadas (Accenture, 2020). Esta dependencia de la intervención humana no solo incrementa el riesgo de errores e inconsistencias, sino que también consume una cantidad considerable de tiempo y recursos valiosos que podrían destinarse a actividades más estratégicas y de valor añadido.

En segundo lugar, la volatilidad de los precios del petróleo y la creciente presión por la reducción de costos operativos exigen una eficiencia sin precedentes (IEA, 2024). En este contexto, los procesos empresariales ineficientes se traducen directamente en mayores costos de operación. Por ejemplo, se estima que hasta el 30% de los costos operativos en la industria de petróleo y gas pueden ser atribuibles a ineficiencias en la cadena de valor (PwC, 2021). Procesos manuales de facturación, gestión de inventario o planificación de mantenimiento, que aún son comunes en el sector, pueden generar demoras, sobrecostos por errores y oportunidades perdidas para optimizar la cadena de suministro.

Adicionalmente, el riguroso marco regulatorio y los estándares de seguridad y sostenibilidad a los que están sujetas las empresas petroleras en Colombia implican una carga administrativa considerable. La preparación y presentación de informes detallados sobre producción, emisiones, seguridad industrial y cumplimiento ambiental son tareas que a menudo requieren la consolidación manual de información de diversas fuentes, lo que es intensivo en tiempo y propenso a inconsistencias (ANH, 2023). Un proceso ineficiente en esta área no solo eleva los costos de cumplimiento, sino que también puede exponer a las empresas a sanciones y reputación negativa.

Finalmente, la creciente cantidad de datos generados en cada etapa del ciclo de vida del petróleo y gas representa una oportunidad desaprovechada sin las herramientas adecuadas. La falta de automatización inteligente y de capacidades analíticas basadas en IA impide que las empresas petroleras en Bogotá D.C. extraigan valor real de estos datos para la toma de decisiones. Por ejemplo, sin IA, la capacidad de predecir fallas en equipos críticos, optimizar la producción de pozos o gestionar la logística de manera proactiva se ve seriamente limitada, impactando la resiliencia operativa y la rentabilidad (Deloitte, 2022). Esto es particularmente relevante en un sector donde el tiempo de inactividad de un equipo o un retraso en la cadena de suministro pueden tener costos millonarios.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cómo una propuesta con estrategias para la implementación de herramientas de automatización basadas en tecnologías emergentes puede mejorar la eficiencia de los procesos empresariales en una compañía del sector petrolero en Bogotá D.C.?

1.3 Los objetivos de investigación

El propósito de esta investigación es generar una propuesta de estrategias que permitan mejorar la eficiencia de los procesos empresariales en una compañía del sector petrolero en Bogotá D.C., mediante la identificación, evaluación y aplicación de herramientas de automatización basadas en tecnologías emergentes.

Objetivo general

Proponer estrategias para la implementación de herramientas de automatización basadas en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) que contribuyan a mejorar la eficiencia de los procesos empresariales en una compañía petrolera en Bogotá D.C.

Objetivos específicos

- Identificar las principales falencias, limitaciones y necesidades en los procesos actuales de la compañía en términos de eficiencia operativa y gestión de recursos.
- Analizar experiencias, estrategias y metodologías aplicadas en otros contextos empresariales y regiones (nacionales e internacionales) donde se han implementado soluciones de automatización basadas en IoT con resultados positivos.
- Diseñar una propuesta con estrategias concretas para la incorporación de soluciones IoT adaptadas a la realidad de la compañía petrolera en Bogotá, priorizando su viabilidad técnica, económica y operativa.

1.4 Justificación de la investigación

La automatización inteligente se ha convertido en un eje estratégico para transformar la operatividad del sector petrolero, el cual históricamente ha estado expuesto a desafíos como la ineficiencia en procesos manuales, la baja trazabilidad de datos y la dependencia de intervenciones correctivas en vez de preventivas. Este tipo de procesos afectan directamente la productividad y los costos de operación. De acuerdo con el informe de PwC (2020), más del 70 % de las compañías de petróleo y gas que han invertido en tecnologías de automatización han reportado mejoras significativas en eficiencia operativa y reducción de riesgos.

Desde el ámbito académico, el estudio de soluciones basadas en Inteligencia Artificial (IA) e Internet de las Cosas (IoT) permite avanzar en la comprensión e integración de tecnologías disruptivas en entornos industriales complejos. Según García y Torres (2022), el uso de estas herramientas no solo optimiza procesos, sino que redefine la forma en que las organizaciones toman decisiones en tiempo real, basadas en datos, predicción y conectividad. Esta investigación

representa un aporte valioso a la literatura sobre la transformación digital en sectores de alta criticidad, al proponer una metodología concreta y aplicable en el contexto colombiano.

En el plano social, la automatización contribuye a la creación de entornos laborales más seguros y sostenibles. Al reducir la exposición del personal a condiciones de alto riesgo y aumentar el monitoreo de variables críticas, se mejora la salud ocupacional y se mitiga el impacto ambiental. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021) destaca que la adopción de tecnologías emergentes en sectores extractivos puede generar empleos calificados, al tiempo que promueve una transición justa hacia modelos productivos más eficientes y responsables.

En síntesis, esta investigación no solo busca mejorar el rendimiento operativo de una empresa específica, sino que pretende generar conocimiento replicable en el sector petrolero, aportando herramientas concretas para su evolución hacia la Industria 4.0. La propuesta metodológica y tecnológica desarrollada puede servir de referencia para otras organizaciones interesadas en implementar soluciones de automatización inteligente, impulsando así la innovación, la eficiencia y la sostenibilidad del sector en Colombia.

2. MARCO DE REFERENCIA

Este capítulo establece el fundamento teórico, contextual y legal de la investigación sobre el uso de herramientas de automatización, específicamente basadas en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT), en los procesos empresariales de una compañía petrolera ubicada en Bogotá D.C. Se estructura en tres componentes: estado del arte, marco teórico y marco legal.

2.1 Estado del Arte

Ecuación de búsqueda: (“automatización de procesos” OR “eficiencia empresarial”) AND (“tecnologías emergentes” OR “IoT” OR “industria petrolera”).

A continuación, se presentan antecedentes relevantes en orden cronológico:

Mayenberger (2015): Analizó la incorporación de IoT en la gestión operativa de industrias manufactureras, centró en cómo la implementación del Internet de las Cosas (IoT) puede revolucionar la gestión del mantenimiento y la eficiencia operativa. Analizó exhaustivamente la incorporación de sensores y dispositivos conectados en maquinaria y equipos de plantas manufactureras, demostrando que la recopilación y el análisis de datos en tiempo real permitieron la adopción de estrategias de mantenimiento preventivo automatizado evidenciando una reducción de hasta el 18% en tiempos de inactividad por mantenimiento preventivo automatizado.

Botello (2016): Estudió la adopción de TIC en empresas de servicios, concluyendo que el mayor impacto se da cuando existe una integración entre hardware, software y capacidades humanas, agregando que el valor real surge cuando la tecnología es complementada y potenciada por la competencia, adaptabilidad y compromiso del talento humano que la utiliza, gestiona y optimiza.

Avecillas (2018): Mostró cómo las TIC impulsan la creación de nuevos servicios en empresas ecuatorianas, enfatizando en la necesidad de capacitación para lograr impactos reales en productividad y establece un precedente importante al destacar que la efectividad de las TIC en la transformación empresarial depende intrínsecamente de dos factores clave: su capacidad para generar valor agregado (ya sea a través de nuevos servicios o eficiencias operativas) y la preparación de la fuerza laboral para su adopción y gestión.

Franco (2019): Describió cómo la digitalización de procesos en el sector público colombiano generó aumentos en la eficiencia del 22%, siendo IoT una herramienta crítica en logística y control de operaciones. Menciona que la clave de este éxito, radicó en la adopción estratégica de diversas herramientas digitales, entre las cuales el Internet de las Cosas (IoT) se destacó como una herramienta crítica, particularmente en áreas como la logística y el control de operaciones.

Rodríguez et al. (2020): Identificaron la aplicabilidad de IoT en procesos de automatización en el sector energético de México, mejorando la trazabilidad y monitoreo de equipos críticos. Enfatizó el rol del IoT en el monitoreo de equipos críticos. La capacidad de recopilar información de sensores instalados en maquinaria clave –como bombas, válvulas, plataformas de perforación o infraestructura de transporte– posibilita la detección temprana de anomalías, la predicción de fallas y la implementación de un mantenimiento predictivo.

Gómez y Martínez (2021): Compararon distintas estrategias de automatización en empresas colombianas del sector extractivo, destacando que aquellas que implementaron sensores IoT lograron ahorros del 12% en costos operativos. No solo valida la eficacia de la automatización en el sector extractivo colombiano, sino que también establece un punto de referencia cuantitativo esencial que subraya la urgencia y la relevancia de nuestro proyecto para impulsar la transformación digital de las empresas petroleras en Bogotá D.C.

Zapata et al. (2022): Analizaron casos de éxito en la industria petrolera en Perú, donde el uso de plataformas IoT permitió la reducción de fallas mecánicas en un 30%. El estudio demuestra cómo los sensores IoT, instalados en equipos críticos de perforación, producción y transporte, pueden recopilar datos en tiempo real sobre vibración, temperatura, presión, flujo y otros parámetros operativos. Estos datos son luego analizados, a menudo con el apoyo de algoritmos de Machine Learning, para identificar anomalías y predecir posibles fallas mecánicas antes de que ocurran.

Moreno (2023): En un estudio sobre automatización en compañías del sector minero colombiano, mostró cómo las tecnologías emergentes han transformado las rutinas de mantenimiento predictivo. La relevancia de su estudio, para el sector petrolero radica en la transferibilidad de los principios y beneficios de la automatización inteligente en el mantenimiento. Las empresas petroleras operan con una vasta red de equipos, desde cabezales de pozo y

bombas hasta oleoductos y refinerías, cuya falla puede tener consecuencias económicas y ambientales significativas. La aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo basadas en IA.

Rodríguez y Buitrago (2023): Enfocados en Bogotá, evaluaron la madurez digital de empresas petroleras, concluyendo que el IoT representa el eje más prometedor para el mediano plazo. La relevancia de esta conclusión radica en que, si bien la automatización inteligente (RPA) y la Inteligencia Artificial (IA) en general son herramientas poderosas, el IoT se posiciona como una infraestructura habilitadora esencial, que permite la recolección de los datos necesarios para que las soluciones de IA sean efectivas y para que la automatización alcance su máximo potencial en entornos físicos complejos.

Muñoz y Restrepo (2024): Reciente investigación sobre implementación de plataformas IoT en procesos administrativos de Ecopetrol, demostró mejoras en eficiencia logística del 17%. Este estudio demuestra que las áreas administrativas y de soporte, muchas de las cuales se gestionan desde centros corporativos en ciudades como Bogotá D.C., son igualmente fértiles para la optimización mediante automatización inteligente. Esto justifica la relevancia de nuestro proyecto al enfocarse en la optimización de procesos empresariales que pueden ser ejecutados o soportados desde la capital.

Estos estudios evidencian el crecimiento y el potencial impacto de las herramientas de automatización, especialmente IoT, en la transformación digital de sectores productivos, destacando oportunidades para su aplicación en el contexto colombiano.

2.2 Marco teórico

Este apartado define los conceptos fundamentales que sustentan esta investigación:

Automatización de procesos

Es el eje principal de la investigación, y su implementación en el sector petrolero no se limita a las operaciones de campo, sino que se extiende a los procesos administrativos y de soporte, como la gestión de contratos, el procesamiento de facturas y la conciliación de datos financieros, liberando así recursos humanos para actividades de mayor valor estratégico y analítico. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa y reduce los errores, sino que

también establece las bases para la integración de tecnologías de Inteligencia Artificial más avanzadas. La capacidad de la automatización para estandarizar y optimizar flujos de trabajo es crucial para un sector que maneja volúmenes masivos de datos y operaciones complejas, sentando las bases para la adopción de la **Inteligencia Artificial (IA)** y sus ramas, como el Machine Learning y el Procesamiento de Lenguaje Natural, que añaden una capa de inteligencia, aprendizaje y toma de decisiones a los procesos automatizados.

Internet de las Cosas (IoT)

Fundamental para la interconexión de pozos, tuberías, equipos de perforación, refinerías, vehículos logísticos e incluso activos administrativos ubicados en oficinas centrales como las de Bogotá D.C. La capacidad del IoT para monitorizar variables críticas (presión, temperatura, flujo, vibración, nivel de inventario, etc.) en entornos remotos y complejos, así como en operaciones internas, proporciona una visibilidad sin precedentes. Esta visibilidad es la base para la implementación de algoritmos de IA que pueden realizar mantenimiento predictivo, optimizar la producción, mejorar la seguridad e incluso automatizar procesos logísticos y administrativos. Kellton. (2021), Gilchrist, A. (2016).

Eficiencia operativa

Esta eficiencia en la industria de hidrocarburos se ha centrado en mejoras incrementales en la perforación, extracción y transporte. Sin embargo, la irrupción de la Automatización Inteligente (AI) y las Tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) ha redefinido el panorama, ofreciendo capacidades sin precedentes para lograr saltos cualitativos en la productividad y la rentabilidad. La AI, que engloba la Automatización Robótica de Procesos (RPA), el Business Process Management (BPM) y otras herramientas de automatización avanzada, permite la ejecución de tareas repetitivas y basadas en reglas con mayor velocidad y precisión que la intervención humana, liberando así recursos para actividades de mayor valor estratégico. La sinergia entre no solo reduce los tiempos de ciclo y los errores operativos, sino que también transforma la naturaleza del trabajo en una verdadera excelencia operativa.

Transformación digital

Cuando hablamos de todas estas tecnologías, hablamos de transformación digital. Cada una dota a los sistemas de capacidades cognitivas para analizar grandes volúmenes de datos

(Big Data) provenientes de diversas fuentes operativas (sensores, equipos de campo, registros financieros), predecir eventos, optimizar decisiones y generar indicadores en tiempo real. La implementación de estas tecnologías en empresas petroleras busca catalizar esta transformación, permitiendo no solo la mejora de la eficiencia operativa y la reducción de costos, sino también la habilitación de un modelo de negocio más ágil, seguro y proactivo.

2.3 Marco legal

Las siguientes normativas y estándares legales en Colombia y a nivel internacional sustentan el marco jurídico de esta investigación:

Decreto 393 de 1991: Regula la asociación para actividades científicas y tecnológicas. Establece lineamientos para la ejecución de proyectos de innovación tecnológica. (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (1991, 12 de febrero)

Decreto 591 de 1991: Regula los contratos para fomentar actividades científicas y tecnológicas, siendo base jurídica para alianzas entre el sector público y privado en innovación. (Ministerio de Ciencia, https://minciencias.gov.co/node/263)

Ley 1341 de 2009 (actualizada por Ley 1978 de 2019): Define principios y derechos relacionados con la sociedad de la información, infraestructura digital y TIC en Colombia. (funcionpublica, s.f.)

ISO 27001: Norma internacional sobre sistemas de gestión de la seguridad de la información, relevante por el manejo de datos generados por dispositivos IoT.

ISO/IEC 5055: Estándar sobre la calidad del software, útil para evaluar herramientas digitales utilizadas en automatización de procesos.

Estas regulaciones no solo proporcionan el marco jurídico necesario para la implementación de tecnologías emergentes, sino que también garantizan estándares de seguridad, transparencia y eficiencia en la transformación digital de las empresas.

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

El enfoque de esta investigación es principalmente descriptivo y exploratorio. Buscamos caracterizar la situación actual de la optimización de procesos en el sector petrolero, identificando qué tecnologías de automatización inteligente y IA se están adoptando, en qué medida, y cuáles son las percepciones de los profesionales del sector al respecto.

Se adoptó una perspectiva holística, considerando no solo los aspectos tecnológicos, sino también los organizacionales y humanos. Se analizarán tanto los beneficios esperados como las barreras y desafíos que enfrentan las empresas petroleras al implementar estas soluciones. La investigación busca entender cómo estas tecnologías están transformando o tienen el potencial de transformar los flujos de trabajo, la toma de decisiones y la competitividad en el sector.

En cuanto al alcance, éste se define por los siguientes puntos clave:

Geográfico y Demográfico: La investigación se enfoca en profesionales de diferentes empresas del sector petrolero. Si bien la encuesta se aplicó a una muestra específica de 50 individuos, los hallazgos buscarán ofrecer una visión general aplicable a la industria en su conjunto, dentro del contexto de los mercados petroleros donde operan estas empresas.

Temático: La investigación se limitará a la optimización de procesos empresariales mediante la aplicación de automatización inteligente y tecnologías de inteligencia artificial. Esto incluye, pero no se limita a, el uso de machine learning, robótica, análisis predictivo, procesamiento de lenguaje natural y automatización robótica de procesos (RPA) en diversas funciones operacionales y administrativas del sector.

Limitaciones: La investigación se basa en una encuesta de 13 preguntas a 50 personas, lo que podría limitar la profundidad de algunos análisis y la capacidad de generalizar completamente los resultados a la totalidad de la industria petrolera a nivel global. Sin embargo, los resultados proporcionarán una base sólida para futuras investigaciones más amplias y detalladas.

La investigación se centrará en la optimización de procesos empresariales específicos dentro del sector petrolero. Se deberá seleccionar un subconjunto de procesos para un análisis profundo. Ejemplos de procesos a considerar:

3.2 Población y Muestra

La muestra estuvo compuesta por 41 profesionales de diferentes empresas que operan en el sector petrolero. La selección se realizó con el objetivo de incluir una diversidad de perfiles, asegurando que se tuvieran en cuenta distintas perspectivas y experiencias relacionadas con los procesos empresariales y la aplicación de tecnologías de automatización e inteligencia artificial. Se seleccionó una muestra heterogenia ya que para el desarrollo de la investigación era determinante conocer el estado actual de los procesos, la implementación de tecnologías avanzadas y los desafíos y oportunidades en la optimización.

La muestra se encuentra dividida en 8 macroprocesos empresariales que corresponden a: Extracción, perforación, producción, transporte y refinación, así como los de soporte como logística, salud y seguridad y finanzas, los cuales son susceptibles de optimización, teniendo en cuenta todas las ubicaciones geográficas a nivel nacional.

Criterios de inclusión

-Personas que trabaje en empresas petroleras colombianas

- Individuos con roles y responsabilidades directamente vinculadas con la operación, gestión o toma de decisiones en los procesos de sus respectivas compañías petroleras

- Tener acceso a datos e información tales como datos de sistemas, acceso a personal para entrevistas, y conocimiento de los procesos.

Criterios de exclusión

Personas que trabajan fuera del sector petrolero colombiano

3.3 Instrumentos y descripción de procedimientos

Para la recolección de los datos, se diseñó un cuestionario compuesto por 13 preguntas cerradas con selección múltiple. Las tres primeras preguntas corresponden al perfil del encuestado, las dos siguientes hacen referencia al ámbito laboral, y los 8 restantes evalúan el conocimiento y la utilización de las herramientas tecnológicas (Anexo 1). La encuesta fue diseñada con la herramienta de Microsoft Forms

Una vez diseñada la encuesta y definidos los criterios de inclusión y exclusión de la población, se distribuyó digitalmente por whatsapp a personas de diferentes empresas petroleras que cumplían los diferentes criterios de inclusión mencionados anteriormente. Cabe destacar que las encuestas son anónimas.

El proceso de limpieza y transformación de los datos se realizó con PowerQuery, eliminando los valores nulos que afectan la codificación de los datos finales. El análisis de los datos se realizó con los programas Excel O365 y power BI, los cuales permiten cuantificar los resultados e identificar patrones y anomalías.

Para realizar el análisis de los datos los valores obtenidos se clasificaron en variables cuantitativas y cualitativas dependiendo el caso, para su posterior análisis.

Se obtuvieron 10 variables cualitativas y 3 cuantitativas.

Las variables cualitativas se analizaron mediante la codificación y agrupación por patrones.

Se utilizó el Análisis de la Varianza (ANOVA), como método de estudio para las variables cuantitativas.

Para la realización de las gráficas de los resultados obtenidos tanto cuantitativos como cualitativos se utilizó el programa JASP

3.4 Consideraciones Éticas

Las encuestas se realizaron de manera anónima, no se recopiló ningún dato personal como nombre, número de identificación, teléfono o dirección o correo electrónico entre otros, lo que garantizó la privacidad de los participantes desde el momento de la recolección de los datos ya que las respuestas no pueden ser vinculadas con ningún participante en concreto, ni tampoco pueden ser rastreadas hasta el sujeto que las proporcionó.

Los participantes fueron informados previamente sobre el propósito, alcance de la investigación y el uso de la información recolectada. La participación fue completamente voluntaria y los datos obtenidos se utilizaron exclusivamente para esa investigación.

El manejo de los datos se realizó conforme a la Ley 1581 de 2012 de Protección de Datos Personales en Colombia. La base de datos fue almacenada de manera segura y restringida únicamente a los investigadores del proyecto.

La investigación sigue los principios de honestidad, transparencia y rigor científico. No se ha manipulado ni ocultado información, y las fuentes utilizadas han sido correctamente citadas conforme a las normas APA.

Este proyecto se encuentra enmarcado dentro de los lineamientos establecidos por la Corporación Universitaria Minuto de Dios para trabajos de grado. En caso de ser requerido, se someterá a evaluación por un comité de ética institucional.

3.5 Tipos de Datos Recolectados

La encuesta fue diseñada para recopilar una variedad de tipos de datos, lo que permitirá un análisis integral de la situación actual y las oportunidades de mejora. Los principales tipos de datos recolectados fueron:

Datos Demográficos de los Participantes: Sector de la empresa, Rol o posición dentro de la empresa, Antigüedad en el sector.

Datos Cuantitativos sobre la Implementación Tecnológica:

Nivel de adopción de tecnologías de automatización e IA (escala de Likert: nula, baja, moderada, alta, muy alta), Frecuencia de uso de herramientas específicas.

4. HIPÓTESIS

En el marco de esta investigación de enfoque cualitativo y alcance exploratorio, no se requiere el planteamiento de hipótesis en el sentido estricto de comprobación estadística. Sin embargo, sí se puede establecer una hipótesis de trabajo como guía orientadora del proceso investigativo, la cual permitirá explorar la relación entre las variables identificadas y el fenómeno observado.

La hipótesis en estudios cualitativos no se plantea como una afirmación categórica que debe ser verificada o refutada, sino como una proposición inicial que surge del análisis del contexto, la revisión de literatura y la experiencia del investigador. Esta hipótesis puede ajustarse a lo largo del estudio, conforme emerjan nuevas evidencias o interpretaciones del fenómeno analizado.

4.1 Variables de la investigación

La hipótesis se estructura a partir de la relación entre variables clave que inciden en el fenómeno objeto de estudio. En este caso, se plantean una variable independiente y una variable dependiente, definidas a continuación:

Variable independiente

Implementación de herramientas de automatización inteligente basadas en IoT e IA.
Esta variable hace referencia al uso, nivel de adopción y aplicación práctica de tecnologías como sensores, algoritmos de Machine Learning, Robotic Process Automation (RPA), entre otras, dentro de los procesos empresariales de una compañía del sector petrolero. Se incluyen tanto herramientas implementadas en campo como en áreas administrativas y de soporte.

Variable dependiente

Eficiencia de los procesos empresariales en una compañía del sector petrolero.

Esta variable se entiende como la capacidad de la empresa para optimizar tiempos, reducir errores operativos, mejorar la trazabilidad de datos, disminuir costos, y aumentar la productividad mediante la integración tecnológica. Incluye aspectos como toma de decisiones, monitoreo en tiempo real y desempeño general de los flujos de trabajo.

4.2 Planteamiento de la hipótesis

La implementación de herramientas de automatización inteligente basadas en tecnologías de IoT e Inteligencia Artificial contribuye significativamente a mejorar la eficiencia de los procesos empresariales en una compañía del sector petrolero.

Esta hipótesis parte de una proposición con valor explicativo tentativo, formulada a partir del diagnóstico preliminar, el marco teórico y la revisión del estado del arte. Será contrastada empíricamente mediante el análisis de percepciones de expertos y trabajadores del sector, recogidas a través de encuestas estructuradas y entrevistas cualitativas.

Cabe destacar que, en concordancia con el enfoque cualitativo de la investigación, esta hipótesis es flexible y puede ajustarse según los hallazgos obtenidos, sin que ello afecte la validez científica del estudio. Su propósito principal es orientar la recolección e interpretación de la información, y generar una base para el análisis de las relaciones causales y de impacto dentro del contexto investigado.

5. RESULTADOS

Este apartado presenta los hallazgos obtenidos a partir de la encuesta aplicada a profesionales del sector petrolero, en el marco del análisis sobre la incorporación de tecnologías de automatización e inteligencia artificial (IA) en los procesos empresariales. Los resultados se organizan siguiendo el orden de los objetivos específicos definidos en esta investigación.

5.1 Perfil de los encuestados

La encuesta fue respondida por 41 personas del sector petrolero. La mayoría de los participantes se encuentra en el rango de edad de 35 a 44 años (34,2%), seguido por el grupo de menos de 25 años (21,1%). En cuanto al nivel educativo, más del 60% posee formación profesional y el resto cuenta con formación técnica o tecnológica.

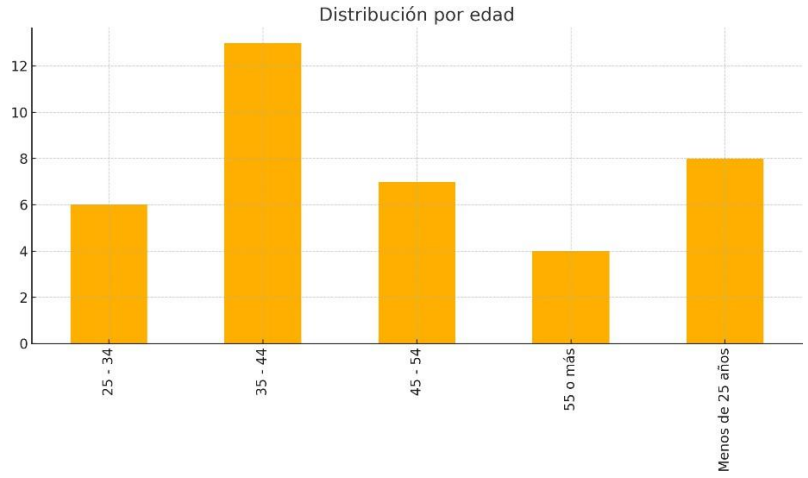

Figura 1 Perfil de los encuestados

Respecto al cargo, predominan los roles técnico-administrativos (43.9%) y profesionales/analistas (36.6%), y la mayoría se desempeña en áreas de Tecnología/IT, operaciones y mantenimiento.

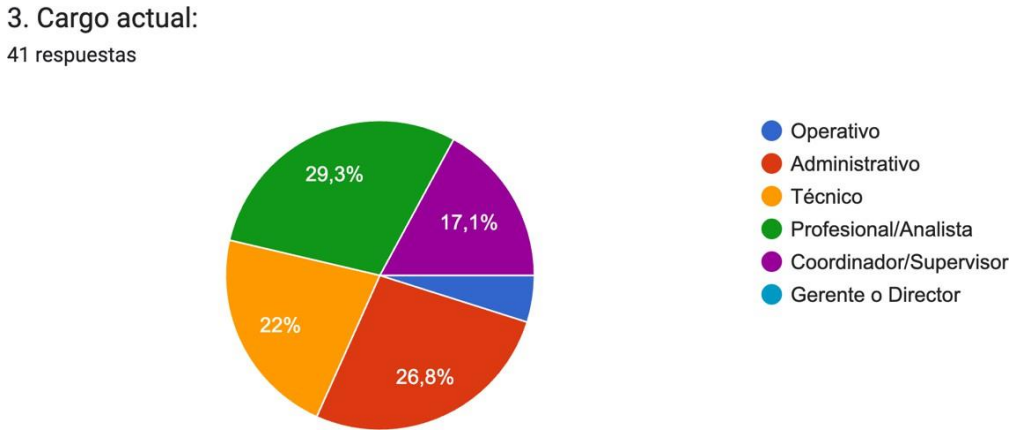

Figura 2 Cargo actual

Respecto al nivel educativo más del 70% cuenta con un nivel profesional o superior dentro del mismo campo petrolero pero en su mayoria áreas tecnologicas.

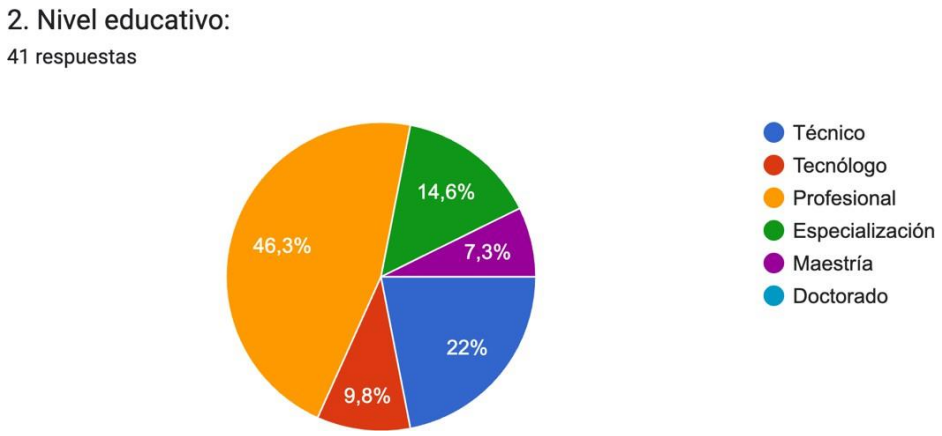

Figura 3 Nivel educativo

5.2 Participación y experiencia en automatización

El 53,7% de los encuestados ha tenido experiencia previa en proyectos de automatización.

El 46,3% indicó no haber participado aún en iniciativas de este tipo, lo cual sugiere un área de oportunidad para expansión en la implementación.

Figura 4 Participación en procesos de automatización

Familiaridad y uso de tecnologías

En cuanto al nivel de familiaridad con la transformación digital:

70.7% se considera “algo familiarizado”.

Solo un 14.6% afirmó estar “muy familiarizado”, lo cual indica la necesidad de reforzar procesos de capacitación.

Figura 5 Familiarización transformación digital

Las herramientas más conocidas o usadas por los encuestados se representan en el top 4 que se muestra a continuación, evidenciando que la más conocida de todas es la inteligencia artificial con un 63,4% superando la mitad de la población encuestada, seguido del Machine Learning con un 24% lo cual indica que también una población importante está familiarizada con esta tecnología, sin embargo el % de población que afirma no conocer ninguna es una cuarta parte de la población por ende es importante reforzar la capacitación y sensibilización en nuevas tecnologías desde las empresas.

Inteligencia Artificial.	63%

Machine Learning	24%
No conozco ninguna.	19%
Microsoft Power Automate	14%

Tabla 1 Resultados del instrumento

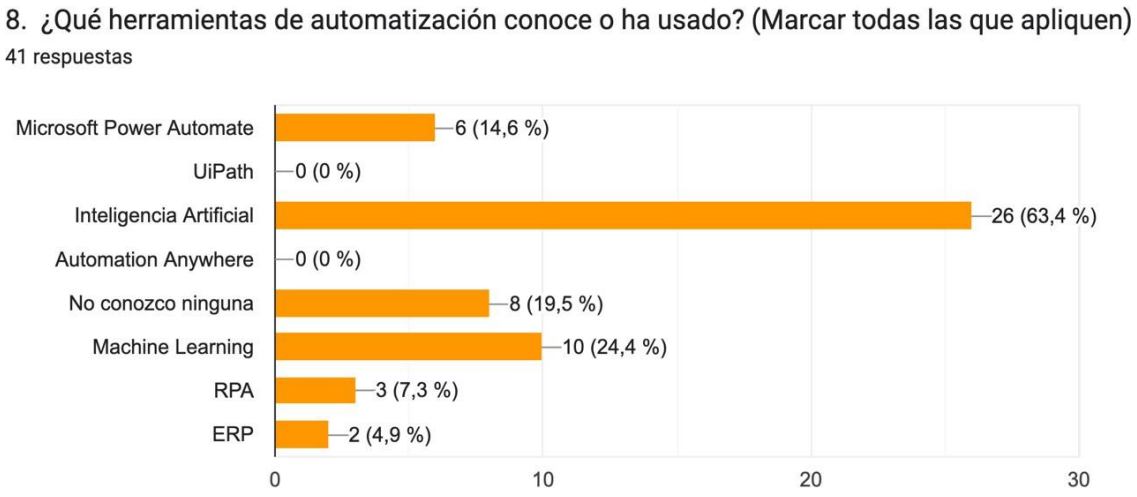

Figura 6 Resultados pregunta Familiaridad y experiencia con automatización

5.3 Percepción de uso en las empresas

70.7% considera que su empresa usa de forma efectiva o parcial la automatización.

29.3% respondió que no o no lo sabe, lo que refleja una posible desconexión entre estrategia tecnológica y comunicación interna.

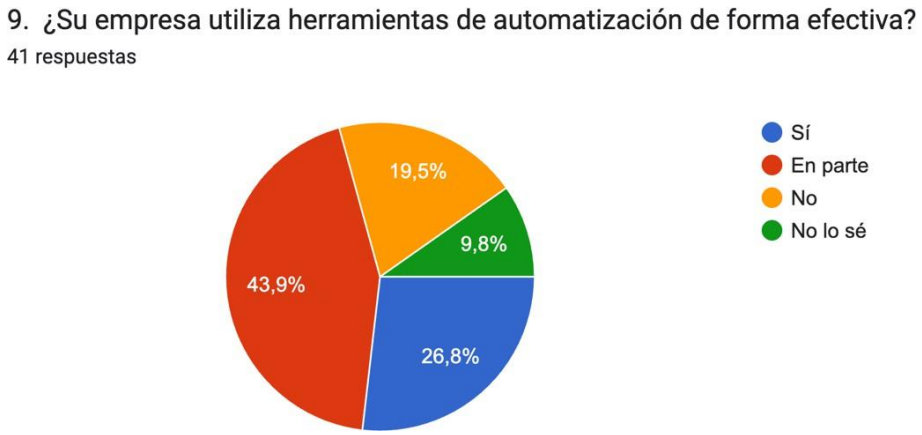

Figura 7 Automatización en su empresa

Áreas con mayor potencial de automatización

Área	Porcentaje (%)
Servicio al cliente	61%
Recursos humanos	53.7%
Procesos administrativos	46.3%
Operaciones técnicas / campo	29.3%
Logística y cadena de suministro	19.5%

Tabla 2 Áreas identificadas con mayor potencial de eficiencia a través de automatización

Estos datos refuerzan que la automatización no solo tiene potencial en las áreas operativas, sino especialmente en las funciones de soporte y contacto con el cliente.

Obstáculos para la implementación

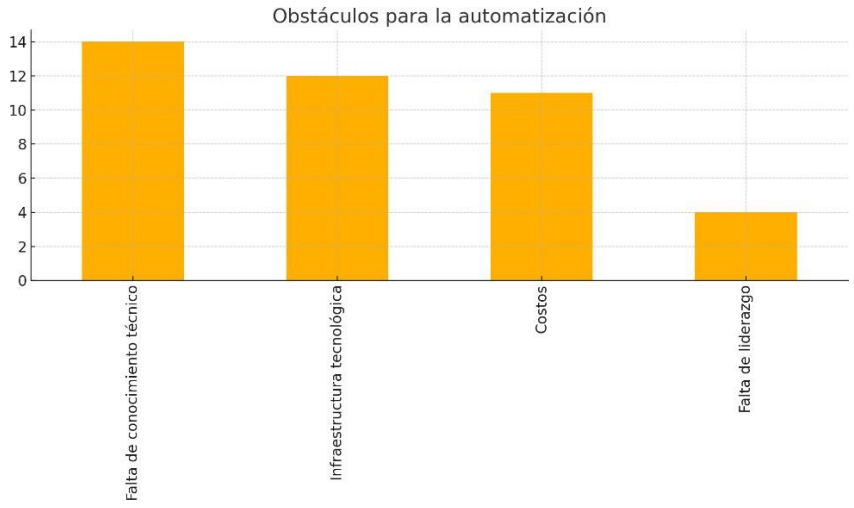

Figura 8 Obstáculos identificados

Obstáculo	Porcentaje (%)
Infraestructura tecnológica	34.1%
Costos	29.3%
Falta de conocimiento técnico	19.5%
Cultura organizacional	12.2%
Seguridad de la información	4.9%

Tabla 3 Principales obstáculos presentados

5.4 Los principales desafíos identificados

Están relacionados con la infraestructura y los costos, lo cual debe ser tenido en cuenta en futuras propuestas de adopción tecnológica, sin embargo la tendencia en la población encuestada asegura que el obstáculo más grande es la falta de conocimiento técnico, seguido de la infraestructura, costos y en último lugar la falta de liderazgo.

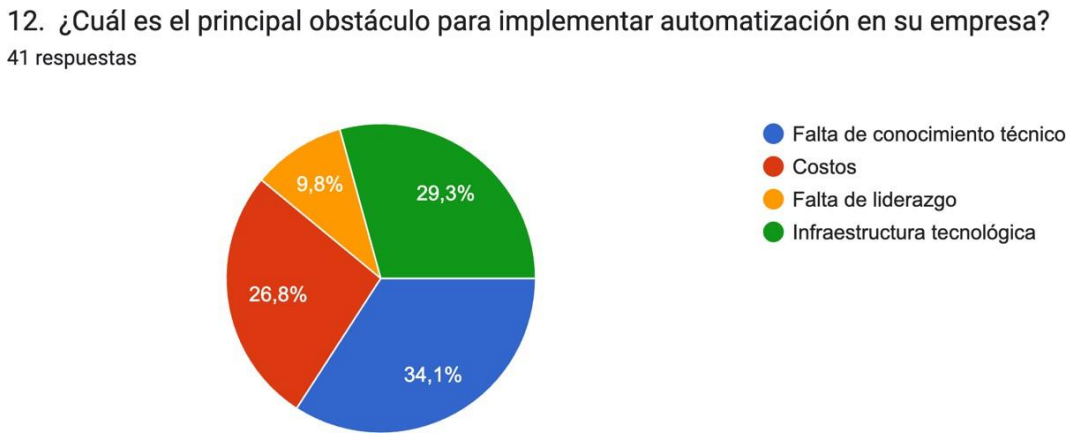

Figura 9 Principales obstáculos para implementar las automatizaciones

5.5 Interés en formación

87.8% de los encuestados manifestó interés o probable interés en recibir formación en IA y automatización.

Esto evidencia una disposición favorable del talento humano hacia la transformación digital.

Figura *10 Interés en formación*

5.6 Impacto percibido en eficiencia

En una escala de 1 a 5:

El promedio fue de 4.6, lo que indica una alta expectativa de mejora en la eficiencia a través de la automatización.

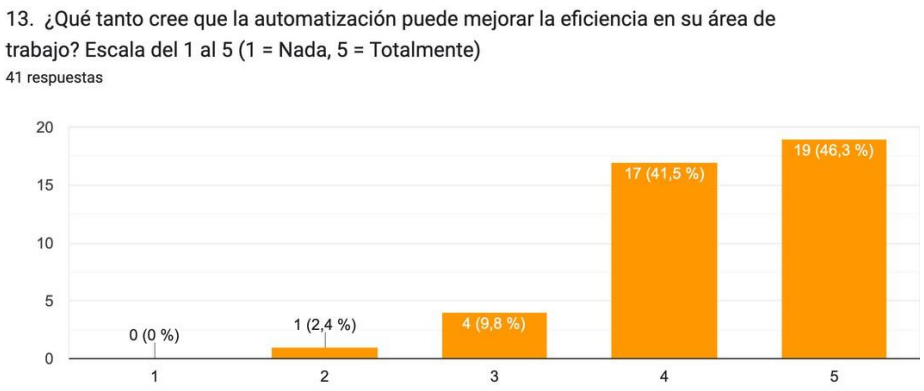

Figura 11 Percepciones sobre Automatización e IA en el Sector Petrolero

6. CONCLUSIONES

Alto nivel de interés y disposición para el cambio

Un 82.9% de los encuestados manifestó interés o probable interés en recibir formación en IA y automatización, lo cual indica una actitud abierta y positiva hacia la transformación digital dentro del sector. Esto representa una oportunidad valiosa para implementar programas de capacitación técnica que fortalezcan las competencias del talento humano.

Conocimiento parcial sobre tecnologías emergentes

Aunque más del 60% ha usado o conoce herramientas como Inteligencia Artificial, la familiaridad general con la transformación digital aún se encuentra en un nivel intermedio: la mayoría se considera "algo familiarizado". Esto sugiere que, aunque existe conciencia sobre el tema, aún hay espacio para fortalecer el conocimiento profundo y técnico sobre su aplicación práctica.

Áreas con mayor potencial de automatización

Los participantes identificaron que la automatización generaría mayor eficiencia en servicio al cliente, recursos humanos y procesos administrativos. Esto revela que las áreas de soporte y gestión, no solo las operativas, pueden ser altamente beneficiadas por la implementación tecnológica.

Percepción positiva del impacto de la automatización

En una escala del 1 al 5, el promedio de percepción sobre el impacto de la automatización en la eficiencia de sus áreas de trabajo fue de 4.6, lo cual demuestra una alta expectativa positiva en cuanto a su contribución al mejoramiento de procesos.

Principales obstáculos identificados

Las barreras más frecuentes para la implementación de automatización fueron:

- Infraestructura tecnológica insuficiente (34.1%)
- Altos costos (29.3%)
- Falta de conocimiento técnico (19.5%)

Estos resultados subrayan que, aunque existe motivación, las limitaciones estructurales y presupuestales siguen siendo un impedimento clave para escalar proyectos de automatización en muchas organizaciones.

Uso efectivo de automatización en las empresas

Un 80.5% considera que su empresa usa herramientas de automatización de forma efectiva, lo que indica que, al menos en percepción, hay avances en la adopción de estas tecnologías. Sin embargo, el 14.6% que respondió “no lo sé” sugiere que podría haber una brecha de comunicación o visibilidad entre las áreas estratégicas y operativas.

7. RECOMENDACIONES

Con base en las conclusiones anteriores, se plantean las siguientes recomendaciones para las organizaciones del sector petrolero que deseen avanzar hacia una transformación digital efectiva mediante tecnologías de automatización e inteligencia artificial:

Implementar programas de formación técnica:

Diseñar e impartir capacitaciones en IA, IoT, RPA y Machine Learning dirigidas a todos los niveles de la organización, fomentando el cierre de brechas de conocimiento y el empoderamiento digital.

Diseñar un plan estratégico de inversión tecnológica:

Priorizar áreas de alto impacto operativo y administrativo para la automatización, estableciendo fases de implementación con base en viabilidad técnica, financiera y organizacional.

Modernizar la infraestructura tecnológica:

Evaluar y actualizar los sistemas de información, redes de comunicación y plataformas de gestión, asegurando la compatibilidad con soluciones inteligentes y su escalabilidad futura.

Promover una cultura digital organizacional:

Realizar campañas internas que comuniquen de forma clara los beneficios de la automatización, fomentando el cambio cultural y reduciendo la resistencia por parte del personal.

Desarrollar pilotos tecnológicos medibles:

Implementar pruebas piloto con indicadores de desempeño (KPIs) claros, que permitan evaluar los beneficios de la automatización antes de su implementación masiva.

Fomentar el liderazgo en transformación digital:

Establecer comités o líderes internos que promuevan y acompañen los procesos de automatización, garantizando su alineación con los objetivos estratégicos de la organización.

8. DISCUSIÓN

La automatización inteligente basada en tecnologías de IoT e Inteligencia Artificial ha demostrado ser una vía prometedora para mejorar la eficiencia operativa en el sector petrolero colombiano, tal como lo confirman los hallazgos obtenidos en esta investigación. A partir del análisis de las percepciones de profesionales del sector, se evidencian tanto avances como desafíos estructurales que condicionan la adopción tecnológica en este contexto.

Uno de los aspectos más relevantes identificados es la alta disposición del talento humano para formarse y participar en procesos de automatización. Este hallazgo es coherente con los marcos teóricos y antecedentes revisados, que destacan la importancia del capital humano como habilitador clave para la transformación digital (Botello, 2015; Avecillas, 2018). Sin embargo, también se manifiesta una familiaridad parcial con las herramientas tecnológicas, lo cual sugiere que las iniciativas de transformación no han sido suficientemente acompañadas por estrategias de capacitación integrales.

Adicionalmente, los resultados muestran que las áreas de mayor potencial para automatización no se concentran exclusivamente en procesos operativos, sino que incluyen funciones administrativas como recursos humanos, servicio al cliente y gestión documental. Esta perspectiva amplia del impacto de la automatización es consistente con estudios recientes aplicados en otros sectores industriales (Muñoz & Restrepo, 2024), lo que refuerza la validez de los hallazgos y su aplicabilidad más allá del sector petrolero.

En contraste, la investigación también evidencia una brecha importante entre la percepción de uso efectivo de herramientas de automatización y el conocimiento que tienen los empleados sobre su aplicación en sus empresas. Este desfase podría estar relacionado con una falta de comunicación organizacional o una implementación fragmentada y poco integrada de las tecnologías, como lo sugieren informes de Deloitte (2022) y Accenture (2020).

En cuanto a los obstáculos para la implementación tecnológica, la falta de infraestructura y el desconocimiento técnico fueron señalados como barreras prioritarias. Estos hallazgos coinciden con los planteamientos del MinTIC (2022) sobre los desafíos de transformación digital en Colombia, especialmente en sectores tradicionalmente resistentes al cambio como el energético y petrolero.

Es importante resaltar que, pese a estos desafíos, la percepción sobre el impacto de la automatización en la eficiencia fue ampliamente positiva, con una calificación promedio de 4.6 sobre 5. Esto sugiere que existe una expectativa optimista respecto al potencial transformador de estas tecnologías, lo cual constituye una ventana de oportunidad para que las organizaciones inviertan en su adopción sistemática y estratégica.

Finalmente, la discusión de los resultados reafirma la hipótesis planteada en este estudio: la implementación de herramientas de automatización inteligente basadas en IoT e IA puede contribuir significativamente a la mejora de la eficiencia de los procesos empresariales en una compañía del sector petrolero. No obstante, para que este impacto se materialice de forma sostenible, será necesario acompañar la transformación tecnológica con estrategias organizacionales, culturales y de formación robustas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Accenture. (2020). Accelerating Digital Reinvention in Energy.

Acevedo Argüello, C., Zabala Vargas, S., Rojas Mesa, J., & Guayán Perdomo, O. (2020). Análisis de Redes Sociales como estrategia para estudiar los Sistemas de Innovación. Revisión sistemática de la literatura. Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía, 13(2), 369-402. https://doi.org/10.15332/s1657-107X

Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2023). Informe de Gestión 2023. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). *Understanding the Internet of Things: Definition, potentials, and societal role of a fast-evolving paradigm*. *Ad Hoc Networks, 56*, 122–140. https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.12.004

Avecillas, D. (2018). *Las TIC como estrategia de innovación empresarial en empresas ecuatorianas*. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (234). https://www.eumed.net/rev/oel/2018/07/tic-empresas-ecuador.html

Avecillas Danny, A. S. (2018). *La influencia de la Implementación de las Tecnologías de la Información en la Productividad de Empresas de Servicios*. Scielo, 1-35.

Bernal, C. A. (2016). *Cómo elaborar un anteproyecto de investigación científica*. Pearson Educación.

Botello, A. (2015). *El papel de las TIC en la innovación de procesos empresariales*. Revista Digital Universitaria, 16(8), 1–15. https://www.revista.unam.mx/vol.16/num8/art76/

Botello Alberto, P. A. (2015). *Análisis empresarial de la influencia de las TIC en el Desempeño de las empresas de servicios en Colombia*. Católica del Norte, 1–15.

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2019). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (14.ª ed.). McGraw-Hill.

Córdova Suárez, M. A., et al. (2025). *Inteligencia artificial: solución de problemas de producción de campo en pozos petroleros con bombas sumergibles*. *METANOIA: Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 11(1), 87–97.

Deloitte. (2022). *Intelligent Automation in Oil and Gas: The Path to Value Realization*.

Drucker, P. F. (2014). *El Ejecutivo Eficaz*. Penguin Random House Grupo Editorial Argentina.

Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of Business Process Management* (2nd ed.). Springer.

Franco, E. (2019). *Impacto de las TIC en la eficiencia de los procesos administrativos en Colombia*. Revista Colombiana de Tecnologías, 24(3), 45–58.

García, M., & Torres, L. (2022). *Transformación digital e inteligencia artificial en la industria extractiva*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería.

Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Apress.

Gómez, L., & Martínez, J. (2021). *Evaluación de estrategias de automatización en el sector extractivo colombiano*. *Ingeniería e Innovación, 9*(2), 77–89.

Groover, M. P. (2016). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (4th ed.). Pearson.

International Energy Agency (IEA). (2024). *Oil 2024 – Analysis and Forecast to 2029*.

International Organization for Standardization. (2021). *Software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Automated source code quality measures (ISO/IEC 5055:2021)*. https://www.iso.org/standard/80623.html

International Organization for Standardization. (2022). *Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements (ISO/IEC 27001:2022)*. https://www.iso.org/standard/82875.html

Jaimes-Quintanilla, M. A., & Zabala-Vargas, S. (2024). Inteligencia artificial en la gestión de proyectos: Caso construcción y obra civil. *European Public & Social Innovation Review*, *9*, 1-21. https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1615

Kellton. (2021). *Intelligent Process Automation: A game-changer for the oil and gas industry*.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2018). *A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems*. *Manufacturing Letters, 3*, 18–23. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001

Malone, T. W., & Scott Morton, M. S. (1992). *Computers, Cognition, and Work: A New Agenda for Management*. Oxford University Press.

María, A. F. (2016). *Gestión de la innovación tecnológica mediante el análisis de la información de patentes*. *Negotium*, 42–68.

Mayenberger, C. (2009). *La innovación tecnológica y su impacto en los sistemas productivos*. *Revista Iberoamericana de Ciencia y Tecnología*, 15(2), 63–72.

Montes, A. (2025, 21 de febrero). *Robots en el sector petrolero*. IA Colombia. https://ia-colombia.co/robots-en-el-sector-petrolero/

Moreno, C. (2023). *Transformación digital y automatización en el sector minero colombiano*. *Revista de Gestión Industrial*, 11(1), 34–47.

Muñoz, P., & Restrepo, D. (2024). *Implementación de IoT en la logística administrativa de Ecopetrol*. *Revista Colombiana de Tecnología Empresarial*, 17(1), 22–35.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2021). *Tecnologías emergentes y su impacto en el trabajo en el sector extractivo*. https://www.ilo.org

Porter, M. E. (2004). *Ventaja competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Grupo Editorial Patria.

PwC. (2020). *Digital operations study: Oil & Gas 4.0*. https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/oil-gas.html

PwC. (2021). *Digital transformation in oil and gas: A blueprint for the future*.

Ramírez de la Cruz, R. (2024). *Estudio de la aplicación de técnicas de inteligencia artificial en la optimización de procesos en la industria petrolera*. Tesis de Grado, UNAM.

Rodríguez, F., & Buitrago, J. (2023). *Evaluación de madurez digital en empresas petroleras de Bogotá*. *Revista de Innovación Empresarial*, 10(3), 65–79.

Rodríguez, M., García, H., & Torres, A. (2020). *Aplicaciones de IoT en la automatización energética en México*. *Revista Mexicana de Ingeniería*, 26(4), 101–115.

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.

Striedinger Meléndez, M. (2018). *La transformación digital y los nuevos canales de interacción con el cliente*. *Revista Innovar Journal*, 28(70), 89–101.

Striedinger Meléndez, M. P. (2018). *El Marketing digital transforma la gestión de Pymes en Colombia*. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 14(27). https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v14i27.265

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press.

Xu, X., Xu, L. D., & Li, L. (2018). *Industry 4.0: State of the art and future trends*. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806

Zabala-Vargas, S., Álvarez-Pizarro, Y., Sánchez-Galvis, I., & Rubio-Vásquez, K. (2024). Blockchain-Based Strategy to Optimize Certified Notifications from Government Entities. Administrative Sciences, 14(9). https://doi.org/10.3390/admsci14090195

Zabala-Vargas, S., & Jaimes-Quintanilla, M. (2025). Tecnologías 4.0 (IOT y ciencia de datos) orientada a optimizar la gestión de proyectos de construcción. European Public & Social Innovation Review, 10, 1-21. https://epsir.net/index.php/epsir/article/view/1621

Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M., & Ramírez-Martínez, D. (2024). PROJECT- BASED LEARNING AND EMERGING TECHNOLOGIES. A STRATEGY TO IMPROVE ACADEMIC PERFORMANCE IN THE TRAINING OF PROJECT MANAGERS. 18th International Technology, Education and Development Conference, 5642-5646. https://doi.org/10.21125/inted.2024.1469

Zabala-Vargas, S., Jiménez-Barrera, M., Vargas-Sanchez, L., & Jaimes-Quintanilla,

M. (2023). Big data in construction project management: The Colombian northeast case. Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems, 1, 3476-3483.
https://doi.org/0.1201/9781003323020

NORMAS LEGALES, REFERENCIAS

Congreso de Colombia. (2009). *Ley 1341 de 2009*, por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las TIC. *Diario Oficial No. 47.426*.

Congreso de Colombia. (2019). *Ley 1978 de 2019*, por la cual se moderniza el sector de las TIC en Colombia. *Diario Oficial No. 51.024*.

Organización Internacional de Normalización. (2013). *ISO/IEC 27001:2013 Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements*.

Organización Internacional de Normalización. (2021). *ISO/IEC 5055:2021 Software engineering – Software quality measurement – Automated source code quality measures*.

Presidencia de la República de Colombia. (1991). *Decreto 393 de 1991*, por el cual se dictan normas sobre asociación para actividades científicas y tecnológicas. Recuperado de https://www.funcionpublica.gov.co

Presidencia de la República de Colombia. (1991). *Decreto 591 de 1991*, por el cual se regulan las modalidades específicas de contratos de fomento a la investigación. Recuperado de https://www.funcionpublica.gov.co

ANEXOS

Anexo A:

Cuestionario aplicado a los participantes.

- ***Encuesta sobre Automatización e Inteligencia Artificial en Procesos Empresariales (respuestas)***

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1875H95HxWmlmQxLIWh30Xnvgmq9o-MN0PLTsGfSn-lo/edit?usp=sharing