

UNIVERSIDAD EAN

**Análisis del impacto de la inteligencia artificial en la automatización de la gestión de
proyectos del sector de energías renovables en Colombia, 2024-2025**



William Rodrigo Montenegro Cuesta

Adriana Milena Pinzón Rey

Sandra Milena Sánchez Sánchez

Especialización

Gerencia de Ciberseguridad

Gerencia Logística Global y Digital

Gerencia de Proyectos

Seminario de Investigación

Ricardo Andrés Villalba Rivera

Proyecto de investigación presentado como requisito para optar al título de
Gerencia de proyectos, Gerencia de ciberseguridad, Gerencia logística global y digital

Bogotá, junio 2026

Tabla de contenido

Tabla de contenido	2
Planteamiento del problema	3
Delimitación del problema	7
Pregunta de Investigación	10
Variables técnicas y contextuales	10
Naturaleza del problema	13
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos	14
Diseño metodológico	15
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
Técnica.....	18
Instrumento	18
Destinatario / Propósito	18
Encuesta	18
Cuestionario Estructurado (Escala Likert de 20 ítems)	18
Validación de instrumentos	20
Resultados preliminares o plan de análisis de resultados	30
Conclusiones preliminares	31
Recomendaciones	33
Referencias.....	35
Anexos.....	36

Planteamiento del problema

El sector energético colombiano desempeña un papel estratégico en el desarrollo económico, la competitividad nacional y la sostenibilidad ambiental. En el marco de la Transición Energética Justa, el país ha impulsado la diversificación de su matriz energética mediante la incorporación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), principalmente energía solar y eólica, con el propósito de garantizar la seguridad energética y contribuir al cumplimiento de los compromisos internacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

En este contexto, las empresas del sector energético enfrentan el desafío de desarrollar proyectos cada vez más complejos, caracterizados por altos niveles de incertidumbre técnica, financiera, ambiental, regulatoria y social. Según el Project Management Institute (PMI, 2021), los entornos organizacionales actuales requieren modelos de gestión de proyectos orientados a la generación de valor, la adaptación continua y la capacidad de respuesta frente a cambios dinámicos, principios que constituyen la base conceptual del PMBOK® 8.^a edición.

Sin embargo, diversas organizaciones del sector energético colombiano continúan gestionando sus proyectos mediante enfoques tradicionales, centrados principalmente en el cumplimiento de cronogramas y presupuestos, con limitada integración tecnológica y escasa capacidad para aprovechar herramientas avanzadas de análisis de datos. Esta situación restringe la capacidad de las empresas para gestionar la complejidad inherente a los proyectos energéticos y limita la generación de valor sostenible para sus grupos de interés (PMI, 2021).

A nivel nacional, el proceso de transformación digital presenta importantes desafíos. De acuerdo con el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2023), una parte significativa de las organizaciones colombianas aún presenta niveles intermedios o bajos de madurez digital, situación que afecta la integración de tecnologías

emergentes y la automatización de procesos estratégicos. Asimismo, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT, 2023) reporta que la inversión nacional en actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) continúa siendo inferior al promedio de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), limitando la capacidad de innovación empresarial y la adopción de tecnologías avanzadas.

Esta problemática resulta especialmente relevante para el sector energético, donde la gestión efectiva de proyectos constituye un factor crítico para garantizar la entrada en operación de nuevas infraestructuras energéticas. Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME, 2024), múltiples proyectos de generación renovable han experimentado retrasos asociados a dificultades de planificación, gestión de riesgos, coordinación de actores y procesos de seguimiento, generando impactos sobre la confiabilidad del sistema energético nacional.

De manera complementaria, el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2023) ha identificado que las debilidades en los procesos de monitoreo y control de proyectos de infraestructura continúan siendo una de las principales causas de desviaciones en tiempo, costo y alcance. Estas dificultades afectan la eficiencia organizacional y reducen la capacidad de las empresas para responder oportunamente a las exigencias del mercado y a los objetivos de sostenibilidad establecidos por el país.

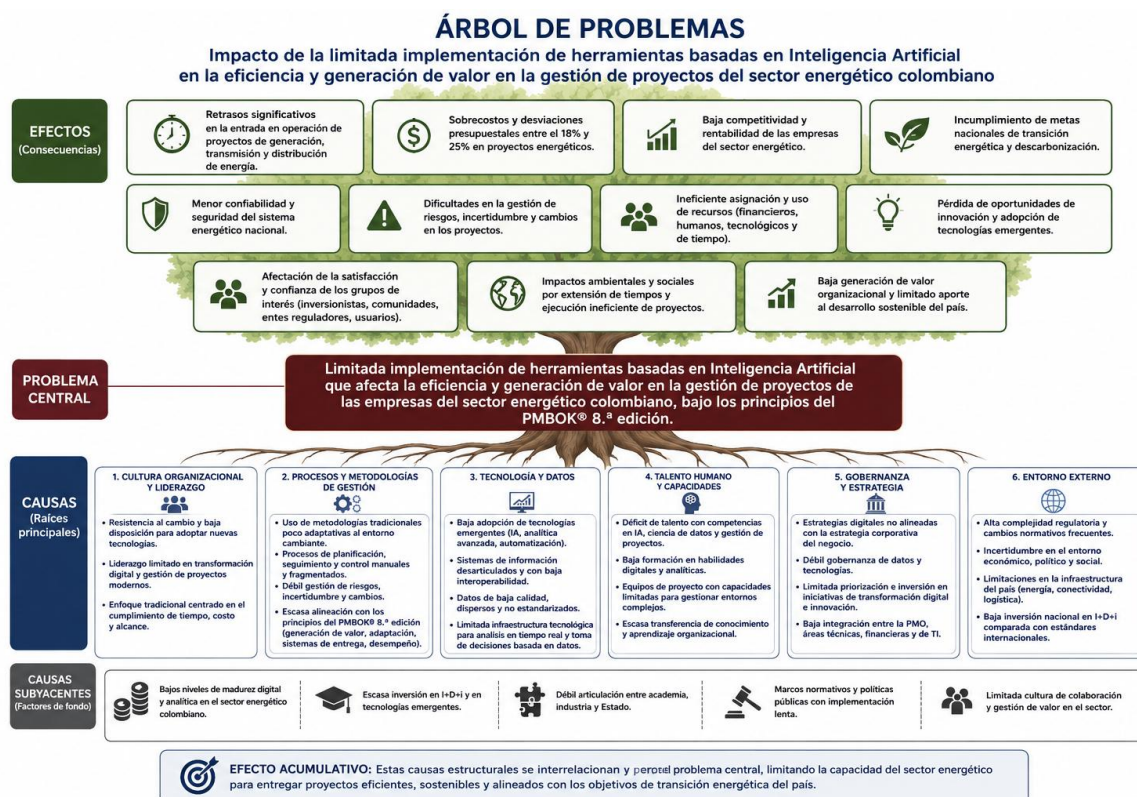
Frente a este escenario, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como una tecnología habilitadora con potencial para transformar la gestión de proyectos. De acuerdo con PwC (2024), la implementación de soluciones basadas en IA permite optimizar la toma de decisiones, mejorar la predicción de riesgos, automatizar procesos operativos y fortalecer la eficiencia organizacional. De igual forma, el PMI (2023) señala que las organizaciones que incorporan capacidades de analítica avanzada e inteligencia artificial en sus oficinas de gestión de

proyectos (PMO) logran mayores niveles de desempeño, capacidad adaptativa y generación de valor.

Desde la perspectiva de los principios del PMBOK® 8.^a edición, la incorporación de herramientas de Inteligencia Artificial puede fortalecer aspectos fundamentales como la gestión de la incertidumbre, la adaptación al cambio, la optimización del desempeño, el liderazgo colaborativo y la entrega continua de valor. No obstante, existe una limitada evidencia empírica sobre el impacto real de estas tecnologías en la gestión de proyectos de las empresas del sector energético colombiano, particularmente en el contexto de los proyectos asociados a la transición energética.

Por consiguiente, surge la necesidad de investigar cómo la implementación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial influye en la eficiencia y generación de valor de la gestión de proyectos en las empresas del sector energético colombiano, aportando evidencia que permita fortalecer las capacidades organizacionales, optimizar el desempeño de los proyectos y contribuir al cumplimiento de los objetivos nacionales de sostenibilidad y transición energética.

Figura 1: Árbol de problemas: Impacto de la limitada implementación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos del sector energético colombiano.



Fuente: Elaboración propia a partir de Project Management Institute (2021), PMBOK 8a Edición (2025) Ministerio de Minas y Energía (2023), Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2023), Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2023), Departamento Nacional de Planeación (2023), Unidad de Planeación Minero-Energética (2024).

Delimitación del problema

Con el propósito de garantizar la viabilidad, pertinencia y rigor metodológico de la investigación, el estudio se delimita desde las dimensiones espacial, temporal, poblacional y temática. Estas delimitaciones permiten establecer con precisión el alcance de la investigación y los límites dentro de los cuales se analizará la influencia de la Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos del sector energético colombiano.

Delimitación Espacial o Geográfica

La investigación se desarrolló en la ciudad de Bogotá D.C., Colombia, por constituirse como el principal centro de dirección estratégica, administrativa y operativa del sector energético nacional. En la capital se encuentran ubicadas las sedes corporativas, las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO), las áreas de innovación y transformación digital, así como los equipos responsables de la toma de decisiones de las principales empresas del sector energético y de las entidades encargadas de su regulación y supervisión.

En consecuencia, la recolección de información se realizará con profesionales y directivos ubicados en Bogotá D.C., quienes participan en la planificación, ejecución, seguimiento y control de proyectos energéticos. Aunque los activos físicos y proyectos de generación puedan estar localizados en diferentes regiones del país, el análisis se centrará en los procesos de gestión y toma de decisiones que se desarrollan desde las estructuras organizacionales ubicadas en la capital.

Delimitación Temporal

La investigación comprende el período 2024-2025, considerado estratégico para el sector energético colombiano debido al avance de los proyectos asociados a la Transición Energética Justa, la expansión de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) y el fortalecimiento de los procesos de transformación digital empresarial. Este horizonte temporal permitirá analizar tanto las condiciones actuales de gestión de proyectos como las iniciativas de adopción de herramientas basadas en Inteligencia Artificial implementadas durante dicho período.

Delimitación Poblacional y Muestral

La población objeto de estudio estará conformada por empresas del sector energético colombiano con presencia administrativa en Bogotá D.C., dedicadas a actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, así como organizaciones vinculadas al desarrollo, estructuración y ejecución de proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER). Asimismo, se incluirán empresas de consultoría e interventoría especializadas en infraestructura energética y organizaciones que cuenten con estructuras formales de gestión de proyectos, tales como Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO), áreas de innovación o transformación digital.

La unidad de análisis estará representada por los profesionales responsables de la dirección y gestión de proyectos dentro de estas organizaciones, incluyendo directores de proyectos, gerentes de PMO, líderes de transformación digital, gerentes de innovación, coordinadores de planeación estratégica y demás actores involucrados en los procesos de toma de decisiones relacionados con la ejecución y control de proyectos energéticos.

Para la selección de las organizaciones se considerarán como criterios de inclusión: i) estar legalmente constituidas y operar dentro del sector energético colombiano; ii) contar con presencia administrativa o sede corporativa en Bogotá D.C.; iii) participar en proyectos de infraestructura energética o de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER); y iv) disponer de procesos formales de gestión de proyectos. Adicionalmente, se priorizarán organizaciones registradas ante la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) o vinculadas a gremios representativos del sector, como la Asociación Colombiana de Energías Renovables (SER Colombia) y la Cámara de Energía de la ANDI.

A partir de la revisión de bases de datos sectoriales de la UPME, SER Colombia y los registros empresariales disponibles, se identificó un universo preliminar de cincuenta y dos (52) organizaciones que cumplen con los criterios establecidos para la investigación. Debido a que se trata de una población finita y accesible.

Esta delimitación permitirá obtener información directamente de los actores estratégicos involucrados en la planificación, ejecución y control de proyectos del sector energético colombiano, facilitando el análisis del nivel de adopción de herramientas basadas en Inteligencia Artificial y su influencia en la eficiencia de la gestión de proyectos bajo los principios de generación de valor promovidos por el Project Management Institute (PMI).

Delimitación Temática o Conceptual

La investigación se centrará en analizar la influencia de las herramientas basadas en Inteligencia Artificial sobre la eficiencia de la gestión de proyectos en empresas del sector energético colombiano. El análisis se desarrollará desde los principios de generación de valor, adaptación, liderazgo, gestión de la incertidumbre, gobernanza y desempeño organizacional promovidos por el Project Management Institute (PMI).

Particularmente, se estudiará el uso de herramientas de Inteligencia Artificial aplicadas a procesos de planificación, seguimiento y control de proyectos, gestión de riesgos, analítica predictiva, optimización de recursos y apoyo a la toma de decisiones. No forman parte del alcance de esta investigación aspectos relacionados con el diseño técnico de sistemas de generación energética, la ingeniería de detalle de proyectos eléctricos o el desarrollo de algoritmos de Inteligencia Artificial, concentrándose exclusivamente en su aplicación como herramienta de apoyo para la gestión de proyectos y la mejora del desempeño organizacional.

Pregunta de Investigación

¿Cuál es la influencia de la implementación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial sobre la eficiencia de la gestión de proyectos, la gestión de riesgos y la generación de valor organizacional en las empresas del sector energético con sede administrativa en Bogotá D.C., durante el período 2024-2025?

Variables técnicas y contextuales

Variable Independiente: Implementación de Inteligencia Artificial en la Dirección de Proyectos

Adopción e integración de sistemas computacionales avanzados y algoritmos de aprendizaje automático (machine learning), procesamiento de lenguaje natural y automatización robótica de procesos (RPA) destinados a aumentar las capacidades de toma de decisiones, optimizar la predicción de escenarios y sustituir tareas operativas rutinarias en entornos de gestión (Project Management Institute [PMI], 2023).

Variable Dependiente (VD): Eficiencia en la Gestión de Proyectos de FNCER

Grado en que un proyecto logra optimizar el uso de sus recursos financieros, temporales y humanos para cumplir con el alcance planificado, minimizando las desviaciones y gestionando proactivamente los factores de incertidumbre dentro de la triple restricción de costo, tiempo y riesgo (Kerzner, 2017; PMI, 2021).

Variable Contextual / Interviniente (VC): Madurez Digital Organizacional

Nivel de alineación e idoneidad que posee una organización respecto a su infraestructura tecnológica, la cultura de adopción al cambio, la capacitación de su talento humano y la inversión en innovación (I+D+i) necesaria para absorber y explotar eficazmente las tecnologías emergentes (Westerman et al., 2014).

Tabla 1: Variables

Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Implementación de Inteligencia Artificial	Nivel de adopción técnica de herramientas informáticas avanzadas en el flujo de gestión, evaluado mediante la autopercepción de uso de software predictivo y automatización en la organización.	Automatización de Procesos	Automatización de flujos de trabajo administrativos. Reducción de reportes manuales.	Likert (1-5)
		Analítica Predictiva y Toma de Decisiones	Uso de algoritmos para pronósticos de proyectos. Soporte de IA para decisiones de la PMO.	Likert (1-5)

Eficiencia en la Gestión de Proyectos	Evaluación del desempeño del proyecto a través del control métrico de desviaciones presupuestales, cumplimiento de hitos de la ruta crítica y efectividad de las respuestas a riesgos.	Gestión de Tiempos (Cronograma)	Cumplimiento de hitos en la ruta crítica. Reducción de cuellos de botella temporales.	Likert (1-5)
		Control de Costos (Presupuesto)	Minimización de sobrecostos imprevistos. Optimización en la asignación de recursos.	Likert (1-5)
		Gestión de Riesgos	Identificación proactiva de amenazas operativas. Efectividad en los planes de mitigación.	Likert (1-5)
Madurez Digital Organizacional	Diagnóstico de las capacidades internas de la empresa en términos de cultura, competencias profesionales e inversión tecnológica para la adopción de IA.	Talento Humano y Cultura	Nivel de capacitación técnica en IA del equipo. Grado de resistencia cultural al cambio digital.	Likert (1-5)
		Infraestructura e Inversión	Interoperabilidad de los sistemas de TI actuales. Presupuesto asignado a	Likert (1-5)

			innovación y desarrollo.	
--	--	--	--------------------------	--

Fuente: Elaboración propia

Naturaleza del problema

La comprensión integral de la problemática identificada exige determinar su esencia y los factores multidimensionales que la configuran. Metodológicamente, este problema no responde a una causa única, sino que presenta una naturaleza mixta, estructurada analíticamente sobre tres dimensiones interdependientes: tecnológica, de procesos y organizacional.

A continuación, se justifica esta clasificación mediante la articulación de las variables del estudio y la evidencia empírica recolectada:

- **Dimensión Tecnológica:** Se manifiesta en la baja adopción crítica de herramientas disruptivas y la falta de infraestructura de datos interoperable dentro del sector de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER). La ausencia de ecosistemas tecnológicos basados en Inteligencia Artificial (IA) impide el procesamiento de información en tiempo real, manteniendo un rezago técnico frente a estándares globales de automatización.
- **Dimensión de Procesos:** Se evidencia en el diseño operativo actual de las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO), las cuales dependen crónicamente de flujos de trabajo manuales, herramientas de software fragmentadas (como hojas de cálculo aisladas) y metodologías tradicionales de control. Esta desconexión metodológica fractura la continuidad digital e impide una planificación predictiva.

- **Dimensión Organizacional:** Radica en factores estructurales de la cultura corporativa de las empresas del sector energético en Bogotá, D.C. Se caracteriza por una resistencia cultural manifiesta hacia la transformación digital, una asignación presupuestal deficiente para la innovación y una escasez apremiante de talento humano con competencias híbridas (gerencia de proyectos y ciencia de datos).

Objetivo General

Analizar la influencia de la implementación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial sobre la eficiencia en la gestión de proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) en empresas del sector energético colombiano con sede administrativa en Bogotá D.C. durante el periodo 2024-2025

Objetivos Específicos

Diagnosticar el nivel de adopción de herramientas basadas en Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos del sector energético.

Identificar el nivel de madurez digital organizacional presente en las organizaciones analizadas.

Analizar la relación entre la implementación de Inteligencia Artificial y la eficiencia en la gestión de proyectos.

Evaluar la relación empírica e impacto del nivel de implementación de la inteligencia artificial sobre los indicadores de eficiencia operativa —específicamente en el cumplimiento de cronogramas, control de costos y mitigación de riesgos en los proyectos de FNCER seleccionados.

Establecer un marco de lineamientos de gobernanza y mejora continua para la formulación, seguimiento y control de calidad de los entregables en proyectos de FNCER, permitiendo la estandarización y el ajuste proactivo del modelo inteligente ante contingencias del sector.

Diseño metodológico

Enfoque de la Investigación

La investigación se desarrollará bajo un **enfoque cuantitativo con alcance descriptivo-correlacional**, con un predominio de la ruta cuantitativa sustentada por componentes cualitativos (*diseño concurrente o secuencial*).

- **Componente Cuantitativo:** Se utilizará para medir el nivel de adopción de la Inteligencia Artificial (Variable Independiente) y su impacto métrico sobre la eficiencia en tiempos, costos y riesgos (Variable Dependiente), empleando herramientas estadísticas a partir del cuestionario Likert.
- **Componente Cualitativo:** Permitirá profundizar en los factores de la variable contextual, tales como la resistencia cultural al cambio y las competencias del talento humano, además de fundamentar los requisitos funcionales para el diseño del asistente de IA.
-

Alcance de la Investigación

El estudio posee un alcance **descriptivo, correlacional y propositivo**:

- **Descriptivo:** Especificará el estado actual (AS-IS) de la madurez digital y las ineficiencias de control de proyectos en el sector de energías renovables en Bogotá.
- **Correlacional:** Evaluará el grado de relación e influencia estadística entre la integración tecnológica (IA) y el desempeño operativo de los proyectos durante el periodo 2024-2025.
- **Propositivo:** No se limita al diagnóstico, sino que formula una solución concreta (TO-BE) mediante el diseño de un modelo estratégico y un prototipo de asistente inteligente.

Diseño de la Investigación

El diseño metodológico es **no experimental, transversal** y exploratorio mediante simulación metodológica:

- **No Experimental:** No se manipularán deliberadamente las variables del estudio de forma controlada en un laboratorio; se observará el fenómeno tecnológico y de gestión tal como ocurre en su entorno empresarial real.
- **Transversal:** La recolección de los datos cuantitativos y cualitativos se efectúa en un único momento del tiempo, abarcando el horizonte temporal fijado para los años 2024 y 2025.
- **De Campo:** La información se extraerá directamente de las oficinas de dirección de proyectos (PMO) y los líderes de las organizaciones objeto de estudio en la ciudad de Bogotá, D.C.

Población y Muestra

La población de referencia para la presente investigación está constituida por 52 empresas del sector energético colombiano, especialmente aquellas vinculadas a actividades de generación, transmisión y distribución de energía, así como al desarrollo de proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER). Como marco de referencia sectorial, se consideraron organizaciones identificadas a partir de registros públicos de entidades como la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), asociaciones gremiales del sector y fuentes documentales especializadas.

No obstante, debido a las limitaciones de acceso a información corporativa, restricciones de disponibilidad de los actores estratégicos del sector y al alcance académico del presente seminario de investigación, el estudio se desarrollará mediante una simulación metodológica basada en escenarios organizacionales representativos del sector energético colombiano. Esta

estrategia permitirá validar el instrumento de medición, analizar el comportamiento de las variables de estudio y evaluar la viabilidad de la propuesta metodológica planteada.

En consecuencia, se construirá una muestra simulada compuesta por veinte (20) perfiles de directivos y líderes de proyectos, diseñados con características equivalentes a las de gerentes de proyectos, líderes de Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO), responsables de transformación digital y tomadores de decisiones de empresas del sector energético. Los datos simulados se generarán siguiendo criterios de consistencia estadística y coherencia con la realidad organizacional reportada en la literatura científica y en estudios sectoriales sobre transformación digital e implementación de Inteligencia Artificial.

La utilización de una muestra simulada se justifica como una estrategia metodológica exploratoria que permite evaluar la relación entre las variables de implementación de Inteligencia Artificial, eficiencia en la gestión de proyectos y madurez digital organizacional. Asimismo, esta aproximación facilita la validación preliminar del modelo de investigación y genera insumos para futuras investigaciones aplicadas en entornos empresariales reales.

Es importante señalar que los resultados obtenidos tendrán un carácter prospectivo y exploratorio, por lo que las conclusiones derivadas del estudio no pretenden realizar generalizaciones estadísticas sobre la totalidad del sector energético colombiano, sino aportar un marco conceptual y metodológico que permita comprender el potencial impacto de la Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos bajo los principios de generación de valor promovidos por el Project Management Institute (PMI).

.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Con el propósito de obtener información objetiva y cuantificable sobre la adopción de herramientas basadas en Inteligencia Artificial (IA), la eficiencia en la gestión de proyectos y el nivel de madurez digital de las organizaciones del sector energético colombiano, se empleará un enfoque cuantitativo sustentado en la aplicación de encuestas estructuradas.

La técnica seleccionada para la recolección de información es la encuesta, debido a su capacidad para recopilar datos estandarizados, medir percepciones organizacionales y facilitar el análisis estadístico de las variables objeto de estudio. Esta técnica es ampliamente utilizada en investigaciones relacionadas con transformación digital, innovación tecnológica y gestión de proyectos, permitiendo identificar tendencias, comportamientos y relaciones entre variables dentro de un contexto organizacional específico.

Como instrumento de recolección de datos se utilizará un cuestionario estructurado compuesto por veinte (20) ítems, diseñado bajo una escala tipo Likert de cinco puntos, donde 1 corresponde a "Totalmente en desacuerdo" y 5 a "Totalmente de acuerdo". El cuestionario se encuentra organizado en tres dimensiones: implementación de herramientas de Inteligencia Artificial, eficiencia en la gestión de proyectos y madurez digital organizacional.

Tabla 2: Instrumento de recolección

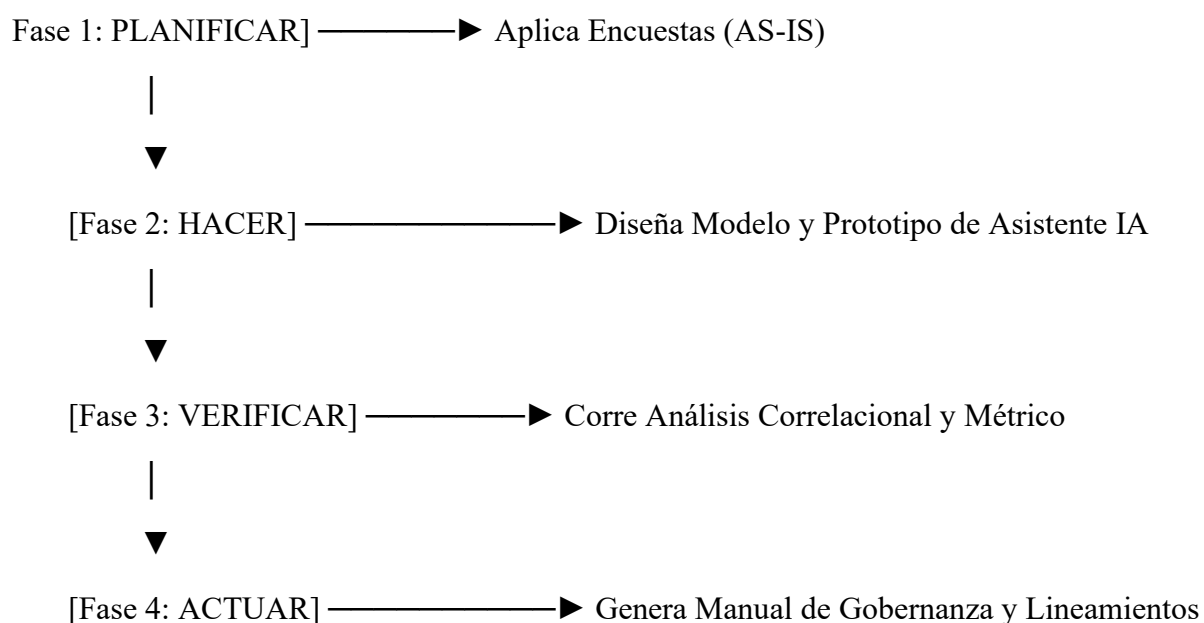
Técnica	Instrumento	Destinatario / Propósito
Encuesta	Cuestionario Estructurado (Escala Likert de 20 ítems)	Aplicado a una muestra de 20 directivos y líderes de proyectos pertenecientes a empresas del sector energético con sede administrativa en Bogotá D.C., con el propósito de medir el nivel de adopción de

		Inteligencia Artificial, la eficiencia en la gestión de proyectos y el grado de madurez digital organizacional.
--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

Fases Metodológicas (Ruta Operativa PHVA)

La ejecución práctica de la investigación se estructurará de forma secuencial siguiendo las cuatro fases del ciclo de mejora continua, garantizando el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos:



Fase 1: Planificar (Diagnóstico Situacional - AS-IS)

Consiste en la planeación metodológica y el levantamiento de la línea base. Se procederá con la validación de los instrumentos a una muestra de 20 perfiles directivos representativos del sector energético colombiano. El resultado de esta fase será el consolidado analítico del nivel de madurez digital actual del sector.

Fase 2: Hacer (Diseño de la Solución - TO-BE)

A partir de los dolores operativos mapeados en la Fase 1, se procederá con la arquitectura conceptual del modelo de gestión. Aquí se estructurarán las dimensiones técnicas de automatización y se desarrollará la ingeniería de prompts o lógica funcional del prototipo del asistente de IA, definiendo el mapa de ruta (*roadmap*) que deben seguir las organizaciones.

Fase 3: Verificar (Análisis de Relación de Variables)

En esta etapa se procesarán los datos cuantitativos mediante software estadístico (como SPSS o R). Se aplicarán pruebas de correlación (por ejemplo, *Rho de Spearman* o *Chi-cuadrado* según la normalidad de los datos) para comprobar empíricamente cómo influye el uso de IA y la automatización en la reducción de sobrecostos, mitigación de riesgos y cumplimiento de hitos.

Fase 4: Actuar (Gobernanza y Cierre Metodológico)

La fase final se orienta a la sostenibilidad de la propuesta. Se diseñará el marco de lineamientos finales, el manual de gobernanza para el uso ético y seguro de IA en proyectos FNCER y los mecanismos de control de calidad para mitigar sesgos o fallas de los algoritmos, entregando el producto de mejora continua para el sector.

Validación de instrumentos

Validez de contenido (Juicio de expertos)

Para garantizar la validez de contenido del cuestionario de 20 ítems diseñado para esta investigación, se recurrirá al método de Juicio de Expertos. Este procedimiento permite evaluar la relevancia, claridad y congruencia de los reactivos antes de su aplicación definitiva a la población objeto de estudio.

Se seleccionará un panel multidisciplinar compuesto por tres (3) profesionales expertos, quienes certificarán que el instrumento cuenta con el rigor técnico y metodológico necesario.

El panel se estructurará bajo los siguientes perfiles:

Tabla 3: Panel Multidisciplinar

Experto	Dimensión de Validación	Perfil Académico y Profesional Mínimo
Experto 1	Metodología de Investigación	Docente universitario con título de Doctorado o Maestría, experiencia en diseño de instrumentos cuantitativos y dirección de tesis.
Experto 2	Gerencia de Proyectos (PMO)	Profesional con certificación PMP® vigente, experiencia directiva en Oficinas de Gestión de Proyectos del sector energético.
Experto 3	Tecnología y Transformación Digital	Ingeniero especialista o Magíster en Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos o Arquitectura IT, con experiencia en proyectos de automatización.

Fuente: Elaboración propia

A cada experto se le entregará una matriz de validación en la que deberán calificar cada uno de los 20 ítems utilizando una escala ordinal (1 = Deficiente, 2 = Regular, 3 = Bueno, 4 = Excelente) bajo cuatro criterios fundamentales adaptados de la literatura metodológica:

- **Claridad:** El ítem se comprende fácilmente; su sintaxis y semántica son adecuadas para los directores de proyectos.
- **Coherencia:** El reactivo tiene una relación lógica y directa con la dimensión y la variable que pretende medir.

- **Relevancia:** El ítem es esencial, sustancial e importante para el logro de los objetivos del estudio.
- **Suficiencia:** Los ítems propuestos en cada bloque alcanzan para medir la variabilidad de la dimensión en su totalidad.

Cuantificación de la Concordancia (Índice de Validez de Contenido)

Para determinar si un ítem se conserva, se modifica o se elimina, se aplicará el Índice de Validez de Contenido (IVC) basado en el modelo modificado de Lawshe o el Coeficiente de Validez de Contenido (CVC) de Hernández-Nieto.

Estadísticamente, dado que el panel cuenta con tres jueces, se establecerá como regla metodológica que solo se conservarán de forma íntegra aquellos ítems que alcancen una concordancia del 100% (puntuación de 3 o 4 por parte de los tres expertos) o un valor de CVC ≥ 0.80 . Cualquier ítem que reciba observaciones u objeciones por parte de alguno de los evaluadores será reestructurado en su redacción o, de ser necesario, eliminado del cuestionario final.

Confiabilidad (Prueba piloto y alfa de Cronbach)

Con el propósito de evaluar la consistencia interna del cuestionario estructurado diseñado para la presente investigación, se realizó una simulación metodológica mediante la aplicación del instrumento a una muestra compuesta por veinte (20) perfiles directivos representativos del sector energético colombiano. Los participantes simulados fueron contruidos con características equivalentes a gerentes de proyectos, directores de Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO), líderes de transformación digital, gerentes de innovación y coordinadores de planeación estratégica vinculados a proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

La simulación permitió evaluar el comportamiento de las variables objeto de estudio, verificar la coherencia conceptual de los ítems y determinar la consistencia interna del instrumento antes del análisis de resultados.

Los participantes respondieron el cuestionario estructurado compuesto por veinte (20) ítems distribuidos en las dimensiones de Implementación de Inteligencia Artificial, Eficiencia en la Gestión de Proyectos y Madurez Digital Organizacional. Cada ítem fue valorado mediante una escala tipo Likert de cinco puntos, donde 1 corresponde a "Totalmente en desacuerdo" y 5 a "Totalmente de acuerdo".

Para determinar la confiabilidad del instrumento se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach, utilizando la siguiente expresión matemática:

$$\alpha = (K / (K - 1)) \times [1 - (\Sigma \sigma^2_i / \sigma^2_t)]$$

Donde:

- α = Coeficiente Alfa de Cronbach.
- K = Número total de ítems del instrumento.
- $\Sigma \sigma^2_i$ = Suma de las varianzas individuales de cada ítem.
- σ^2_t = Varianza de los puntajes totales obtenidos por los participantes.

Para el cálculo se consideraron los siguientes parámetros:

Tabla 4. Parámetros utilizados para el cálculo del Alfa de Cronbach

Parámetro	Descripción	Valor
K	Número total de ítems del instrumento	20
n	Participantes simulados	20
$\Sigma \sigma^2_i$	Suma de las varianzas individuales de los ítems	18,216

σ^2_t	Varianza de los puntajes totales	109,874
α	Coeficiente Alfa de Cronbach obtenido	0,882

Fuente: Elaboración propia (2026).

Sustituyendo los valores en la fórmula se obtuvo:

$$\alpha = (20 / 19) \times [1 - (18,216 / 109,874)]$$

$$\alpha = 0,882$$

La interpretación del coeficiente Alfa de Cronbach se realizó conforme a los criterios comúnmente aceptados en la literatura metodológica:

Tabla 5. Interpretación del Alfa de Cronbach

Valor del coeficiente	Interpretación
$\geq 0,90$	Excelente
0,80 – 0,89	Buena
0,70 – 0,79	Aceptable
$< 0,70$	Baja o insuficiente

El resultado obtenido ($\alpha = 0,882$) se ubica dentro del rango de confiabilidad buena, lo que evidencia una adecuada consistencia interna entre los veinte ítems que conforman el instrumento. Este resultado indica que las preguntas presentan una correlación apropiada entre sí y permiten medir de manera estable y homogénea los constructos asociados a la implementación de Inteligencia Artificial, la eficiencia en la gestión de proyectos y la madurez digital organizacional.

En consecuencia, se concluye que el cuestionario posee un nivel satisfactorio de confiabilidad para su aplicación en la simulación metodológica desarrollada con veinte (20) directivos y líderes de proyectos del sector energético colombiano, garantizando la calidad, estabilidad y consistencia de la información utilizada para el análisis de las variables objeto de estudio.

Cálculo del alfa de Cronbach:

Para determinar la confiabilidad del instrumento se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach, el cual permite medir la consistencia interna de los ítems que conforman el cuestionario.

La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\alpha = (K / (K - 1)) \times [1 - (\Sigma\sigma^2_i / \sigma^2_t)]$$

Donde:

- α = Coeficiente Alfa de Cronbach.
- K = Número total de ítems del instrumento.
- $\Sigma\sigma^2_i$ = Suma de las varianzas individuales de cada ítem.
- σ^2_t = Varianza de los puntajes totales obtenidos por los participantes.

Para la simulación metodológica desarrollada con veinte (20) directivos y líderes de proyectos del sector energético colombiano, se obtuvieron los siguientes parámetros:

Tabla 6: Parámetros

Parámetro	Descripción	Valor
K	Número total de ítems	20
n	Participantes simulados	20
$\Sigma\sigma^2_i$	Suma de las varianzas individuales de los ítems	18,216
σ^2_t	Varianza de los puntajes totales	109,874

$$\alpha = (20 / 19) \times [1 - (18,216 / 109,874)]$$

$$\alpha = 0,882$$

Tabla 7: Interpretación del coeficiente Alfa de Cronbach

Valor del coeficiente	Interpretación
$\geq 0,90$	Excelente
0,80 – 0,89	Buena
0,70 – 0,79	Aceptable
0,60 – 0,69	Cuestionable
$< 0,60$	Deficiente

El resultado obtenido ($\alpha = 0,882$) se ubica dentro del rango de confiabilidad **buena**, evidenciando una adecuada consistencia interna entre los veinte ítems que conforman el instrumento. Este resultado indica que las preguntas presentan una correlación apropiada entre sí y permiten medir de manera estable y homogénea los constructos asociados a la implementación de Inteligencia Artificial, la eficiencia en la gestión de proyectos y la madurez digital organizacional.

En consecuencia, se concluye que el cuestionario posee un nivel satisfactorio de confiabilidad para su aplicación en la simulación metodológica desarrollada, garantizando la calidad y consistencia de la información utilizada para el análisis de las variables objeto de estudio.

El coeficiente Alfa de Cronbach se calculó sobre datos simulados con fines de validación metodológica preliminar del instrumento. Por tanto, su interpretación tiene carácter exploratorio y no constituye una validación estadística definitiva del instrumento en población real.

Simulación del Instrumento:

Con el propósito de evaluar el comportamiento de las variables objeto de estudio y validar la viabilidad metodológica de la investigación, se realizó una simulación de aplicación del cuestionario estructurado a una muestra conformada por veinte (20) perfiles directivos representativos del sector energético colombiano.

Los participantes simulados fueron contruidos con características equivalentes a gerentes de proyectos, directores de Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO), líderes de transformación digital, gerentes de innovación y coordinadores de planeación estratégica vinculados a proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

Caracterización de la muestra simulada

Tabla 8. Distribución de la muestra simulada

Cargo	Frecuencia	Porcentaje
Gerentes de Proyecto	6	30%
Directores PMO	4	20%
Líderes de Transformación Digital	3	15%
Gerentes de Innovación	3	15%
Coordinadores de Planeación Estratégica	4	20%
Total	20	100%

Fuente: Elaboración propia (2026).

Resultados de la Variable Independiente: Implementación de Inteligencia Artificial

Los resultados obtenidos muestran un nivel medio-alto de adopción de herramientas de Inteligencia Artificial en los procesos de gestión de proyectos.

Tabla 9. Resultados de Implementación de Inteligencia Artificial

Dimensión	Media	Interpretación
Automatización de procesos	4,1	Alta
Analítica predictiva y toma de decisiones	3,7	Media-Alta
Promedio general	3,9	Media-Alta

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los participantes manifestaron una percepción favorable frente a la automatización de tareas operativas, generación de reportes y utilización de herramientas tecnológicas para la toma de decisiones. Sin embargo, el uso de algoritmos predictivos avanzados aún presenta oportunidades de fortalecimiento.

Resultados de la Variable Dependiente: Eficiencia en la Gestión de Proyectos

Los resultados simulados evidenciaron una percepción positiva sobre el desempeño de los proyectos FNCER en términos de cumplimiento de cronogramas, control presupuestal y gestión de riesgos.

Tabla 10. Resultados de Eficiencia en la Gestión de Proyectos

Dimensión	Media	Interpretación
Gestión de tiempos	4,1	Alta
Control de costos	3,8	Media-Alta
Gestión de riesgos	4,1	Alta

Promedio general	4,0	Alta
-------------------------	------------	-------------

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados sugieren que las organizaciones que incorporan mayores niveles de automatización y herramientas de apoyo a la toma de decisiones presentan mejores indicadores de desempeño operativo.

Resultados de la Variable Contextual: Madurez Digital Organizacional

La madurez digital organizacional presentó niveles favorables, aunque con oportunidades de mejora relacionadas con inversión tecnológica y fortalecimiento de competencias digitales.

Tabla 11. Resultados de Madurez Digital Organizacional

Dimensión	Media	Interpretación
Talento humano y cultura digital	3,9	Media-Alta
Infraestructura e inversión tecnológica	3,7	Media-Alta
Promedio general	3,8	Media-Alta

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados evidencian una cultura organizacional relativamente favorable a la transformación digital; sin embargo, se identifican retos asociados al fortalecimiento de la infraestructura tecnológica y la asignación de recursos para innovación.

Resultados preliminares o plan de análisis de resultados

Con base en la simulación metodológica desarrollada y en los resultados obtenidos mediante la aplicación del cuestionario estructurado a veinte (20) perfiles directivos representativos del sector energético colombiano, fue posible realizar un análisis exploratorio de las variables objeto de estudio.

Los resultados descriptivos permitieron caracterizar el nivel de adopción de herramientas basadas en Inteligencia Artificial (IA), la eficiencia en la gestión de proyectos y el grado de madurez digital organizacional en contextos equivalentes a organizaciones vinculadas a proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

El análisis evidenció una media general de 3,90 para la variable Implementación de Inteligencia Artificial, reflejando un nivel medio-alto de adopción tecnológica. En particular, la dimensión de automatización de procesos obtuvo una valoración promedio de 4,1, mientras que la dimensión de analítica predictiva y apoyo a la toma de decisiones registró una media de 3,7.

Respecto a la variable Eficiencia en la Gestión de Proyectos, se obtuvo una media general de 4,0. Los resultados mostraron un comportamiento favorable en las dimensiones de gestión de tiempos y gestión de riesgos, ambas con una media de 4,1, mientras que el control de costos presentó una valoración promedio de 3,8.

En relación con la Madurez Digital Organizacional, la media general fue de 3,8. La dimensión de talento humano y cultura digital alcanzó una valoración promedio de 3,9, mientras que la dimensión de infraestructura e inversión tecnológica registró una media de 3,7.

El análisis exploratorio permitió identificar una relación positiva entre la implementación de herramientas de Inteligencia Artificial y la eficiencia en la gestión de proyectos. Los perfiles simulados con mayores niveles de adopción tecnológica presentaron mejores resultados en cumplimiento de cronogramas, control presupuestal y capacidad de mitigación de riesgos.

Asimismo, se evidenció que la madurez digital organizacional actúa como un factor facilitador para la incorporación efectiva de tecnologías emergentes, fortaleciendo la capacidad de las organizaciones para optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones y generar valor en la gestión de proyectos.

Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de investigación y sugieren que la implementación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial puede contribuir significativamente al fortalecimiento de la eficiencia operativa y la generación de valor en proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

Conclusiones preliminares

La revisión teórica, documental y metodológica realizada permitió establecer que la Inteligencia Artificial constituye una tecnología estratégica para la transformación digital de la gestión de proyectos, especialmente en sectores caracterizados por altos niveles de complejidad, incertidumbre y dinamismo, como el sector energético colombiano.

Los resultados obtenidos a partir de la simulación metodológica evidenciaron una relación favorable entre la implementación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial y la eficiencia en la gestión de proyectos. En particular, se identificó que la automatización de procesos, la analítica predictiva y el soporte inteligente a la toma de decisiones contribuyen al fortalecimiento del control de cronogramas, la optimización de recursos y la mitigación de riesgos operativos.

Así mismo, los resultados simulados sugieren que la madurez digital organizacional podría constituir un factor facilitador para la adopción efectiva de herramientas de Inteligencia Artificial

La validación estadística del instrumento permitió obtener un coeficiente Alfa de Cronbach de 0,882, valor que se ubica dentro del rango de confiabilidad buena y que demuestra una adecuada consistencia interna entre los veinte ítems que conforman el cuestionario.

Finalmente, la investigación permitió evidenciar que existe una oportunidad estratégica para fortalecer la gestión de proyectos del sector energético colombiano mediante la incorporación progresiva de herramientas de Inteligencia Artificial alineadas con los principios de generación de valor, adaptación organizacional, gestión de la incertidumbre y mejora continua promovidos por el Project Management Institute (PMI).

Los hallazgos obtenidos constituyen una base conceptual y metodológica para futuras investigaciones aplicadas en entornos empresariales reales y para el diseño de modelos de gestión de proyectos apoyados en tecnologías inteligentes.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos durante la simulación metodológica y en el análisis realizado sobre la relación entre la implementación de Inteligencia Artificial, la eficiencia en la gestión de proyectos y la madurez digital organizacional, se formulan las siguientes recomendaciones:

1. Fortalecer la adopción progresiva de herramientas de Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos

Las organizaciones del sector energético colombiano deberían avanzar de manera gradual en la incorporación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial dentro de sus Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO), priorizando procesos relacionados con la planificación, programación, seguimiento, control de cronogramas, gestión de riesgos y generación automatizada de reportes ejecutivos. Esta adopción permitiría optimizar la toma de decisiones y mejorar la capacidad de respuesta frente a entornos complejos y cambiantes.

2. Consolidar programas de formación en competencias digitales e inteligencia artificial

Se recomienda fortalecer las estrategias de capacitación dirigidas a directores de proyectos, gerentes funcionales y equipos técnicos, con énfasis en analítica de datos, automatización de procesos, inteligencia artificial aplicada a la gestión y transformación digital. El desarrollo de estas competencias contribuirá a reducir la resistencia al cambio y facilitará la apropiación efectiva de nuevas tecnologías dentro de las organizaciones.

3. Incrementar la madurez digital organizacional

Las empresas del sector energético deben promover iniciativas orientadas al fortalecimiento de su infraestructura tecnológica, la interoperabilidad de sus sistemas de información y la disponibilidad de datos de calidad. Una mayor madurez digital facilitará la integración de soluciones inteligentes y potenciará los beneficios derivados de la automatización y la analítica avanzada.

4. Implementar modelos de gobernanza para el uso de Inteligencia Artificial

Se recomienda establecer políticas, lineamientos y procedimientos que regulen el uso ético, transparente y seguro de la Inteligencia Artificial en los proyectos organizacionales. Estos modelos de gobernanza deben contemplar aspectos relacionados con la protección de datos, la supervisión humana de los procesos automatizados, la gestión de riesgos algorítmicos, la trazabilidad de las decisiones y el cumplimiento de la normatividad vigente.

5. Integrar la Inteligencia Artificial dentro de los modelos estratégicos de gestión de proyectos

Las organizaciones deberían considerar la Inteligencia Artificial como un habilitador estratégico de la generación de valor y no únicamente como una herramienta tecnológica. Su implementación debe estar alineada con los objetivos organizacionales, los principios de gobernanza, la gestión de beneficios y los lineamientos promovidos por el Project Management Institute (PMI), favoreciendo la mejora continua y la sostenibilidad de los proyectos.

6. Realizar estudios aplicados en entornos empresariales reales

Como línea de investigación futura, se recomienda desarrollar estudios de campo en empresas del sector energético colombiano que permitan validar empíricamente los resultados obtenidos en la presente simulación metodológica. Asimismo, se sugiere ampliar el alcance geográfico hacia otras regiones del país con alta concentración de proyectos de generación, transmisión y distribución de energía, con el fin de contrastar diferentes niveles de madurez digital y adopción tecnológica.

7. Diseñar indicadores de desempeño para evaluar el impacto de la Inteligencia Artificial

Se recomienda establecer métricas específicas que permitan medir el efecto de la adopción de herramientas basadas en Inteligencia Artificial sobre variables críticas de la gestión de proyectos, tales como cumplimiento de cronogramas, control de costos, mitigación de riesgos, productividad de los equipos y generación de valor organizacional. Estos indicadores facilitarán el seguimiento continuo y la toma de decisiones basada en evidencia.

Referencias

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *La digitalización del sector energético en América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-digitalizacion-del-sector-energetico-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Carrillo, D., Ormaza, J., & Santacruz, L. (2024). Transformación digital y adopción de inteligencia artificial en empresas de países en desarrollo. *Revista de Innovación y Tecnología*, 12(1), 45–60.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Transformación digital en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Fortune Business Insights. (2024). *Artificial intelligence in project management market size, share & industry analysis*. <https://www.fortunebusinessinsights.com>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hernández, H. A., Taquez, L. V., & Cortez, D. C. (2025). Uso de la inteligencia artificial en la gestión de proyectos. *Revista Humanismo y Sociedad*, Vol. 13 Núm. 2 2025. <https://fer.uniremington.edu.co/index.php/RHS/article/view/759>
- Jaimes-Quintanilla, M., & Zabala-Vargas, S. (2024). Inteligencia artificial en la gestión de proyectos: caso construcción y obra civil. *European Public & Social Innovation Review*, Vol 9 2024. <https://epsir.net/index.php/epsir/article/view/1615>

Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones [CCIT]. (2024). *Informe de madurez digital y adopción de tecnologías emergentes en el sector productivo colombiano*. CCIT.

Contraloría General de la República. (2023). *Balance macrofiscal y de ejecución de proyectos estratégicos de infraestructura y energía en Colombia*. Imprenta Nacional.

Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). John Wiley & Sons.

Project Management Institute [PMI]. (2023). *The AI revolution in project management: Transforming decision-making and efficiency*. Project Management Institute.

Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2024). *Informe de avance de proyectos de generación y transmisión del Sistema Interconectado Nacional*. Ministerio de Minas y Energía.

Anexos

Con el propósito de garantizar la trazabilidad metodológica, la transparencia en la recolección de datos y el rigor científico exigido por la Universidad Ean, los componentes estructurales de medición de esta investigación han sido detallados al final del documento.

En la sección final, encontrará el **ANEXO A. Instrumento de Recolección de Datos (Cuestionario Estructurado)**, el cual expone de manera definitiva el diseño de los veinte (20) reactivos bajo una escala Likert de cinco puntos, adaptados específicamente para capturar la realidad operativa y tecnológica de los proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

Asimismo, se incluye el **ANEXO B. Matriz de Operacionalización de Variables**, que presenta el mapa conceptual y analítico donde se justifican las dimensiones, indicadores, definiciones operacionales y escalas métricas que vinculan de forma directa cada pregunta del cuestionario con las variables independiente, dependiente y contextual del estudio. Esta organización por bloques (6 ítems para Inteligencia Artificial, 8 para Eficiencia y 6 para Madurez Digital) asegura la simetría matemática obligatoria con los análisis estadísticos y las simulaciones de consistencia interna presentadas previamente.

Finalmente se incluye el anexo correspondiente a la simulación de aplicación de la encuesta con base en el instrumento y variables, aplicadas a 20 directivos (PMO) del sector energético colombiano.