



Título del trabajo de grado

Estrategias para la optimización en el control de la calidad de los materiales de construcción con tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos para proyectos de infraestructura vial en Bogotá.

Héctor Mauricio Junco Morales

Nirley Dayana González Alfonso

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Enero de 2026

# OPTIMIZACIÓN EN EL CONTROL DE LA CALIDAD CON IA Y BIG DATOS

Estrategias para la optimización en el control de la calidad de los materiales de construcción con tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos para proyectos de infraestructura vial en Bogotá.

Héctor Mauricio Junco Morales  
Nirley Dayana González Alfonso

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor(a)  
Sergio Andrés Zabala Vargas  
Doctor en Tecnología Educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Rectoría Virtual  
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos  
Enero de 2026

**Contenido**

Lista de tablas.....	5
Lista de figuras.....	6
Lista de anexos.....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	11
Introducción.....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1 Descripción del problema.....	16
1.2 La pregunta de investigación.....	19
1.3 Los objetivos de investigación.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Justificación de la investigación.....	20
2. MARCO DE REFERENCIA.....	23
2.1 Estado del arte.....	23
2.2 Marco Teórico.....	27
2.2.1 Inteligencia Artificial (IA) en la Construcción.....	27
2.2.2 Big Data y Ciencia de Datos en la Gestión de Calidad.....	28
2.2.3 Control de Calidad en la Construcción Vial.....	28
2.2.4 Gestión de proyectos con inteligencia artificial.....	29
2.2.5 Proyectos de construcción e interventorías.....	30
2.3 Marco Legal.....	30
3. METODOLOGÍA.....	33
3.1 Enfoque y alcance de la investigación.....	33
3.2 Población y muestra.....	35
3.2.1 Definición de la población.....	35
3.2.2 Cálculo y selección de la muestra.....	36
3.3 Instrumento(s).....	37

# OPTIMIZACIÓN EN EL CONTROL DE LA CALIDAD CON IA Y BIG DATOS

3.4	Descripción de procedimientos.....	39
3.4.1	Procedimiento para la encuesta estructurada.....	40
3.4.2	Procedimiento para la revisión documental .....	41
3.5	Análisis de información.....	42
3.6	Consideraciones éticas.....	66
3.6.1	Análisis de consideraciones éticas .....	66
3.6.2	Instrumentos de aceptación y autorización.....	67
4.	HIPÓTESIS .....	69
4.1	Las variables .....	69
4.1.1.	Variable(s) independiente(s).....	69
4.1.2.	Variable(s) dependiente(s).....	70
4.2	Planteamiento de hipótesis .....	70
5.	RESULTADOS.....	72
5.1.	Resultado y análisis del instrumento .....	72
5.1.1.	Revisión documental .....	73
5.1.2.	Aplicación de cuestionario .....	77
5.2.	Propuesta .....	98
5.3.	Discusión .....	105
6.	CONCLUSIONES .....	109
7.	Referencias.....	112
	Anexos .....	119

**Lista de tablas**

Tabla 1. Codificación de datos..... 44  
Tabla 2. Implementación de Tecnologías Emergentes en proyectos de infraestructura vial ..... 73

**Lista de figuras**

Figura 1. Resultados pregunta 11. Transformación digital .....	78
Figura 2. Resultados pregunta 12. Inversión en los últimos dos años .....	79
Figura 3. Resultados pregunta 13. Proyección de inversión a cinco años .....	80
Figura 4. Resultados pregunta 14. Uso de sistemas de información .....	81
Figura 5. Resultados pregunta 15. Digitalización de procesos comerciales y uso de datos.....	82
Figura 6. Resultados pregunta 16. Tecnologías utilizadas en la organización .....	83
Figura 7. Resultados pregunta 17. Máquinas y equipos inteligentes .....	84
Figura 8. Resultados pregunta 18. Tipo de actividad de la organización.....	85
Figura 9. Resultados pregunta 19. Proceso de producción de bienes o productos.....	86
Figura 10. Resultados pregunta 20. Prestación de servicios .....	87
Figura 11. Resultados pregunta 21. Comunicación interna entre áreas mediante sistemas de información .....	88
Figura 12. Resultados pregunta 22. Comunicación con clientes y proveedores mediante sistemas de información.....	89
Figura 13. Resultados pregunta 23. Uso de servicios en la nube .....	90
Figura 14. Resultados pregunta 24. Organización de la gestión de tecnologías de la información (TI) .....	91
Figura 15. Resultados pregunta 25. Nivel de cumplimiento tecnológico .....	91
Figura 16. Resultados pregunta 26. Seguridad de la información.....	92
Figura 17. Resultados pregunta 27. Registro de la información de los procesos.....	93
Figura 18. Resultados pregunta 28. Disponibilidad de personal responsable de la transformación digital.....	94
Figura 19. Resultados pregunta 29. Capacidades del personal frente a los requisitos de la Industria 4.0.....	95
Figura 20. Resultados pregunta 30. Adopción de sistemas inteligentes.....	95
Figura 21. Resultados pregunta 31. Ambición estratégica frente a la Industria 4.0.....	96
Figura 22. Resultados pregunta 32. Importancia de los habilitadores de la Industria 4.0.....	97

**Lista de anexos**

- Anexo 1. Encuesta de identificación de la tecnología emergente en la gestión de proyectos en el sector de la construcción en Colombia
- Anexo 2. Declaración inicial e información sobre Encuesta de nivel de madurez tecnológico

# OPTIMIZACIÓN EN EL CONTROL DE LA CALIDAD CON IA Y BIG DATOS

## Resumen

La investigación se orientó a analizar cómo tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA), el Big Data y la Ciencia de Datos pueden optimizar el control de calidad de los materiales empleados en proyectos de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá D.C. A partir de referentes teóricos y de estudios previos sobre la adopción de tecnológica en el sector de la construcción, se evidencia que estas herramientas permiten mejorar la gestión técnica mediante la automatización de procesos, la detección temprana de fallas, el análisis avanzado de datos y el fortalecimiento de la toma de decisiones.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque metodológico cuantitativo, mediante la aplicación de un cuestionario a organizaciones vinculadas a la construcción y supervisión de proyectos de infraestructura vial. Los resultados evidencian que el sector presenta un nivel medio de madurez digital, dado que el 33,33 % de las organizaciones manifestó contar con iniciativas de transformación digital promovidas desde la alta dirección; no obstante, estas se concentran principalmente en fases tempranas, clasificadas como “existencia de la iniciativa” (33,33 %) y “en desarrollo” (25,93 %). En contraste, solo el 18,52 % reporta encontrarse en fase de “implementación” y el 14,81 % en etapa de “acción”, lo que confirma una brecha significativa entre la formulación estratégica y la ejecución técnica.

Asimismo, aunque el 40,74 % de las organizaciones reconoce la relevancia del uso y análisis de la información y el 25,93 % identifica la necesidad de fortalecer la capacitación del talento humano, la adopción efectiva de tecnologías emergentes en los procesos operativos continúa siendo limitada. Esta situación es especialmente crítica en el control de calidad de los materiales, donde únicamente el 18,52 % de las organizaciones reporta el uso sistemático de herramientas

## OPTIMIZACIÓN EN EL CONTROL DE LA CALIDAD CON IA Y BIG DATOS

digitales avanzadas, lo que restringe el aprovechamiento de información trazable y en tiempo real para la toma de decisiones.

No obstante, los resultados reflejan una disposición favorable hacia la transformación digital, ya que el 59,26 % de las organizaciones manifestó su intención de incorporar tecnologías emergentes en el corto y mediano plazo, y el 96,30 % de los encuestados considera que el uso de información en tiempo real permitiría anticipar desviaciones, reducir reprocesos y mejorar el desempeño global de los proyectos de infraestructura vial.

Con un enfoque metodológico cuantitativo, investigaciones similares han empleado encuestas y revisión de bibliografía para evaluar el nivel de adopción de tecnológica en empresas dedicadas a la construcción y supervisión.

Teniendo en cuenta los proyectos de infraestructura vial en Bogotá, estas tecnologías pueden transformar el control de calidad mediante sistemas automatizados de verificación de materiales, análisis predictivo de fallas, trazabilidad digital, monitoreo continuo y modelos de aprendizaje automático que permitan identificar patrones, anomalías y desviaciones en tiempo real. Asimismo, el uso de Big Data facilita la consolidación de grandes volúmenes de información provenientes de ensayos, laboratorios, proveedores y obra, permitiendo diagnósticos más precisos y decisiones basadas en evidencia.

Los resultados evidencian que el sector presenta un nivel medio de madurez digital, caracterizado por avances más notorios en la formulación de estrategias de transformación digital que en la implementación efectiva de tecnologías emergentes en productos y servicios. Si bien una proporción significativa de las organizaciones manifiesta iniciativas en desarrollo o en ejecución a nivel estratégico, la adopción de tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data y

## OPTIMIZACIÓN EN EL CONTROL DE LA CALIDAD CON IA Y BIG DATOS

Ciencia de Datos en soluciones aplicadas aún es limitada y heterogénea. Se identifica una brecha clara entre la planificación corporativa y la ejecución técnica, reflejada en un mayor porcentaje de organizaciones sin integración tecnológica en comparación con aquellas sin estrategia digital definida. Este comportamiento sugiere que la transformación digital en el sector se aborda principalmente desde un enfoque directivo, sin una traducción sistemática en desarrollos tecnológicos concretos. En conjunto, los hallazgos indican que, aunque existe una intención creciente por avanzar hacia modelos digitales, persisten barreras estructurales que limitan la materialización de dichas estrategias en aplicaciones prácticas, especialmente en los procesos de control de calidad de materiales.

En conclusión, la integración de tecnologías emergentes en el control de la calidad de los materiales representa una oportunidad estratégica para elevar los estándares técnicos, reducir errores operativos, aumentar la eficiencia y mejorar la competitividad de los proyectos de infraestructura vial en Bogotá. Sin embargo, para lograr una implementación efectiva, es necesario fortalecer la capacitación tecnológica, promover una cultura organizacional orientada a la innovación y estructurar políticas internas que faciliten la adopción progresiva de estas tecnologías.

Palabras clave: Gestión de proyectos, Inteligencia artificial, Infraestructura vial, Tecnologías emergentes, Big data.

# OPTIMIZACIÓN EN EL CONTROL DE LA CALIDAD CON IA Y BIG DATOS

## **Abstract**

The research aimed to analyze how emerging technologies such as Artificial Intelligence (AI), Big Data, and Data Science can optimize the quality control of materials used in road infrastructure projects in the city of Bogotá D.C. Based on theoretical frameworks and previous studies on technological adoption in the construction sector, it is evident that these tools enable improvements in technical management through process automation, early detection of failures, advanced data analysis, and strengthened decision-making.

The study was conducted using a quantitative methodological approach through the application of a questionnaire to organizations involved in the construction and supervision of road infrastructure projects. The results show that the sector exhibits a medium level of digital maturity, as 33.33% of organizations reported having digital transformation initiatives promoted by senior management; however, these initiatives are mainly concentrated in early stages, classified as “initiative existence” (33.33%) and “under development” (25.93%). In contrast, only 18.52% report being in the “implementation” phase and 14.81% in the “action” stage, confirming a significant gap between strategic formulation and technical execution.

Likewise, although 40.74% of organizations recognize the relevance of data use and analysis and 25.93% identify the need to strengthen human talent training, the effective adoption of emerging technologies in operational processes remains limited. This situation is particularly critical in material quality control, where only 18.52% of organizations report the systematic use of advanced digital tools, which restricts the use of traceable and real-time information for decision-making.

## OPTIMIZACIÓN EN EL CONTROL DE LA CALIDAD CON IA Y BIG DATOS

Nevertheless, the results reflect a favorable disposition toward digital transformation, as 59.26% of organizations expressed their intention to incorporate emerging technologies in the short and medium term, and 96.30% of respondents consider that the use of real-time information would make it possible to anticipate deviations, reduce rework, and improve the overall performance of road infrastructure projects.

Using a quantitative methodological approach, similar studies have employed surveys and literature reviews to assess the level of technological adoption in companies engaged in construction and supervision activities.

Considering road infrastructure projects in Bogotá, these technologies can transform quality control through automated material verification systems, predictive failure analysis, digital traceability, continuous monitoring, and machine learning models that allow the identification of patterns, anomalies, and deviations in real time. Likewise, the use of Big Data facilitates the consolidation of large volumes of information from tests, laboratories, suppliers, and construction sites, enabling more accurate diagnostics and evidence-based decision-making.

The results indicate that the sector presents a medium level of digital maturity, characterized by more notable progress in the formulation of digital transformation strategies than in the effective implementation of emerging technologies in products and services. Although a significant proportion of organizations report initiatives under development or execution at a strategic level, the adoption of technologies such as Artificial Intelligence, Big Data, and Data Science in applied solutions remains limited and heterogeneous. A clear gap is identified between corporate planning and technical execution, reflected in a higher percentage of organizations without technological integration compared to those without a defined digital

## OPTIMIZACIÓN EN EL CONTROL DE LA CALIDAD CON IA Y BIG DATOS

strategy. This behavior suggests that digital transformation in the sector is addressed primarily from a managerial perspective, without systematic translation into concrete technological developments. Overall, the findings indicate that, although there is a growing intention to move toward digital models, structural barriers persist that limit the materialization of these strategies into practical applications, especially in material quality control processes.

In conclusion, the integration of emerging technologies into material quality control represents a strategic opportunity to raise technical standards, reduce operational errors, increase efficiency, and improve the competitiveness of road infrastructure projects in Bogotá. However, to achieve effective implementation, it is necessary to strengthen technological training, promote an organizational culture oriented toward innovation, and establish internal policies that facilitate the progressive adoption of these technologies.

Keywords: Project management, Artificial intelligence, Road infrastructure, Emerging technologies, Big data.

## **Introducción**

El control de calidad de los materiales en las obras de construcción es esencial para garantizar que las actividades cumplan con las normativas legales, garanticen la seguridad de las obras y se desarrollen dentro de los tiempos establecidos. Actualmente, los proyectos de construcción vienen presentando atrasos en su ejecución por diferentes factores, incluyendo la falta de habilidades, conocimientos y experiencia, la deficiencia en la supervisión de los trabajos y problemas de planeación (Mejía, Gutiérrez, Portilla & Medina, 2022). El control de la calidad se ha venido realizando mediante métodos de seguimiento tradicionales, sin embargo, aún se presentan deficiencias debido a la falta de verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas.

En la era digital, tecnologías como la Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos toman fuerza en diferentes sectores, incluyendo la industria de la construcción, teniendo en cuenta que permiten analizar un significativo número de datos en tiempo real, facilita su procesamiento y permite tomar decisiones basadas en datos y evidencias, rediseñando la forma en que se planifican, diseñan y ejecutan los proyectos, efectuando mejoras con el fin de incrementar la productividad, el desempeño y elevar la calidad de las infraestructuras (Zapata, 2024). Tal como se relaciona en la investigación de Jaimes y Zabala (2024), el sector de la construcción en Colombia ha venido realizando la implementación de tecnologías como la inteligencia artificial (Jaimes & Zabala, 2024), lo que muestra el interés por parte de las empresas constructoras en implementar dichas tecnologías, permitiendo tener una mayor predicción en la optimización de los procesos, una perspectiva significativa para la toma de decisiones y una reducción en los costos operativos.

Actualmente, estas tecnologías se han venido implementado en diferentes ámbitos de la construcción, marcando diferencias en el sector con respecto a la gestión de proyectos, permitiendo simplificar las tareas relacionadas con la asignación de recursos y en mejoras del control de calidad, permitiendo identificar defectos y desviaciones con respecto a las especificaciones de diseño. (Gherardi, 2024)

La presente investigación adopta un enfoque metodológico cuantitativo, sustentado en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través de una encuesta aplicada a empresas del sector de la construcción y la consultoría vinculadas a la gestión de proyectos de infraestructura. Su propósito es establecer estrategias que permitan optimizar el control de calidad de los materiales utilizados en obras civiles ejecutadas en Bogotá D.C., específicamente en los proyectos del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU).

Asimismo, a través del uso de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial y el Big Data, se busca desarrollar mecanismos que posibiliten la generación de informes en tiempo real sobre la calidad de los materiales instalados, con el fin de fortalecer el monitoreo, la trazabilidad y el control integral dentro de la gestión de los proyectos.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción del problema**

El control de calidad de los materiales de construcción constituye un factor importante para asegurar la durabilidad, seguridad y eficiencia de los proyectos de infraestructura a nivel global. Organismos internacionales advierten que las deficiencias en los procesos de verificación de materiales y en la gestión de datos técnicos pueden generar fallas estructurales, retrasos y sobrecostos significativos. La OECD (2021) ha señalado que la falta de sistemas digitales integrados dificulta poder garantizar la trazabilidad y cumplimiento normativo en los proyectos de infraestructura, afectando la calidad final de las obras.

En los últimos años, el sector de la construcción ha orientado sus esfuerzos a incorporar tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA), el Big Data y la Ciencia de Datos para optimizar la supervisión y el análisis de grandes volúmenes de información técnica. Estas tecnologías permiten automatizar la recolección y procesamiento de datos, reducir errores humanos y mejorar el seguimiento de los parámetros de calidad durante la ejecución de los proyectos. A nivel de Latinoamérica, aunque se reporta un avance significativo en la adopción de soluciones tecnológicas, investigaciones recientes señalan que aún persiste una brecha importante en la implementación de herramientas digitales que permitan sistematizar los procesos de inspección y ensayos en obra (La República, 2025).

En el contexto colombiano, el sector de infraestructura ha comenzado a incorporar estas tecnologías, pero su adopción se encuentra todavía en una etapa temprana. Según Camacol (2023), la industria de la construcción en Colombia ha iniciado la integración de soluciones basadas en IA para apoyar procesos de diseño, supervisión y análisis de datos, pero la

digitalización de los sistemas de control de calidad sigue siendo limitada. A pesar de avances en mecanismos de investigación y articulación entre el sector productivo y académico, aún es evidente la necesidad de fortalecer el uso de modelos predictivos, analítica avanzada y herramientas automatizadas que permitan elevar los estándares de calidad en los proyectos (Camacol, 2024). Incluso, proyecciones recientes indican que la implementación de IA en los procesos constructivos podría representar beneficios económicos sustanciales para el país, especialmente en actividades relacionadas con la supervisión técnica y el manejo de datos de obra (Camacol, 2025).

En Bogotá D.C., esta problemática se vuelve especialmente evidente debido al acelerado crecimiento urbano y a la alta demanda de infraestructura vial, sistemas de transporte y proyectos de urbanismo. Según el Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2022), la ciudad experimenta un aumento sostenido de obras públicas y ampliación de proyectos de movilidad, lo cual incrementa la presión sobre los procesos técnicos y operativos asociados a la construcción. Sin embargo, esto representa uno de los principales desafíos que enfrentan los proyectos, ya que se dificulta garantizar el control de calidad de los materiales de construcción, lo cual es fundamental para garantizar la durabilidad, seguridad y eficiencia de las obras ejecutadas.

Por lo general, el control de calidad de los materiales en proyectos de infraestructura vial se realiza mediante métodos tradicionales de seguimiento, entre ellos el diligenciamiento del Plan de Inspección y Ensayos, usualmente elaborado en hojas de cálculo. Según el Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2023), este tipo de instrumentos recopila de manera básica las normas técnicas vigentes y define la periodicidad para la ejecución de los ensayos, pero su efectividad depende ampliamente del registro manual y la actualización constante de la información. Este enfoque manual también repercute en la calidad final de las obras, ya que dificulta el seguimiento,

análisis y verificación del cumplimiento de los estándares técnicos establecidos. Informes técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU, 2022) destacan que las interventorías y entidades de control enfrentan mayores dificultades para hacer seguimiento oportuno cuando la información depende de registros dispersos y no sistematizados.

Así mismo, los procesos actuales no cuentan con una integración tecnológica efectiva que permita recopilar y analizar en tiempo real los datos generados en obra. De igual manera, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU, 2022) evidencia que la ausencia de sistemas automatizados dificulta anticipar problemas de calidad y hacer seguimiento técnico adecuado. Incluso el Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2023) resalta que la falta de gestión integrada de datos afecta la verificación del cumplimiento de normas técnicas.

Frente a este panorama, existen tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), Big Data y la Ciencia de Datos, que pueden implementarse e impactar de manera positiva en la ejecución de las obras con respecto al control de la calidad de las mismas, garantizando así un mejor desempeño de las empresas de construcción e interventorías para el control y seguimiento de las obras, permitiendo automatizar la recolección y análisis de datos en obra (Abioye et al., 2021)

## **1.2 La pregunta de investigación**

¿Cómo la inteligencia artificial puede aportar en las estrategias de optimización para el control de calidad de materiales en el sector de la construcción en Bogotá desde la gestión de proyectos?

## **1.3 Los objetivos de investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer un conjunto de estrategias para optimizar el control de calidad de los materiales empleados en proyectos de infraestructura vial en Bogotá a partir de la incorporación de tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos); optimizando costos y tiempos en el desarrollo de los proyectos.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Diagnosticar el estado actual de la implementación de las tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos) en el control de calidad de los proyectos de infraestructura vial, a partir de la revisión de literatura.

Establecer el estado de incorporación de las tecnologías emergentes y el interés de apropiación en el control de calidad de los materiales de los proyectos de infraestructura vial, a partir de la aplicación de encuesta de caracterización.

Dar recomendaciones para la implementación de tecnologías emergentes que permitan optimizar costos y tiempos en las empresas dedicadas a proyectos de construcción de

infraestructura vial, con el fin de que se puedan convertir en un referente de interés en el sector de la construcción.

#### **1.4 Justificación de la investigación**

Este proyecto de investigación busca indagar el estado del uso e implementación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), el Big Data y la ciencia de datos, que permitan mejorar el control de calidad de los materiales empleados en la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá. Esto se plantea teniendo en cuenta que, en la actualidad, la infraestructura vial de Bogotá D.C. se enfrenta a retos importantes en cuanto a la calidad de los materiales utilizados en la construcción de vías urbanas, lo cual repercute de manera directa en su durabilidad y seguridad. La creciente demanda de proyectos viales, las restricciones presupuestales y la complejidad del entorno urbano hacen necesario adoptar enfoques innovadores que permitan optimizar los procesos de control de calidad de manera eficiente y sostenible.

En este contexto, el uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el Big Data y la ciencia de datos representa una oportunidad para transformar la gestión de la calidad en la construcción vial. Estas tecnologías han recibido una atención considerable en una amplia gama de industrias, como la arquitectura, la ingeniería y la construcción (Darko et al., 2020), debido a que brindan oportunidades para mejorar significativamente la productividad mediante el análisis de grandes volúmenes de datos de forma rápida y precisa, facilitando la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias preventivas orientadas a mejorar el desempeño y la durabilidad de las infraestructuras.

La implementación de tecnologías como la inteligencia artificial y el Big Data permite realizar un monitoreo continuo y un análisis detallado del comportamiento de los materiales de construcción a lo largo de su ciclo de vida. Esto facilita la identificación de aquellos con mayor durabilidad y rendimiento, optimizando su utilización y disminuyendo los costos derivados de fallas prematuras. Asimismo, el uso de algoritmos de IA en los procesos de inspección de pavimentos posibilita la detección temprana de deterioros, como grietas, baches y deformaciones, lo que permite programar mantenimientos preventivos de manera más eficiente, reducir intervenciones correctivas costosas y mejorar significativamente la seguridad vial (Delbono, 2023).

Desde el ámbito técnico y académico, recientes avances en el uso de inteligencia artificial, Big Data y visión por computador han demostrado que es posible automatizar la evaluación del estado de los pavimentos con alta precisión, superando las limitaciones de los métodos tradicionales basados en inspecciones manuales. Por ejemplo, un estudio reciente presenta un método *end-to-end* que calcula automáticamente un índice de condición del pavimento (PCI) mediante redes neuronales profundas y análisis de imágenes, logrando una precisión del 95 % en la detección de grietas y una estimación confiable del ancho de las fisuras (Ibragimov, Kim, Lee, Cho & Lee, 2024). Este tipo de metodologías permite un control de calidad más riguroso y sistemático, con menores sesgos subjetivos y mayor cobertura de inspección que los métodos convencionales.

Además, revisiones recientes sobre técnicas de aprendizaje automático aplicadas a la evaluación de pavimentos concluyen que el uso de *machine learning* para la clasificación, detección y segmentación de daños en vías constituye la tendencia predominante en los sistemas modernos de gestión vial, ya que ofrecen alta eficiencia, capacidad de generalización ante datos

ruidosos y mejor rendimiento que las técnicas tradicionales de procesamiento de imágenes (Sholevar, Golroo & Esfahani, 2022). Esto refuerza académicamente la viabilidad de aplicar estas tecnologías al control de calidad de materiales, así como al monitoreo y mantenimiento predictivo en obras viales.

Desde una perspectiva social, garantizar la calidad de los materiales y el adecuado mantenimiento de la infraestructura vial tiene implicaciones directas sobre la seguridad, la movilidad y la calidad de vida de los habitantes. En una ciudad como Bogotá, caracterizada por alta congestión vehicular, tránsito intenso y pavimentos sujetos a deterioro por factores climáticos y de uso, un sistema robusto de control y supervisión de la calidad puede reducir el riesgo de accidentes, minimizar interrupciones por reparaciones y asegurar vías más duraderas y seguras para la ciudadanía.

Por todo lo anterior, esta investigación resulta viable, ya que no solo aportará conocimiento científico sobre la aplicación de la inteligencia artificial, el Big Data y el análisis de datos en el control de calidad de materiales para infraestructura vial, sino que también generará una propuesta práctica que potencialmente mejorará la gestión de proyectos viales en Bogotá, aumentando la durabilidad, la seguridad y la sostenibilidad de las obras.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

El marco de referencial presenta los fundamentos en los cuales se soporta la presente investigación, abarcando el marco de antecedentes, marco teórico y marco legal relacionados con la optimización del control de calidad en los proyectos de infraestructura vial mediante la implementación de tecnologías emergentes como IA, Big Data y Ciencias de Datos.

### **2.1 Estado del arte**

La ecuación de búsqueda utilizada en esta revisión se centró en la identificación de trabajos relevantes relacionados con la implementación de tecnologías emergentes, Big Data e inteligencia artificial aplicadas al control de calidad de los materiales, con un enfoque específico en la gestión de proyectos de construcción en los últimos cinco años. La revisión bibliográfica se realizó considerando un periodo de publicación comprendido entre los últimos siete a diez años, con el fin de garantizar la actualidad y pertinencia de los estudios analizados. Para ello, se consultaron bases de datos académicas reconocidas, tales como Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Google Scholar, las cuales permiten acceder a literatura científica de alto impacto en el ámbito de la ingeniería, la construcción y la gestión de proyectos.

La inspección y mantenimiento de pavimentos es una tarea crítica en la infraestructura vial. La investigación de Mukherjee et al. (2021) propone una metodología detallada que utiliza técnicas avanzadas de IA y visión por computadora para automatizar la inspección de estructuras viales primarias a partir de modelos entrenados con conjuntos de datos comerciales viables, demostrando que los modelos de IA no solo pueden automatizar y escalar las inspecciones de mantenimiento, sino también lograr una mayor tasa de detección en comparación con las

inspecciones manuales tradicionales, lo que se traduce en un mantenimiento mejorado y específico.

La revisión de Sholevar (2022) presenta un panorama detallado de las técnicas de *machine learning* aplicables a la evaluación de la condición de pavimentos, identificando métodos como redes neuronales, árboles de decisión, modelos SVM y algoritmos híbridos utilizados para la predicción y detección de fallas. El autor explica las fortalezas, limitaciones y campos de aplicación de cada técnica, evidenciando que los modelos ML pueden mejorar la precisión en la clasificación y predicción del deterioro. Esta revisión es especialmente útil porque ofrece una base conceptual sólida para seleccionar métodos de IA adecuados dentro de investigaciones orientadas al control de calidad de pavimentos.

En su investigación, Ruseruka et al. (2023) integran visión por computador y datos provenientes de sensores para identificar diversos deterioros del pavimento. El estudio demuestra que la combinación de múltiples fuentes de información como imágenes, vibraciones, datos de acelerómetros y otros sensores, mejora el desempeño de los modelos al permitir evaluar el estado de la vía de forma más completa y confiable. Además, los autores resaltan que esta integración se alinea con prácticas de *Big Data*, al requerir procesamiento y análisis de grandes volúmenes de información. Su aporte es fundamental para proyectos que buscan implementar sistemas inteligentes de monitoreo de calidad en infraestructuras viales.

La implementación de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial, Big Data y la Ciencia de Datos han generado de manera significativa una transformación en la gestión de proyectos dentro del sector de la construcción. Por lo anterior, en el estudio realizado por Zabala-Vargas et al. (2023) se analizó 57 estudios centrados en la aplicación de estas herramientas a lo

largo del ciclo de vida de proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción. Los resultados mostraron aspectos claves como la predicción del desempeño del proyecto, la identificación de factores críticos, la optimización de la planificación y la automatización de tareas, lo que contribuye de manera significativa a la mejora de la calidad y eficiencia en la gestión de proyectos.

La aplicación de IA en la optimización de materiales y costos ha sido objeto de estudio en diversos contextos. En el artículo de Himeur et al. (2023) se revisa el uso de IA y Big Data en sistemas de automatización y gestión de edificios, destacando los desafíos actuales y las perspectivas futuras en la implementación de estas tecnologías para mejorar la eficiencia y reducir costos en la construcción. En este artículo se identificaron las ventajas y desventajas de los modelos de IA en las categorías de aprendizaje no supervisado, supervisado, semisupervisado y de refuerzo. De igual manera, se evidenció que los algoritmos de aprendizaje supervisado son excelentes para realizar diversas tareas de BAMS, pero su rendimiento siempre depende de la disponibilidad de datos anotados y su precisión.

En el estudio de Abdelhedi et al. (2023), en el cual desarrollaron modelos predictivos a partir de la utilización de técnicas de ultrasonido y redes neuronales artificiales para evaluar la calidad de los agregados rocosos en la construcción de carreteras. Estos modelos permiten la evaluación de la calidad sin necesidad de análisis de laboratorio extensivos, optimizando el proceso de selección de materiales.

El estudio de Ibragimov et al. (2024) propone un modelo end-to-end basado en deep learning para automatizar la evaluación del Pavement Condition Index (PCI) mediante imágenes capturadas de pavimentos. El método integra detección, clasificación y cálculo del índice de

condición sin necesidad de intervención manual, lo que reduce errores humanos y acelera significativamente los procesos de inspección. Los autores demuestran que la automatización permite obtener resultados consistentes y eficientes incluso en entornos viales complejos. Este trabajo es relevante porque evidencia cómo la IA puede mejorar los procesos de control de calidad del pavimento mediante sistemas automatizados de análisis visual, aumentando la precisión en la evaluación del estado de las vías

La revisión realizada por Wang et al. (2024) analiza los avances recientes en compactación inteligente aplicada a pavimentos asfálticos, destacando el uso de sensores inteligentes y algoritmos de machine learning para monitorear densidad, rigidez y uniformidad durante la construcción. El artículo demuestra que estas tecnologías permiten obtener datos en tiempo real que optimizan la toma de decisiones en obra y mejoran el control de calidad durante la fase constructiva. Además, los autores subrayan que la combinación de sensores y ML reduce la variabilidad en la compactación, lo que se traduce en un pavimento más durable y con menor probabilidad de fallas tempranas. Su relevancia radica en que introduce tecnologías aplicables directamente al control de calidad de materiales en obra.

El trabajo de Zhang et al. (2024) presenta un modelo basado en arquitecturas *transformer* para la segmentación automática de múltiples tipos de deterioro en pavimentos. La investigación evidencia que los modelos *transformer* superan a las CNN tradicionales debido a su capacidad para capturar relaciones globales en la imagen, permitiendo identificar grietas, baches y deformaciones con mayor precisión. Los autores demuestran mejoras notables en exactitud y robustez del sistema ante variaciones de iluminación y condiciones del pavimento. Este estudio respalda la pertinencia del uso de IA avanzada en procesos de inspección vial basados en imágenes, lo cual puede transformar la gestión del deterioro en las vías urbanas.

Tamagusko et al, (2024) realizan una revisión exhaustiva sobre el uso del machine learning en la gestión de pavimentos, destacando que estas técnicas superan las limitaciones de los métodos tradicionales al permitir un análisis más preciso y predictivo del deterioro vial. Los autores señalan que modelos como redes neuronales, algoritmos de regresión y enfoques híbridos han demostrado alta eficacia en la detección de fallas, predicción de vida útil y optimización de intervenciones, especialmente cuando se integran con sensores, imágenes y grandes volúmenes de datos. Aunque resaltan avances importantes, también identifican retos como la escasez de bases de datos estandarizadas, la baja transferibilidad de modelos entre regiones y la necesidad de mayor interpretabilidad, proponiendo fortalecer la validación en campo y el desarrollo de sistemas más robustos y transparentes.

## **2.2 Marco Teórico**

El marco teórico del proyecto se fundamenta en los conceptos claves de inteligencia artificial (IA), Big Data, control de calidad, optimización de costos y tiempos, especificaciones IDU e infraestructura vial. Estos conceptos son esenciales para comprender cómo la implementación de tecnologías emergentes puede transformar el control de calidad de materiales en proyectos de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá D.C.

### **2.2.1 Inteligencia Artificial (IA) en la Construcción**

La IA ha emergido como una herramienta clave en la optimización de procesos dentro de la industria de la construcción. Según el estudio realizado por Zabala et al. (2023), la IA se aplica en diversas áreas del ciclo de vida de los proyectos de construcción, incluyendo la predicción del desarrollo de proyectos, la identificación de factores críticos, la optimización de la planificación

y la automatización de tareas. Estas aplicaciones contribuyen significativamente a la mejora de la calidad y eficiencia en la gestión de proyectos como grietas, baches y deformaciones. Esta automatización no solo mejora la eficiencia, sino que también reduce los costos asociados a las intervenciones correctivas.

### **2.2.2 Big Data y Ciencia de Datos en la Gestión de Calidad**

Desde una perspectiva técnica, Big Data en la gestión de la calidad se refiere al uso de arquitecturas de datos distribuidas y de alto rendimiento (como Hadoop o Spark) que permiten procesar volúmenes masivos de datos estructurados y no estructurados provenientes de sensores, ensayos, sistemas de construcción y procesos logísticos. Su relevancia en la calidad radica en que permite evaluar características críticas (exactitud, consistencia, validez, completitud y trazabilidad) mediante modelos de calidad de datos y análisis automatizados. Taleb et al. (2021) plantean que la gestión de calidad en entornos Big Data requiere perfiles de calidad (Data Quality Profiles) que monitorean métricas técnicas antes y después del preprocesamiento para asegurar confiabilidad en los análisis posteriores. (Taleb et al., 2021)

### **2.2.3 Control de Calidad en la Construcción Vial**

El control de calidad en la construcción vial es un sistema técnico y operativo que integra actividades de aseguramiento y verificación (inspecciones de aceptación, ensayos de laboratorio y campo, mediciones continuas de compactación y procedimientos de documentación) para garantizar que los materiales (agregados, mezclas asfálticas, suelos, concretos) y las operaciones constructivas cumplen las especificaciones contractuales y estándares de desempeño. Además, en entornos digitalizados, el control de calidad incorpora captura de datos automatizada (sensores,

equipos IC, imágenes), flujos de validación y controles de calidad de datos (data-quality checks) para permitir análisis posteriores, modelos predictivos y trazabilidad de la información (FHWA, 2013; Luo et al., 2022; Austroads, 2021).

#### **2.2.4 Gestión de proyectos con inteligencia artificial**

La gestión de proyectos con inteligencia artificial se entiende como la incorporación de algoritmos y técnicas de análisis automatizado para apoyar la planificación, toma de decisiones, seguimiento y control dentro del ciclo de vida de un proyecto. Kerzner (2022) señala que la IA se ha convertido en un recurso estratégico para mejorar la precisión de los cronogramas, optimizar la asignación de recursos y automatizar tareas administrativas que consumen tiempo, permitiendo que los equipos se concentren en actividades de mayor valor.

Desde el enfoque de la ciencia de datos, Provost y Fawcett (2013) explican que los modelos de aprendizaje automático permiten identificar patrones y generar predicciones a partir de datos históricos, lo cual fortalece la gestión del riesgo, la detección temprana de desviaciones y la toma de decisiones basada en evidencia. En contextos de ingeniería e infraestructura, el uso de IA contribuye a mejorar la calidad del control de obra y del desempeño técnico al procesar grandes volúmenes de información que serían imposibles de analizar manualmente (Goodfellow et al., 2016). En conjunto, la gestión de proyectos apoyada por inteligencia artificial representa una evolución hacia sistemas más predictivos y adaptativos, donde los datos y los modelos computacionales complementan el juicio profesional, aumentando la eficiencia, la confiabilidad y la capacidad de anticipación de los equipos de proyecto.

### **2.2.5 Proyectos de construcción e interventorías**

Los proyectos de construcción son procesos temporales orientados a planificar y ejecutar obras civiles mediante la coordinación de recursos, actividades y estándares de calidad para cumplir objetivos de tiempo, costo y alcance (Gould & Joyce, 2014; PMI, 2017). La interventoría, por su parte, es una función de supervisión independiente que verifica el cumplimiento técnico, administrativo y contractual de la obra, mediante el control de materiales, seguimiento del avance y revisión de la correcta ejecución, garantizando que el proyecto se desarrolle conforme a lo establecido (Gould & Joyce, 2014; Kerzner, 2022).

## **2.3 Marco Legal**

En la ciudad de Bogotá D.C. la Entidad encargada y responsable de la planeación, diseño, contratación para la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), establece criterios técnicos particulares que deben cumplir todos los contratistas de obra pública y sus interventorías de acuerdo con la misionalidad de las obras.

Uno de los documentos reglados por el IDU es el Manual de Interventoría y/o Supervisión de Contratos versión No. 11, el cual guía la labor de las interventorías como actores clave en la verificación de calidad de los materiales utilizados en obra en la ciudad de Bogotá D.C. En él se establecen los protocolos para inspección, revisión documental, control técnico, y validación de ensayos de laboratorio, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas del contrato. (Instituto de Desarrollo Urbano [IDU], 2025).

El documento exige que la interventoría y contratista de obra verifique la calidad de los materiales mediante un Plan de Inspección y Ensayos. También promueve el uso de herramientas

tecnológicas para fortalecer los procesos de seguimiento, lo cual resulta pertinente para el enfoque de esta investigación en la incorporación de Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos para automatizar y mejorar la supervisión técnica. La Entidad, utiliza una herramienta práctica en donde consolidó las Especificaciones Técnicas Generales (ET IC-01) de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C.

Para contextualizar es importante también tener claro el marco normativo que regula la gestión de proyectos en el sector de construcción en Colombia, el cual está compuesta por leyes, normas y decretos que ha busca garantizar los desarrollos de las obras y la verificación de la calidad de las mismas en cuanto a los materiales instalados, que las diferentes Entidades, empresas constructoras y de interventorías deben cumplir.

**A nivel Distrital, se destacan las siguientes regulaciones:**

Acuerdo 927 de 2024, Plan Distrital de Desarrollo 2024–2028 promueve el uso de Inteligencia Artificial, Big Data, Internet de las Cosas y analítica avanzada en la operación pública, incluyendo el seguimiento a proyectos de infraestructura. (Concejo de Bogotá, D.C., 2024).

Resolución número 104 de 2025, por la cual se adopta el Manual De Gestión de Interventoría y/o Supervisión de Contratos del IDU Versión 11, en donde regula el cumplimiento de la implementación de un Plan de Inspección y Ensayos para la verificación de la calidad de los materiales. (Instituto de Desarrollo Urbano [IDU], 2025).

Documento IDU ET IC -01 Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C., mediante el cual el

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) recopila la normativa de la periodicidad mínima de la toma de ensayos de laboratorio y cumplimiento de especificaciones técnicas. (Instituto de Desarrollo Urbano [IDU], 2011).

**A nivel nacional, se destacan las siguientes regulaciones:**

Norma Técnica Colombiana NTC 6001, que regula la gestión de proyectos de construcción, establece los requisitos para garantizar una administración eficiente (ICONTEC, 2017). IA y Big Data se alinean con esta norma al mejorar la planificación y ejecución de proyectos.

Ley 1581 de 2012 sobre Protección de Datos Personales es relevante en el uso de Big Data en la construcción, ya que exige el cumplimiento de normativas que protegen los datos sensibles de clientes y empleados (Congreso de Colombia, 2012).

**A nivel Internacional, se tienen las siguientes regulaciones:**

ISO 55000 sobre gestión de activos es aplicable al uso de IA y Big Data para la optimización de activos físicos y financieros (International Organization for Standardization, 2014).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Enfoque y alcance de la investigación

La investigación se enmarca en la necesidad de establecer estrategias para la optimización del control de la calidad de los materiales de construcción utilizados en proyectos de infraestructura vial en Bogotá, a través de la incorporación de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA), el Big Data y la Ciencia de Datos. El objetivo central es identificar y proponer estrategias tecnológicas viables que optimicen la toma de decisiones, minimicen errores humanos, y mejoren la trazabilidad, confiabilidad y eficiencia en el monitoreo de los materiales utilizados en obras viales.

Desde un enfoque territorial, el estudio se delimita a proyectos ejecutados en Bogotá D.C., una ciudad que enfrenta importantes desafíos en términos de movilidad, deterioro de las vías y planificación de la infraestructura urbana. En cuanto al límite temático, la investigación se enfoca en establecer la adopción de tecnologías emergentes como IA, Big Data y Ciencia de Datos por parte de las empresas en los procesos de control de calidad de materiales y gestión de proyectos, los cual constituye un elemento clave.

La investigación se desarrolla a partir de un enfoque cuantitativo, en la medida en que busca identificar y medir de forma objetiva el nivel de apropiación, madurez y aplicación de tecnologías emergentes en las organizaciones vinculadas al sector de la infraestructura vial en Bogotá. Este enfoque permite obtener datos verificables que facilitan el análisis del estado actual de adopción tecnológica en los procesos relacionados con el control de calidad de materiales y la gestión de proyectos.

Para la recolección de la información se empleó como instrumento principal una encuesta estructurada, diseñada para evaluar diversos componentes de la transformación digital, tales como modelo de negocio, relación con clientes y proveedores, procesos operativos, infraestructura, seguridad de la información y nivel de preparación para la Industria 4.0. Este instrumento, aplicado a empresas y organizaciones del sector, permitió obtener información cuantificable y sistemática sobre el uso de tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data, Ciencia de Datos, IoT y sistemas digitales de apoyo a la toma de decisiones. Asimismo, la investigación se complementó con una revisión documental de normas técnicas, literatura académica y lineamientos institucionales que respaldan el análisis realizado.

En cuanto a su alcance, el estudio se desarrolla dentro de unos límites temporales, espaciales y temáticos claramente definidos. En primer lugar, el alcance temporal abarca el periodo comprendido entre los años 2023 y 2025; sin embargo, la recolección de la información y la contextualización del estado de avance tecnológico del sector se llevaron a cabo específicamente durante el año 2025. En segundo lugar, el alcance espacial se circunscribe a la ciudad de Bogotá D.C., específicamente a las organizaciones vinculadas a proyectos de construcción y ensayos y análisis técnicos. Finalmente, el alcance temático se centra en el análisis de la adopción de tecnologías emergentes para la optimización de procesos, con énfasis en la digitalización del control de calidad, la trazabilidad de la información, la integración de sistemas tecnológicos y el uso de analítica para la toma de decisiones.

Este alcance permite comprender el nivel de preparación tecnológica del sector y su capacidad para incorporar herramientas digitales que favorezcan la eficiencia, la precisión y la calidad en la ejecución de proyectos viales. Además, resalta la relevancia del estudio al aportar

insumos que contribuyen a la modernización de los procesos y al fortalecimiento de la gestión de proyectos mediante la implementación estratégica de tecnologías emergentes.

La presente investigación resulta relevante desde los ámbitos técnico y académico, dado que aborda una problemática crítica del sector de la infraestructura vial relacionada con el control de calidad de los materiales, la cual incide directamente en la durabilidad, seguridad y sostenibilidad de las obras. Desde el punto de vista técnico, el estudio aporta criterios y estrategias para la incorporación de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial, el Big Data y la Ciencia de Datos, contribuyendo a la modernización de los procesos de monitoreo, análisis y toma de decisiones en proyectos viales. En el ámbito académico, la investigación fortalece el cuerpo de conocimiento existente al generar evidencia empírica sobre el nivel de adopción y madurez digital del sector, sirviendo como referencia para futuros estudios.

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Definición de la población**

La población objeto de estudio está compuesta por empresas del sector de la construcción dedicadas al desarrollo de proyectos de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá D.C., particularmente aquellas que deben realizar el seguimiento, control y aseguramiento de la calidad de los materiales empleados. Se prioriza la selección de empresas que estén en proceso de adopción o interesadas en incorporar tecnologías emergentes como Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos.

Estas empresas están conformadas por profesionales encargados en la ejecución y supervisión de las obras viales. Entre ellos se encuentran ingenieros civiles, residentes de obra, directores técnicos, interventores y laboratoristas.

Esta población representa una fuente estratégica de información para comprender las dinámicas actuales en el control de la calidad de los materiales, identificar brechas tecnológicas, y explorar el potencial de transformación digital en los procesos constructivos viales. Su participación permitirá obtener una visión integral desde lo técnico, lo operativo y lo institucional, contribuyendo así a la formulación de estrategias concretas para la optimización del control de calidad con el apoyo de tecnologías emergentes.

### **3.2.2 Cálculo y selección de la muestra**

La muestra está conformada por veintisiete (27) encuestas de empresas del sector de la construcción en Colombia. La encuesta se les aplicará a los directivos y personas vinculadas a estas organizaciones, la cual fue diseñada para identificar el grado de uso, adopción e integración de tecnologías de inteligencia artificial en los procesos del control de calidad. Así mismo, se busca conocer las percepciones, barreras y oportunidades que estas herramientas representan dentro de sus operaciones.

Para la selección de la muestra, en esta investigación se aplicarán criterios claramente definidos que garanticen la pertinencia y representatividad de los participantes. En primera instancia, se incluirán exclusivamente empresas del sector de la construcción y la consultoría, asegurando que la información recopilada sea coherente con los objetivos del estudio. Los directivos y/o ingenieros de estas organizaciones serán los responsables de responder la encuesta,

por lo que se considera indispensable su disponibilidad, conocimiento del tema y disposición para participar activamente.

De igual manera, se excluirán todas aquellas empresas que no pertenezcan al sector de la construcción, así como aquellas cuyos directivos o profesionales encargados no puedan o no deseen participar, con el fin de preservar la calidad, validez y confiabilidad de los datos obtenidos.

La selección final de la muestra se realizará mediante contacto directo con las empresas, lo que permitirá asegurar el compromiso de los participantes, fortalecer la comunicación durante el proceso y obtener información acorde con el enfoque de la investigación.

### **3.3 Instrumento(s)**

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron dos instrumentos principales: un cuestionario estructurado y una revisión documental sistemática, cada uno orientado a la recolección de información pertinente para el análisis del nivel de adopción y madurez tecnológica en el sector estudiado.

#### **Cuestionario estructurado**

El instrumento principal corresponde a un cuestionario aplicado a organizaciones vinculadas a proyectos de construcción y a actividades de ensayos y análisis técnicos en Bogotá y estarán dirigidos a directivos, jefes de calidad, ingenieros residentes y profesionales involucrados en la toma de decisiones dentro de empresas constructoras, interventorías y entidades públicas del sector vial en Bogotá D.C. Este cuestionario tiene como propósito identificar el nivel de madurez tecnológica, el grado de apropiación de tecnologías emergentes y el estado actual de

digitalización de los procesos organizacionales. El instrumento está conformado por preguntas cerradas, con escalas tipo Likert y opciones categóricas, que permiten obtener información cuantificable y comparable.

El cuestionario se organiza en cinco secciones temáticas, a saber:

- Modelo de negocio y producto, donde se indaga sobre la transformación digital estratégica.
- Relación con clientes y proveedores, orientada a la digitalización de las interacciones y el uso de sistemas de información.
- Procesos tácticos y operativos, enfocada en tecnologías utilizadas, digitalización interna e introducción de sistemas inteligentes.
- Infraestructura y seguridad, cuyo objetivo es evaluar la adopción de herramientas tecnológicas, sistemas de comunicación, servicios en la nube y mecanismos de ciberseguridad.
- Estrategia y experiencia en Industria 4.0, que analiza el nivel de conocimiento, preparación y proyección del uso de tecnologías emergentes dentro de la organización.

La totalidad de las preguntas que componen el cuestionario se presenta íntegramente en el Anexo 1, donde se incluyen todas las secciones y sus ítems en el orden original del instrumento aplicado.

### **Revisión documental**

Como segundo instrumento se utilizó una revisión documental, orientada a obtener información teórica, técnica y normativa relevante para contextualizar el uso de tecnologías

emergentes en el sector de infraestructura vial, así como para fundamentar el análisis de los resultados del cuestionario.

La búsqueda documental se realizó mediante palabras clave relacionadas con los ejes temáticos de la investigación, tales como: “transformación digital en infraestructura vial”, “tecnologías emergentes en construcción”, “madurez tecnológica”, “control de calidad digital”, “Industry 4.0”, “Inteligencia Artificial en construcción”, “Big Data en infraestructura” y “Ciencia de Datos en proyectos de obra”. Los criterios de búsqueda incluyeron la pertinencia temática, la actualidad del contenido, la relación directa con procesos de construcción y control de calidad, y la disponibilidad de información técnica verificable.

La temporalidad seleccionada para la revisión abarcó publicaciones entre 2018 y 2025, con el fin de asegurar la incorporación de literatura reciente y alineada con el contexto tecnológico actual. Entre las bases de datos y repositorios consultados se encuentran Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, documentos técnicos de entidades oficiales como IDU e INVIAS, así como artículos académicos, informes institucionales y normas técnicas aplicables al sector.

La combinación de ambos instrumentos permitió obtener información cuantitativa y documental suficiente para analizar de manera integral el nivel de adopción tecnológica y los retos existentes en la digitalización de los procesos de control de calidad en la infraestructura vial.

### **3.4 Descripción de procedimientos**

El procedimiento metodológico de la investigación se estructuró de manera sistemática y se desarrolló a partir de la aplicación de dos instrumentos principales: una encuesta estructurada y

una revisión documental. Cada instrumento contó con un proceso específico para su diseño, aplicación, recolección y tratamiento de la información, con el fin de garantizar la validez, confiabilidad y pertinencia de los datos obtenidos.

### 3.4.1 Procedimiento para la encuesta estructurada

- **Revisión de cuestionario:** Se realizó la revisión del cuestionario estructurado a través de Form Office, el cual tuvo como objetivo evaluar el nivel de adopción y madurez de la transformación digital y el uso de tecnologías emergentes en los procesos de las empresas. El instrumento fue estructurado a partir de preguntas cerradas con escalas tipo Likert y opciones categóricas, organizadas en componentes como modelo de negocio, procesos operativos, infraestructura tecnológica, seguridad de la información, analítica de datos y uso de tecnologías emergentes como Inteligencia Artificial, Big Data, Ciencia de Datos e IoT.
- **Identificación de participantes:** Una vez se tenía el cuestionario, se procedió a la identificación de los participantes, seleccionando organizaciones pertenecientes al sector de la construcción y a actividades de ensayos y análisis técnicos.
- **Contacto con los participantes:** Se realizó el contacto con los participantes, el cual se hizo mediante correo electrónico y canales institucionales, invitándolos a participar de manera voluntaria en la investigación.
- **Distribución de encuesta:** La encuesta fue distribuida de forma digital a través de la plataforma Google Forms, lo cual facilitó el acceso, diligenciamiento y almacenamiento automático de las respuestas.

- **Recolección de información:** Los datos se recopilaron de acuerdo al diligenciamiento de las encuestas, para nuestro caso, se tuvieron en cuenta las encuestas llevadas a cabo durante el año 2025.
- **Depuración de datos:** Finalizado el proceso de la recolección de la información, se realizó una depuración inicial de la base de datos, seleccionando únicamente los registros completos y válidos, así como aquellos correspondientes a organizaciones cuya actividad económica se ajustaba al alcance definido para el estudio.
- **Análisis de la información:** Una vez recopilados los datos, estos fueron exportados a una hoja de cálculo en Microsoft Excel para su organización y procesamiento.
- **Presentación de los resultados :** Se realizó mediante tablas, gráficos de barras, gráficos de distribución y resúmenes estadísticos, los cuales permiten visualizar de manera clara los patrones identificados en las respuestas del instrumento.

### 3.4.2 Procedimiento para la revisión documental

- Se desarrolló una revisión documental orientada a sustentar teóricamente la investigación y contextualizar los resultados obtenidos mediante la encuesta. La gestión de los documentos se realizó a través de la consulta de bases de datos académicas, repositorios especializados y portales institucionales, priorizando literatura científica, normas técnicas y lineamientos relacionados con tecnologías emergentes, transformación digital, control de calidad de materiales e infraestructura vial que están descritos en el estado del arte y los resultados de la revisión documental.

- La búsqueda de información se efectuó utilizando palabras clave y combinaciones de términos previamente definidos, tales como inteligencia artificial, Big Data, ciencia de datos, control de calidad, infraestructura vial y gestión de proyectos.
- Se llevó a cabo un proceso de selección de los documentos, considerando criterios como pertinencia temática, actualidad y relevancia académica.
- Una vez seleccionadas las fuentes, se realizó la revisión de su contenido mediante una lectura analítica, orientada a la identificación de conceptos, definiciones, metodologías, tendencias y aportes relevantes para el desarrollo del marco conceptual y el análisis de los resultados.
- La información extraída fue organizada y clasificada de acuerdo con su aporte a los objetivos de la investigación, permitiendo su integración posterior con los hallazgos empíricos.
- Este procedimiento permitió contar con información empírica y documental debidamente organizada, garantizando la coherencia metodológica del estudio y facilitando el análisis integral del nivel de adopción de tecnologías emergentes en el control de calidad de materiales para proyectos de infraestructura vial en Bogotá D. C.

### **3.5 Análisis de información**

El análisis de la información se desarrolló de manera sistemática, iniciando con los procesos de limpieza, organización y preparación de los datos, seguido de la codificación, la aplicación de los análisis estadísticos y cualitativos, y finalmente la presentación de los resultados, diferenciando claramente el tratamiento realizado para cada uno de los instrumentos utilizados en la investigación.

### **Limpieza, organización y preparación de los datos**

En el caso del cuestionario, una vez finalizada la recolección de la información, los datos fueron exportados a una hoja de cálculo en Microsoft Excel. Posteriormente, se realizó un proceso de depuración de la base de datos, el cual consistió en eliminar registros incompletos, verificar la coherencia de las respuestas y filtrar únicamente aquellas correspondientes a organizaciones pertenecientes a las actividades económicas de construcción y ensayos y análisis técnicos, y recopiladas durante el año 2025.

Una vez depurada la información, se procedió a la organización de los datos, asignando a cada pregunta del cuestionario una variable específica y verificando la consistencia entre las respuestas y las escalas definidas en el instrumento. En el caso de las respuestas cualitativas, estas fueron revisadas y agrupadas en categorías previamente establecidas para facilitar su posterior análisis.

Para la revisión documental, la preparación de la información consistió en la selección final de los documentos pertinentes, la organización de las fuentes en matrices de análisis y la clasificación de los contenidos según su relación con los objetivos de la investigación, el marco conceptual y el análisis de resultados.

### **Codificación de los datos**

Posteriormente, se llevó a cabo la codificación de la información proveniente del cuestionario. Las variables categóricas y ordinales fueron transformadas en valores numéricos, asignando códigos específicos a cada opción de respuesta, de acuerdo con las escalas establecidas en el instrumento. Este proceso permitió estandarizar los datos y facilitar su tratamiento estadístico. La

codificación se presenta de manera detallada en las tablas correspondientes, donde se especifican las variables, las categorías de respuesta y los valores asignados.

Tabla 1. Codificación de datos

Numero de pregunta	Pregunta	Respuesta esperada
P1	¿Está de acuerdo con la declaración inicial y desea continuar con la encuesta?	SI/NO
P2	Nombre o razón social de la organización.	Escriba su respuesta
P3	NIT o identificación equivalente.	Numero NIT
P4	Clasificación según su actividad económica:	Construcción Consultoría Ensayos y análisis técnicos
P5	Número de empleados	Menos de 10 Entre 11 y 50 Entre 51 y 200 Más de 200
P6	Nivel de ingresos anuales:	Menos de 1.000 SMMLV Entre 1.001 y 2000 SMMLV Entre 2.001 y 10.000 SMMLV Más de 10.001 SMMLV
P7	Nombre de quien presenta la encuesta	Escriba su respuesta
P8	Posición dentro de la organización de quien presenta la encuesta	Escriba su respuesta
P9	Correo electrónico de contacto.	Escriba su respuesta
P10	Teléfono móvil (opcional)	Escriba su respuesta

## 11. De acuerdo a la afirmación seleccione cuál nivel representa mejor la organización

11. De acuerdo a la afirmación seleccione cuál nivel representa mejor la organización. \*

	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con indicadores para medir nivel de la transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Resultados de la encuesta**

Variable	11. De acuerdo a la afirmación seleccione cuál nivel representa mejor la organización	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción	Total
P11.1	Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	2	9	7	5	4	27
P11.2	Cuenta con indicadores para medir nivel de la transformación digital.	9	4	7	5	2	27
P11.3	Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	1	7	9	5	5	27
P11.4	Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	8	3	8	4	4	27
P11.5	Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	1	3	7	5	11	27

P11.6	Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	1	2	6	5	13	27
P11.7	Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	3	4	10	5	5	27
P11.8	Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).	5	0	10	6	6	27

Codificación de datos					
Variable	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
	1	2	3	4	5
P11.1	2	9	7	5	4
P11.2	9	4	7	5	2
P11.3	1	7	9	5	5
P11.4	8	3	8	4	4
P11.5	1	3	7	5	11
P11.6	1	2	6	5	13
P11.7	3	4	10	5	5
P11.8	5	0	10	6	6

### 12. En que área de su empresa ha invertido en los dos últimos años

12. En que área de su empresa ha invertido en los dos últimos años? \*

	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística de recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de información (herramientas software).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resultados de la encuesta						
Variable	12. En qué área de su empresa ha invertido en los dos últimos años	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión	Total
P12.1	Investigación y desarrollo.	8	8	9	2	27
P12.2	Producción de productos o servicios.	3	4	11	9	27
P12.3	Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	2	9	9	7	27
P12.4	Logística de recepción y distribución.	6	7	12	2	27
P12.5	Comercial y ventas.	5	8	9	5	27
P12.6	Sistemas de información (herramientas software).	5	7	8	7	27

Codificación de datos				
Variable	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
	1	2	3	4
P12.1	8	8	9	2
P12.2	3	4	11	9
P12.3	2	9	9	7
P12.4	6	7	12	2
P12.5	5	8	9	5
P12.6	5	7	8	7

13. En que área de su empresa proyecta invertir en los próximos 5 años?

13. En que área de su empresa proyecta invertir en los próximos 5 años? \*

	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística de recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de información (herramientas software).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### Resultados de la encuesta

Variable	13. En que área de su empresa proyecta invertir en los próximos 5 años?	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión	Total
P13.1	Investigación y desarrollo.	3	8	9	7	27
P13.2	Producción de productos o servicios.	2	2	10	13	27
P13.3	Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	2	6	10	9	27
P13.4	Logística de recepción y distribución.	3	8	9	7	27
P13.5	Comercial y ventas.	4	3	12	8	27
P13.6	Sistemas de información (herramientas software).	1	5	12	9	27

#### Codificación de datos

Variable	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
	1	2	3	4
P13.1	3	8	9	7
P13.2	2	2	10	13
P13.3	2	6	10	9
P13.4	3	8	9	7
P13.5	4	3	12	8
P13.6	1	5	12	9

**Parte 2 de 5: CLIENTES Y PROVEEDORES**

14. De acuerdo a las siguientes afirmaciones seleccione cuál nivel representa mejor su organización.

14. De acuerdo a las siguientes afirmaciones seleccione cuál nivel representa mejor su organización.

	No se realiza	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con la planificación y				

**Resultados de la encuesta**

Variable	14. De acuerdo a las siguientes afirmaciones seleccione cuál nivel representa mejor su organización.	No se realiza	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente	Sin respuesta	Total
P14.1	Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	4	12	4	6	1	27
P14.2	Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	5	7	9	5	1	27
P14.3	Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	1	8	10	6	2	27
P14.4	Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	1	6	10	9	1	27
P14.5	Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	1	8	13	4	1	27

P14.6	Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.	1	12	9	4	1	27																																																
Codificación de datos																																																							
Variable	No se realiza	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente	Sin respuesta																																																		
	1	2	3	4	5																																																		
P14.1	4	12	4	6	1																																																		
P14.2	5	7	9	5	1																																																		
P14.3	1	8	10	6	2																																																		
P14.4	1	6	10	9	1																																																		
P14.5	1	8	13	4	1																																																		
P14.6	1	12	9	4	1																																																		
<p>15. Indique el grado que mejor representa a su organización en los siguientes procesos:</p> <p>15. Indique el grado que mejor representa a su organización en los siguientes procesos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Bajo</th> <th>Medio</th> <th>Alto</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Digitalización de trabajo con clientes.</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Digitalización de trabajo con proveedores.</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes.</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Uso de múltiples canales de venta integrados para comercializar sus productos a sus clientes.</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Sistema de precios dinámico y adaptado al cliente.</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Analiza los datos de los clientes para aumentar su conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Diseña soluciones personalizadas.</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table>									Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Digitalización de trabajo con clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Digitalización de trabajo con proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Uso de múltiples canales de venta integrados para comercializar sus productos a sus clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sistema de precios dinámico y adaptado al cliente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Analiza los datos de los clientes para aumentar su conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Diseña soluciones personalizadas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto																																																		
Digitalización de trabajo con clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																		
Digitalización de trabajo con proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																		
Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																		
Uso de múltiples canales de venta integrados para comercializar sus productos a sus clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																		
Sistema de precios dinámico y adaptado al cliente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																		
Analiza los datos de los clientes para aumentar su conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																		
Diseña soluciones personalizadas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																		
Resultados de la encuesta																																																							
Variable	15. Indique el grado que mejor representa a su organización en los siguientes procesos:	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Sin respuesta	Total																																															
P15.1	Digitalización de trabajo con clientes.	3	0	11	9	3	1	27																																															

P15.2	Digitalización de trabajo con proveedores.	2	4	9	10	1	1	27
P15.3	Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes.	0	3	9	11	3	1	27
P15.4	Uso de múltiples canales de venta integrados para comercializar sus productos a sus clientes.	2	5	8	9	2	1	27
P15.5	Sistema de precios dinámico y adaptado al cliente.	3	2	11	9	1	1	27
P15.6	Analiza los datos de los clientes para aumentar su conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).	2	3	9	10	2	1	27
P15.7	Diseña soluciones considerando los datos de los clientes.	0	4	10	9	3	1	27

Codificación de datos						
Variable	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Sin respuesta
	1	2	3	4	5	6
P15.1	3	0	11	9	3	1
P15.2	2	4	9	10	1	1
P15.3	0	3	9	11	3	1
P15.4	2	5	8	9	2	1
P15.5	3	2	11	9	1	1
P15.6	2	3	9	10	2	1
P15.7	0	4	10	9	3	1

**Parte 3 de 5: PROCESOS - Nivel táctico y operativo**

16. ¿Cual de las siguientes tecnologías utiliza en su organización?  
 16. ¿Cual de las siguientes tecnologías utiliza en su organización? \*

- Sensores
- Dispositivos móviles
- Identificador de radiofrecuencia - RFID
- Ciencia de datos para evaluación de información en tiempo real.
- Sistemas de localización en tiempo real
- Big Data para almacenamiento de grandes volúmenes de datos
- Las tecnologías de la nube como infraestructura de TI escalable
- Inteligencia artificial para la toma de decisiones.
- Sistemas de tecnologías de la información integrados
- Otras

Resultados de la encuesta		
Variable	16.¿Cual de las siguientes tecnologías utiliza en su organización?	Total
P16.1	Sensores	4
P16.2	Dispositivos móviles	17
P16.3	Identificador de radiofrecuencia - RFID	1
P16.4	Ciencia de datos para evaluación de información en tiempo real.	8
P16.5	Sistemas de localización en tiempo real	10
P16.6	Big Data para almacenamiento de grandes volúmenes de datos	6
P16.7	Las tecnologías de la nube como infraestructura de TI escalable	15
P16.8	Inteligencia artificial para la toma de decisiones.	5
P16.9	Sistemas de tecnologías de la información integrados	11
P16.10	BIM	1

Codificación de datos	
Variable	Total
P16.1	4
P16.2	17
P16.3	1
P16.4	8
P16.5	10
P16.6	6
P16.7	15
P16.8	5
P16.9	11
P16.10	1

17.De acuerdo a las máquinas y equipos de su organización. ¿Cuál es el grado de implementación de las siguientes funcionalidades?

17. De acuerdo a las máquinas y equipos de su organización. ¿Cuál es el grado de implementación de las siguientes funcionalidades? \*

	Nulo	Parcialmente	Implementado
Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicación entre máquinas / sistemas - M2M	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidad de integrarse y colaborar con otras máquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resultados de la encuesta					
Variable	17.De acuerdo a las máquinas y equipos de su organización. ¿Cuál es el grado de implementación de las siguientes funcionalidades?	Nulo	Parcialmente	Implementado	Total
P17.1	Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	6	16	5	27
P17.2	Comunicación entre máquinas / sistemas - M2M	14	11	2	27
P17.3	Capacidad de integrarse y colaborar con otras máquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	13	11	3	27

Codificación de datos			
Variable	Nulo	Parcialmente	Implementado
	1	2	3
P17.1	3	0	11
P17.2	2	4	9
P17.3	0	3	9

18.Su empresa realiza:

**18. Su empresa realiza: \***

PRODUCCIÓN DE BIENES O PRODUCTOS

PRESTACIÓN DE SERVICIOS

Resultados de la encuesta				
Variable	18.Su empresa realiza:	Prestación de servicios	Producción de bienes o productos	Total
P18.1	Su empresa realiza:	20	7	27

Codificación de datos		
Variable	Prestación de servicios	Producción de bienes o productos
	1	2
P18.1	20	7

19. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmación en su proceso de producción de bienes o productos.

19. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmación en su proceso de producción de bienes o productos.

	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Tiene una visión en tiempo real de su producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Su producción es lo suficientemente flexible para reaccionar a cambio en la demanda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registra datos de maquinas o equipos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registra datos de sus procesos de producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprovecha los datos para tomar decisiones en el proceso de producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integración de tecnologías digitales en el proceso de producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Usa herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitalización de la gestión de	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resultados de la encuesta								
Variable	19. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmación en su proceso de producción de bienes o productos	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Sin respuesta	Total
P19.1	Tiene una visión en tiempo real de su producción	0	1	3	2	1	20	27
P19.2	Su producción es lo suficientemente flexible para reaccionar a cambio en la demanda	1	2	1	3	0	20	27
P19.3	Registra datos de maquinas o equipos	2	1	2	1	1	20	27
P19.4	Registra datos de sus procesos de producción	0	2	2	1	2	20	27
P19.5	Aprovecha los datos para tomar decisiones en el proceso de producción	0	2	1	2	2	20	27
P19.6	Integración de tecnologías digitales en el proceso de producción	0	2	1	3	1	20	27
P19.7	Usa herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la producción	0	1	2	4	0	20	27
P19.8	Digitalización de la gestión de inventarios y recursos	0	1	4	1	1	20	27

Codificación de datos						
Variable	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Sin respuesta
	1	2	3	4	5	6
P19.1	0	1	3	2	1	20
P19.2	1	2	1	3	0	20
P19.3	2	1	2	1	1	20
P19.4	0	2	2	1	2	20
P19.5	0	2	1	2	2	20
P19.6	0	2	1	3	1	20
P19.7	0	1	2	4	0	20
P19.8	0	1	4	1	1	20

20. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmación en su proceso de creación y entrega de los servicios que ofrece la organización a sus clientes.

20. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmación en su proceso de creación y entrega de los servicios que ofrece la organización a sus clientes.

	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de nuestros servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registran datos o información del proceso de prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprovecha los datos y análisis digitales para tomar decisiones en la prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nivel de adopción de tecnologías de automatización en la entrega de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitalización de la gestión de datos y registros en nuestra empresa de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### Resultados de la encuesta

Variable	20. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmaciones en su proceso de creación y entrega de los servicios que ofrece la organización a sus clientes.	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Sin respuesta	Total
P20.1	Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de nuestros servicios	3	6	5	2	3	8	27

P20.2	Uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios	0	0	13	4	2	8	27
P20.3	Registran datos o información del proceso de prestación de servicios	0	1	7	9	2	8	27
P20.4	Aprovecha los datos y análisis digitales para tomar decisiones en la prestación de servicios	0	3	8	7	1	8	27
P20.5	Nivel de adopción de tecnologías de automatización en la entrega de servicios	2	4	6	5	2	8	27
P20.6	Digitalización de la gestión de datos y registros en nuestra empresa de servicios	2	2	7	6	2	8	27

#### Codificación de datos

Variable	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Sin respuesta
	1	2	3	4	5	6
P20.1	3	6	5	2	3	8
P20.2	0	0	13	4	2	8
P20.3	0	1	7	9	2	8
P20.4	0	3	8	7	1	8
P20.5	2	4	6	5	2	8
P20.6	2	2	7	6	2	8

#### Parte 4 de 5: INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD

21. La siguiente área, para comunicarse con otras áreas de la organización, utiliza sistemas de información:

21. La siguiente área, para comunicarse con otras áreas de la organización, utiliza sistemas de información:

\*

	Si	Parcialmente	No	El área no existe
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística, recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### Resultados de la encuesta

Variable	21. La siguiente área, para comunicarse con otras áreas de la organización, utiliza sistemas de información:	Si	Parcialmente	No	El área no existe	Total
P21.1	Investigación y desarrollo.3	9	5	2	11	27
P21.2	Producción de productos o servicios.3	14	5	2	6	27
P21.3	Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).	16	6	4	1	27
P21.4	Logística, recepción y distribución.	15	6	4	2	27
P21.5	Comercial y ventas.	14	8	3	2	27

Codificación de datos				
Variable	Si	Parcialmente	No	El área no existe
	1	2	3	4
P21.1	9	5	2	11
P21.2	14	5	2	6
P21.3	16	6	4	1
P21.4	15	6	4	2
P21.5	14	8	3	2

22.La siguiente área, para comunicarse con clientes y proveedores, utiliza sistemas de información:

22. La siguiente área, para comunicarse con clientes y proveedores, utiliza sistemas de información:

\*

	Si	Parcialmente	No	El área no existe
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística, recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resultados de la encuesta						
Variable	22.La siguiente área, para comunicarse con clientes y proveedores, utiliza sistemas de información:	Si	Parcialmente	No	El área no existe	Total
P22.1	Investigación y desarrollo.4	2	7	6	12	27
P22.2	Producción de productos o servicios.4	10	8	6	3	27
P22.3	Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).2	11	12	3	1	27
P22.4	Logística, recepción y distribución.2	10	12	3	2	27
P22.5	Comercial y ventas.3	12	10	3	2	27

Codificación de datos				
Variable	Si	Parcialmente	No	El área no existe
	1	2	3	4
P22.1	2	7	6	12
P22.2	10	8	6	3
P22.3	11	12	3	1
P22.4	10	12	3	2
P22.5	12	10	3	2

23.¿La organización , ya está utilizando servicios en la nube?

## 23. ¿La organización , ya está utilizando servicios en la nube? \*

	Si	No, pero lo planeamos	NO
Software desde la nube	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Para almacenamiento de datos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Para evaluación de datos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Resultados de la encuesta**

Variable	23.¿La organización , ya está utilizando servicios en la nube?	Si	No, pero lo planeamos	No	Total
P23.1	Software desde la nube	23	2	2	27
P23.2	Para almacenamiento de datos	27	0	0	27
P23.3	Para evaluación de datos	15	5	7	27

**Codificación de datos**

Variable	Si	No, pero lo planeamos	No
	1	2	3
P23.1	23	2	2
P23.2	27	0	0
P23.3	15	5	7

## 24.¿Cómo está organizada su gestión en tecnologías de la información - TI?

## 24. ¿Cómo está organizada su gestión en tecnologías de la información - TI? \*

- Sin departamento de TI propio (implicación de un proveedor de servicios).
- Departamento central de TI.
- Departamento de TI descentralizado en las áreas especializadas (producción, desarrollo de productos, etc.).
- Expertos en TI integrados en los departamentos especializados.

**Resultados de la encuesta**

Variable	24. ¿Cómo está organizada su gestión en tecnologías de la información - TI?	Cantidad
P24.1	Sin departamento de TI propio (implicación de un proveedor de servicios).	18
P24.2	Departamento central de TI.	7
P24.3	Expertos en TI integrados en los departamentos especializados.	2
P24.4	Departamento de TI descentralizado en las áreas especializadas (producción, desarrollo de productos, etc).	0
<b>TOTAL</b>		<b>27</b>

Variable	Cantidad
P24.1	18
P24.2	7
P24.3	2
P24.4	0
Total	27

## 25. Clasifique las siguientes afirmaciones de acuerdo a el nivel de cumplimiento de estos criterios en su organización

25. Clasifique las siguientes afirmaciones de acuerdo a el nivel de cumplimiento de estos criterios en su organización \*

	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipos de ultima tecnología	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipos o maquinas conectadas a servidores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Resultados de la encuesta**

Variable	25. Clasifique las siguientes afirmaciones de acuerdo a el nivel de cumplimiento de estos criterios en su organización	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	TOTAL
P25.1	Equipos de ultima tecnología	1	4	12	10	0	27
P25.2	Equipos o maquinas conectadas a servidores	5	3	11	8	0	27

**Codificación de datos**

Variable	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
	1	2	3	4	5
P25.1	1	4	12	10	0
P25.2	5	3	11	8	0

26. Califique las siguientes preguntas según la escala establecida:

26. Califique las siguientes preguntas según la escala establecida: \*

	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resultados de la encuesta							
Variable	26. Califique las siguientes preguntas según la escala establecida:	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	TOTAL
P26.1	La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	0	4	7	10	6	27
P26.2	Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	3	4	5	11	4	27
P26.3	Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	1	3	7	6	10	27
P26.4	Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	2	3	8	9	5	27

Codificación de datos					
Variable	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
	1	2	3	4	5
P26.1	0	4	7	10	6
P26.2	3	4	5	11	4
P26.3	1	3	7	6	10
P26.4	2	3	8	9	5

**Parte 5 de 5: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0**

27. ¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?

27. ¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?

- No registra información de los procesos.
- Todos los procesos se registran en papel.
- Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.
- Todos los procesos están completamente digitalizados.

Resultados de la encuesta		
Variable	27. ¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?	Cantidad
P27.1	No registra información de los procesos.	5
P27.2	Todos los procesos se registran en papel.	0
P27.3	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	10
P2.4	Todos los procesos están completamente digitalizados.	12

Codificación de datos	
Variable	Cantidad
P27.1	5
P27.2	0

P27.3	10
P2.4	12

28. ¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?

28. ¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?

- No dispone de roles especializados.
- Se dispone de un rol especializado.
- Se dispone de varios roles especializados.
- Se dispone de una gran especialización de roles digitales claves para la Industria 4.0.

#### Resultados de la encuesta

Variable	28. ¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?	Cantidad
P28.1	No dispone de roles especializados.	11
P28.2	Se dispone de un rol especializado.	10
P28.3	Se dispone de varios roles especializados.	5
P28.4	Se dispone de una gran especialización de roles digitales claves para la Industria 4.0.	1

#### Codificación de datos

Variable	Cantidad
P28.1	11
P28.2	10
P28.3	5
P28.4	1

29. ¿Cómo evalúa las capacidades de sus empleados en relación con los requisitos futuros de la Industria 4.0?

29. ¿Cómo evalúa las capacidades de sus empleados en relación con los requisitos futuros de la Industria 4.0?

	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente
Infraestructura.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnología de automatización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análisis de datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Seguridad de los datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Seguridad de las comunicaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Software de colaboración.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desarrollo o aplicación de sistemas de asistencia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la comprensión de procesos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resultados de la encuesta						
Variable	29.¿Cómo evalúa las capacidades de sus empleados en relación con los requisitos futuros de la Industria 4.0?	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente	TOTAL
P29.1	Infraestructura.	1	5	15	6	27
P29.2	Tecnología de automatización.	3	7	13	4	27
P29.3	Análisis de datos.	2	5	17	3	27
P29.4	Seguridad de los datos.	2	5	14	6	27
P29.5	Seguridad de las comunicaciones.	3	6	12	6	27
P29.6	Software de colaboración.	1	4	14	8	27
P29.7	Desarrollo o aplicación de sistemas de asistencia.	4	5	13	5	27
P29.8	Habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la comprensión de procesos.	2	6	13	5	26

Codificación de datos				
Variable	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente
	1	2	3	4
P29.1	1	5	15	6
P29.2	3	7	13	4
P29.3	2	5	17	3
P29.4	2	5	14	6
P29.5	3	6	12	6
P29.6	1	4	14	8
P29.7	4	5	13	5
P29.8	2	6	13	5

30. ¿En qué medida ha abordado las ineficiencias de los procesos mediante la adopción de sistemas inteligentes (máquinas inteligentes, tecnología digital integrada)?

30. ¿En qué medida ha abordado las ineficiencias de los procesos mediante la adopción de sistemas inteligentes (máquinas inteligentes, tecnología digital integrada)?

- No hay una adopción significativa de sistemas inteligentes (aún utilizando sistemas manuales o semiautomáticos)
- Sistemas inteligentes introducidos parcialmente en áreas cruciales para superar las ineficiencias locales.
- Se adaptaron importantes sistemas inteligentes en toda la empresa que ayudaron a optimizar los procesos.

Resultados de la encuesta		
Variable	30. ¿En qué medida ha abordado las ineficiencias de los procesos mediante la adopción de sistemas inteligentes (máquinas inteligentes, tecnología digital integrada)?	Cantidad
P30.1	No hay una adopción significativa de sistemas inteligentes (aún utilizando sistemas manuales o semiautomáticos)	11
P30.2	Sistemas inteligentes introducidos parcialmente en áreas cruciales para superar las ineficiencias locales.	10
P30.3	Se adaptaron importantes sistemas inteligentes en toda la empresa que ayudaron a optimizar los procesos.	5
P30.4	Sin respuesta	1

Codificación de datos	
Variable	Cantidad
P30.1	11
P30.2	10
P30.3	5
P30.4	1

31. ¿Cuál es la ambición estratégica de la organización con respecto al paso a la Industria 4.0?

31. ¿Cuál es la ambición estratégica de la organización con respecto al paso a la Industria 4.0?

- No se ha considerado todavía. No se contemplan beneficios/oportunidades.
- Se ha considerado pasar a la Industria 4.0 pero se desconoce como hacerlo.
- Se conocen los beneficios de la industria 4.0 y se tiene intención de implementarla.
- Se ha iniciado el proceso de implementación de la industria 4.0.

#### Resultados de la encuesta

Variable	31. ¿Cuál es la ambición estratégica de la organización con respecto al paso a la Industria 4.0?	Cantidad
P31.1	No se ha considerado todavía. No se contemplan beneficios/oportunidades.	11
P31.2	Se ha considerado pasar a la Industria 4.0 pero se desconoce como hacerlo.	5
P31.3	Se conocen los beneficios de la industria 4.0 y se tiene intención de implementarla.	9
P31.4	Se ha iniciado el proceso de implementación de la industria 4.0.	1
P31.5	Sin respuesta	1

#### Codificación de datos

Variable	Cantidad
P31.1	11
P31.2	5
P31.3	9
P31.4	1
P31.5	1

32. ¿Qué nivel de importancia tienen en la organización, como elemento diferenciador en el sector, las soluciones y tecnologías relacionadas con los siguientes habilitadores de Industria 4.0?

**Inteligencia artificial:** es un campo de la informática que se centra en desarrollar sistemas y programas que pueden realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana, como el aprendizaje, la toma de decisiones y el reconocimiento de patrones, mediante algoritmos y procesamiento de datos.

**Fabricación aditiva:** (p.ej. impresión 3D), para el desarrollo de prototipos, nuevos productos o su personalización, fabricación de herramientas, utillajes, etc.

**Internet de las Cosas (IoT):** es un concepto que hace referencia a las conexiones entre los objetos físicos (sensores, máquinas, etc.), para generar y enviar datos automáticamente, aportando automatización y eficiencia a los procesos.

**Big Data y análisis de datos:** Para el tratamiento de un gran volumen de datos, estructurados y no estructurados, de fuentes internas y/o externas, extrayendo información de valor para la organización (indicadores en tiempo real, análisis predictivos, etc.).

**Realidad virtual y aumentada:** Para facilitar aspectos tales como el prototipado, mantenimiento, servicio postventa, etc.

**Plataformas y comunicaciones:** Tanto soluciones específicas (ERP, CRM, MES, GMAO, etc.), como soluciones conectadas con la cadena de valor (proveedores, clientes, logística y otros agentes clave), soluciones de movilidad (tablets, pdas, etc.), etc.

**Tecnologías en la nube (Cloud):** que reduzcan la necesidad de infraestructuras físicas, promuevan la escalabilidad de los sistemas de información, la movilidad, la disponibilidad de espacios de almacenamiento elevados, la colaboración entre personas, etc.

**Ciberseguridad:** para auditar, monitorizar y asegurar los servicios TIC, tanto a nivel de red informática, como de dispositivos, aplicaciones, operaciones e información.

**Marketing digital:** con soluciones que permitan impulsar la notoriedad e interacción con los clientes actuales y potenciales, a través del posicionamiento web, gestión de redes sociales, SEO, SEM, etc.

**Formación y personas:** soluciones que aporten flexibilidad y fomenten la colaboración entre empleados (ofimática en la nube, plataformas colaborativas de gestión de proyectos, etc.), mejoren la gestión del talento (plataformas de e-learning, realidad virtual y aumentada como herramientas formativas, acceso digital a la información del empleado, etc.) y, que permitan el desarrollo de nuevas formas de trabajo en la organización (acceso remoto, herramientas de comunicación, etc.).

**Robótica y Automatización:** Para la simplificación y automatización de procesos productivos y administrativos.

	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
Inteligencia artificial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fabricación aditiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet de las cosas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Big data y análisis de datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad virtual y aumentada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plataformas y comunicaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnologías en la nube (Cloud).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ciberseguridad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Marketing digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formación y personas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robótica y automatización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resultados de la encuesta								
Variable	32.¿Qué nivel de importancia tienen en la organización, como elemento diferenciador en el sector, las soluciones y tecnologías relacionadas con los siguientes habilitadores de Industria 4.0?	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta	Sin respuesta	Total
P32.1	Inteligencia artificial.	1	5	3	11	6	1	27
P32.2	Fabricación aditiva.	4	10	10	0	2	1	27
P32.3	Internet de las cosas.	1	6	7	5	7	1	27
P32.4	Big data y análisis de datos.	1	2	9	7	7	1	27
P32.5	Realidad virtual y aumentada.	2	2	8	9	5	1	27
P32.6	Plataformas y comunicaciones.	0	4	7	8	7	1	27
P32.7	Tecnologías en la nube (Cloud).	0	3	3	7	13	1	27
P32.8	Ciberseguridad.	0	4	2	13	7	1	27
P32.9	Marketing digital.	2	4	6	7	7	1	27
P32.10	Formación y personas.	1	2	3	12	8	1	27

Codificación de datos						
Variable	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta	Sin respuesta
	1	2	3	4	5	6
P32.1	1	5	3	11	6	1
P32.2	4	10	10	0	2	1
P32.3	1	6	7	5	7	1
P32.4	1	2	9	7	7	1
P32.5	2	2	8	9	5	1
P32.6	0	4	7	8	7	1
P32.7	0	3	3	7	13	1
P32.8	0	4	2	13	7	1
P32.9	2	4	6	7	7	1
P32.10	1	2	3	12	8	1

### Análisis de la información por instrumento

Una vez codificados los datos del cuestionario, se realizó un análisis estadístico de tipo descriptivo utilizando Microsoft Excel. Este análisis incluyó el cálculo de porcentajes, con el fin de identificar patrones, tendencias y niveles de adopción tecnológica en las organizaciones encuestadas. Asimismo, se efectuaron comparaciones entre categorías de respuesta para analizar diferencias en los niveles de madurez tecnológica según las dimensiones evaluadas, tales como

transformación digital, inversión en sistemas de información, uso de tecnologías emergentes, digitalización de procesos y preparación para la Industria 4.0.

En cuanto a la revisión documental, el análisis se desarrolló mediante la lectura analítica y comparativa de las fuentes seleccionadas. Se extrajeron conceptos clave, enfoques metodológicos, tendencias tecnológicas y lineamientos normativos relacionados con la aplicación de tecnologías emergentes en el control de calidad de materiales y la gestión de proyectos de infraestructura vial. Estos hallazgos fueron contrastados y articulados con los resultados cuantitativos obtenidos a partir del cuestionario, permitiendo una interpretación integral de la información.

### **Presentación de los resultados**

Los resultados derivados del análisis del cuestionario se presentaron mediante tablas estadísticas, gráficos de barras y resúmenes descriptivos, los cuales permiten visualizar de forma clara y comparativa los niveles de adopción tecnológica y madurez digital del sector analizado. Por su parte, los resultados de la revisión documental se presentaron a través de síntesis narrativas y cuadros comparativos, facilitando la comprensión del estado actual del conocimiento y su relación con los hallazgos empíricos del estudio.

### **3.6 Consideraciones éticas**

#### **3.6.1 Análisis de consideraciones éticas**

La presente investigación se desarrolló bajo los principios éticos establecidos por la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO y las disposiciones nacionales e institucionales aplicables al manejo de información, tratamiento de datos personales y rigor académico en procesos investigativos. Este estudio, al involucrar la participación de organizaciones mediante la aplicación de un cuestionario, así como la consulta de documentos institucionales y académicos, contempla diversas consideraciones éticas relacionadas con la confidencialidad, el consentimiento informado, la protección de datos y el respeto por los participantes y las fuentes consultadas.

En primer lugar, la participación de las organizaciones en la encuesta fue totalmente voluntaria. Antes de iniciar el diligenciamiento del instrumento, se presentó a los participantes una declaración inicial de aceptación, mediante la cual se informó el carácter académico de la investigación, los objetivos del estudio, el uso de la información y las condiciones de anonimato y confidencialidad. Solo aquellos participantes que manifestaron su conformidad pudieron continuar con la encuesta, lo que garantiza la existencia de un consentimiento informado previo a la recolección de datos.

En cuanto a la confidencialidad, todas las respuestas obtenidas fueron tratadas de forma anónima, sin incluir información que permitiera identificar a las organizaciones o a los individuos que participaron en el estudio. Se eliminaron nombres propios, datos sensibles y cualquier variable que pudiera comprometer la identidad o privacidad de los participantes. La base de datos utilizada corresponde a la versión depurada y anonimizada, en la cual se preservó

únicamente la información relevante para el análisis estadístico, sin incluir datos que permitieran la identificación directa o indirecta de los respondientes.

Respecto al tratamiento de datos personales y empresariales, se garantizó que la información fuese utilizada exclusivamente para fines académicos y de investigación, cumpliendo con la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales en Colombia y con las políticas institucionales de manejo de información. Ningún dato fue almacenado en plataformas públicas ni compartido con terceros fuera del contexto de esta investigación. Asimismo, los resultados se presentan de manera agregada, evitando cualquier forma de exposición individual o particularizada de las organizaciones participantes.

En relación con la revisión documental, se utilizaron únicamente fuentes de acceso público, bases de datos académicas, normativas oficiales y literatura científica disponible legalmente. Se respetaron los derechos de autor mediante la citación correspondiente de todos los documentos consultados, según las normas de referencia y citación establecidas.

### **3.6.2 Instrumentos de aceptación y autorización**

Antes de iniciar la encuesta, se presentó a los participantes una declaración de consentimiento informado, en la cual se explicaban los objetivos del estudio, el carácter estrictamente académico de la investigación, las condiciones de anonimato, el manejo confidencial de la información y el uso exclusivo de los datos con fines investigativos. Dicha declaración se encuentra en el Anexo 2.

El cuestionario solo permitía su continuación si el participante seleccionaba la opción “Sí, acepto”, lo cual constituye el mecanismo formal de autorización para participar y suministrar

información dentro del marco de la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales. Este procedimiento asegura que toda la información recolectada proviene de organizaciones que aceptaron voluntariamente participar y fueron informadas sobre el alcance y uso de sus datos.

## 4. HIPÓTESIS

De acuerdo con los lineamientos metodológicos de la investigación cuantitativa y considerando que una hipótesis debe formularse como una proposición con valor de verdad que permita ser verificada empíricamente, se establecen a continuación las variables del estudio y el planteamiento de hipótesis. Las hipótesis aquí formuladas constituyen explicaciones tentativas sobre la relación entre la adopción de tecnologías emergentes y el nivel de madurez tecnológica en las organizaciones analizadas, las cuales podrán ser corroboradas o refutadas a partir de la información obtenida.

### 4.1 Las variables

#### 4.1.1. Variable(s) independiente(s)

La variable independiente corresponde a la adopción de tecnologías emergentes en las organizaciones analizadas. Esta variable incluye el nivel de implementación y uso de herramientas como Inteligencia Artificial, Big Data, Ciencia de Datos, sensores, sistemas conectados, tecnologías en la nube, herramientas digitales para la gestión operativa, interoperabilidad entre sistemas y digitalización de procesos internos y externos.

La adopción tecnológica se define como el grado en el que la organización integra estas tecnologías para apoyar funciones estratégicas, operativas y de control de calidad, considerando inversiones, infraestructura, personal capacitado y nivel de apropiación digital.

#### **4.1.2. Variable(s) dependiente(s)**

La variable dependiente es el nivel de madurez tecnológica en los procesos de control de calidad y gestión operativa de las organizaciones del sector. Esta variable se entiende como la capacidad de la empresa para:

Digitalizar procesos, automatizar tareas, integrar sistemas de información, gestionar datos de manera eficiente, emplear analítica para toma de decisiones, garantizar trazabilidad y control en tiempo real.

El nivel de madurez tecnológica refleja el grado en que la organización ha avanzado en la transformación digital de sus procesos relacionados con el control de calidad de materiales y la gestión técnica de proyectos de infraestructura vial.

#### **4.2 Planteamiento de hipótesis**

Una hipótesis constituye una afirmación con valor de verdad que expresa una posible relación entre variables y que puede verificarse mediante datos empíricos. En este sentido, las siguientes hipótesis se formulan como explicaciones tentativas del fenómeno estudiado, derivadas de la revisión documental, del planteamiento del problema y del marco conceptual de la investigación.

##### **Hipótesis general**

Las organizaciones del sector de la construcción y de los ensayos y análisis técnicos que presentan un mayor nivel de adopción de tecnologías emergentes tienden a mostrar un nivel superior de madurez tecnológica en sus procesos de control de calidad.

Esta proposición puede ser probada empíricamente a partir del análisis de los datos recolectados mediante el cuestionario aplicado en 2025.

### **Hipótesis específicas**

- El uso sistemático de herramientas digitales para el registro y trazabilidad de la información incrementa el nivel de madurez tecnológica de las organizaciones analizadas.
- La integración de sistemas tecnológicos entre áreas operativas y administrativas se asocia positivamente con un mayor nivel de digitalización en los procesos de control de calidad.
- La capacitación del talento humano en tecnologías emergentes favorece el avance en la apropiación tecnológica y contribuye a un mayor nivel de madurez tecnológica.
- La utilización de analítica de datos, Big Data o Inteligencia Artificial en los procesos operativos se relaciona con un incremento en la automatización y con un nivel superior de madurez tecnológica.

## **5. RESULTADOS**

El sector de la infraestructura vial en Bogotá enfrenta desafíos crecientes en la gestión del control de calidad de los materiales, especialmente ante la necesidad de optimizar tiempos, reducir costos y fortalecer la confiabilidad de los procesos constructivos. En este escenario, tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial, el Big Data y la Ciencia de Datos se consolidan como herramientas estratégicas para mejorar la toma de decisiones y modernizar los procedimientos de verificación y aseguramiento de calidad.

Con el propósito de analizar el nivel de preparación y adopción tecnológica del sector, así como el interés real de las organizaciones en incorporar estas herramientas, y en coherencia con los lineamientos metodológicos del Proyecto NODO de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO), se aplicó un instrumento de caracterización diseñado para recopilar información cuantitativa relevante. Este instrumento permitió evaluar el estado actual de integración tecnológica en empresas del sector de la construcción y de ensayos técnicos.

### **5.1. Resultado y análisis del instrumento**

Se identificó cómo las empresas de los sectores de construcción y ensayos técnicos integran actualmente tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data, Ciencia de Datos, dentro de sus procesos. Los resultados sintetizan el nivel de madurez digital, el grado de digitalización de los procesos, las herramientas tecnológicas empleadas y las principales brechas existentes. Esta información sirve como punto de partida para comprender la capacidad tecnológica real del sector y las limitaciones que afectan la transformación digital.

### 5.1.1. Revisión documental

La revisión de literatura evidencia que la adopción de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA), el Big Data y la Ciencia de Datos en el control de calidad de los proyectos de infraestructura vial ha avanzado significativamente a nivel internacional, aunque su implementación en el contexto latinoamericano y colombiano continúa siendo limitada y en etapas iniciales.

A nivel global, numerosos estudios demuestran que estas tecnologías están transformando los procesos tradicionales de inspección, monitoreo y evaluación de materiales y pavimentos. Investigaciones recientes destacan que la IA, particularmente mediante técnicas de visión por computador y deep learning, ha permitido automatizar la detección y clasificación de deterioros en pavimentos con altos niveles de precisión.

**Tabla 2.** Implementación de Tecnologías Emergentes en proyectos de infraestructura vial

<b>Autor(es)</b>	<b>Tecnología / Enfoque</b>	<b>Aporte principal</b>	<b>Relevancia para esta investigación</b>
<b>Mukherjee et al. (2021)</b>	Visión por computador + modelos basados en imágenes	Demuestran que modelos entrenados con imágenes e información estructural pueden reemplazar inspecciones manuales, reduciendo tiempos, costos y errores.	Evidencia el potencial de la IA para automatizar procesos de control de calidad en campo y laboratorio.
<b>Ibragimov et al. (2024)</b>	Modelos end-to-end para cálculo automático del PCI	Proponen un sistema capaz de calcular automáticamente el Pavement Condition Index, aumentando la consistencia y precisión de la evaluación.	Reafirma la capacidad de la IA para estandarizar y mejorar el análisis de condiciones de pavimento.
<b>Sholevar et al. (2022)</b>	Revisión de Machine Learning para pavimentos	Identifican tendencias en algoritmos como CNN, SVM y árboles de decisión para detección de fallas y segmentación.	Muestra el estado del arte en modelos aplicados al diagnóstico de fallas en materiales y superficies viales.

<b>Tamagusko et al. (2024)</b>	Modelos predictivos y segmentación avanzada	Destacan el crecimiento de metodologías híbridas para evaluar deterioro y predecir comportamientos del pavimento.	Confirma el valor de sistemas predictivos para anticipar fallas y mejorar la calidad del pavimento.
<b>Wang et al. (2024)</b>	Sensores, compactación inteligente, análisis en tiempo real	Evidencian que la compactación inteligente mejora la uniformidad del pavimento y reduce fallas tempranas.	Sustenta el uso de Big Data y sensores como herramientas para optimizar procesos constructivos.
<b>Ruseruka et al. (2023)</b>	Enfoques multimodales (imágenes, vibraciones, sensores)	Integran diversas fuentes de información para evaluaciones estructurales más robustas.	Destaca el papel de la Ciencia de Datos en la integración de datos heterogéneos para mejorar decisiones de calidad.

**Fuente:** Elaboración Propia

La revisión de literatura evidencia un avance significativo en la integración de tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos para mejorar los procesos de evaluación y control de la infraestructura vial. Diversos autores destacan que la visión por computador y los modelos basados en imágenes han reducido la dependencia de inspecciones manuales, tal como lo demuestran Mukherjee et al. (2021), quienes sostienen que los sistemas automatizados disminuyen tiempos, costos y errores humanos. En la misma línea, Ibragimov et al. (2024) presentan modelos end-to-end capaces de calcular automáticamente el Pavement Condition Index (PCI), lo que incrementa la precisión y consistencia en la evaluación del estado de las vías.

Este panorama se refuerza con las revisiones de Sholevar et al. (2022) y Tamagusko et al. (2024), quienes muestran que los algoritmos de aprendizaje automático, especialmente redes neuronales convolucionales, SVM, árboles de decisión y enfoques híbridos representan la tendencia predominante en la detección de fallas, segmentación de superficies deterioradas y predicción de comportamientos del pavimento. Por su parte, Wang et al. (2024) evidencian el

potencial de los sensores y la compactación inteligente, al demostrar mejoras sustanciales en la uniformidad del pavimento mediante datos en tiempo real. Complementariamente, Ruseruka et al. (2023) destacan la importancia de integrar múltiples fuentes de información (imágenes, vibraciones, sensores) para obtener diagnósticos más robustos y precisos.

A nivel regional, la literatura indica que la adopción de estas tecnologías aún es incipiente. Informes como La República (2025) señalan que la madurez digital en la industria latinoamericana es baja debido a brechas en inversión, disponibilidad de datos y talento especializado. En el caso colombiano, los reportes de Camacol (2023, 2024, 2025) reconocen avances, pero estos se concentran en áreas administrativas y de diseño, dejando rezagada la implementación de herramientas digitales para el control de calidad de materiales y el monitoreo basado en sensores o analítica avanzada. Así mismo, los estudios en el contexto local muestran además que el control de calidad continúa realizándose mediante métodos convencionales, como hojas electrónicas y esquemas manuales de verificación, que presentan limitaciones en trazabilidad, actualización y precisión.

En conjunto, la literatura revisada coincide en que la IA, el Big Data y la Ciencia de Datos poseen un alto potencial para transformar los procesos de control de calidad en infraestructura vial, ofreciendo herramientas predictivas, automatizadas y basadas en datos que permiten mejorar la toma de decisiones y asegurar el cumplimiento de especificaciones técnicas. No obstante, también existe consenso en que, para lograr su implementación efectiva en el contexto colombiano, es necesario fortalecer la cultura digital, mejorar la disponibilidad y estandarización de datos, e impulsar capacidades institucionales y tecnológicas que faciliten el uso de estas herramientas dentro del ciclo de vida de los proyectos.

La evidencia recopilada permite identificar un contraste claro entre el avance internacional y la situación regional y nacional en cuanto a la adopción de tecnologías emergentes en la infraestructura vial. En el plano internacional, los estudios demuestran que la aplicación de IA, Big Data y Ciencia de Datos ha dejado de ser experimental para convertirse en una práctica consolidada en países con mayor desarrollo tecnológico. La literatura también advierte que la implementación exitosa de estas herramientas requiere dos elementos esenciales:

- Disponibilidad de datos estructurados y de calidad.
- Talento humano especializado en analítica avanzada.

Precisamente, estas dos condiciones son las que representan las principales limitaciones en Latinoamérica y Colombia, como señalan La República (2025) y los informes de Camacol. La brecha entre el potencial tecnológico y la realidad del sector es evidente: aunque existe interés en la digitalización, la adopción sigue concentrada en procesos administrativos, dejando rezagados los sistemas de control de calidad y monitoreo inteligente en obra.

Desde una perspectiva crítica, esta situación revela que la transformación digital en infraestructura vial no depende únicamente de adquirir tecnología, sino de abordar problemas estructurales como:

- La baja inversión en innovación;
- La falta de estandarización de datos;
- La escasa interoperabilidad entre equipos y sistemas;
- Las brechas de capacitación técnica en IA y Ciencia de Datos.

En consecuencia, aunque los avances internacionales demuestran la efectividad de estas tecnologías, el contexto nacional requiere estrategias progresivas y adaptadas a la realidad del sector para cerrar la brecha tecnológica y avanzar hacia un uso más intensivo de datos, sensores e inteligencia artificial en los procesos de control de calidad.

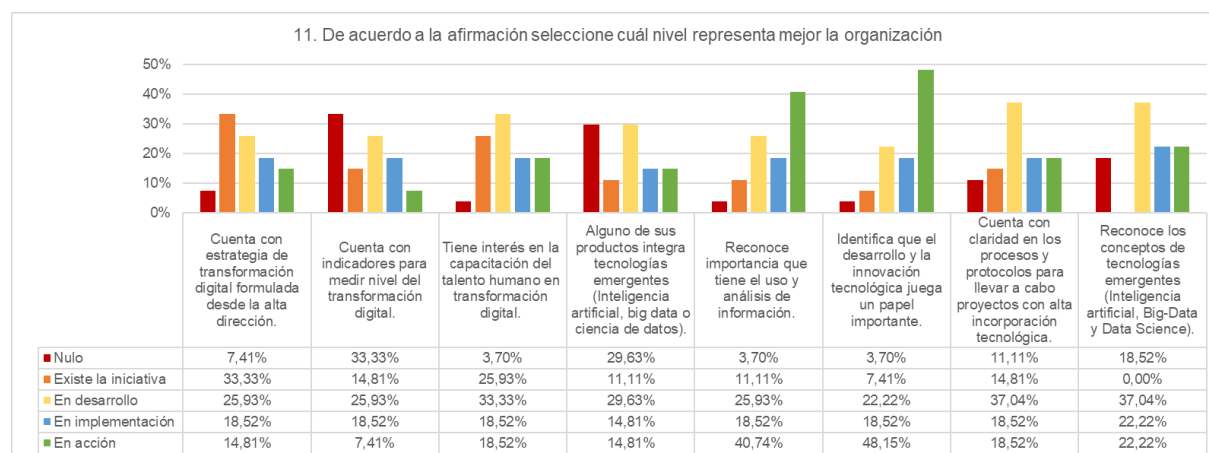
### **5.1.2. Aplicación de cuestionario**

A través de la aplicación de la encuesta, se identificó la disposición del sector para adoptar tecnologías avanzadas, así como las barreras y motivaciones que influyen en la apropiación digital. La información recolectada facilita evaluar el interés estratégico y operativo de las empresas por integrar soluciones de Inteligencia Artificial, analítica de datos y automatización en sus procesos de control de calidad.

En coherencia con el enfoque cuantitativo adoptado en esta investigación y con el alcance del objetivo específico, se procesó la información obtenida a través de la encuesta aplicada a 27 organizaciones del sector, entre ellas constructoras, firmas de consultoría e interventoría y laboratorios de materiales. El tratamiento de los datos incluyó procesos de limpieza, depuración, codificación y análisis descriptivo mediante porcentajes, utilizando herramientas de procesamiento como Excel para garantizar la validez y consistencia de los resultados.

### **Parte 1. MODELO DE NEGOCIO Y PRODUCTO - Nivel estratégico**

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de transformación digital de su modelo de negocio y la implementación de la misma en sus productos.

**Figura 1. Resultados pregunta 11. Transformación digital**

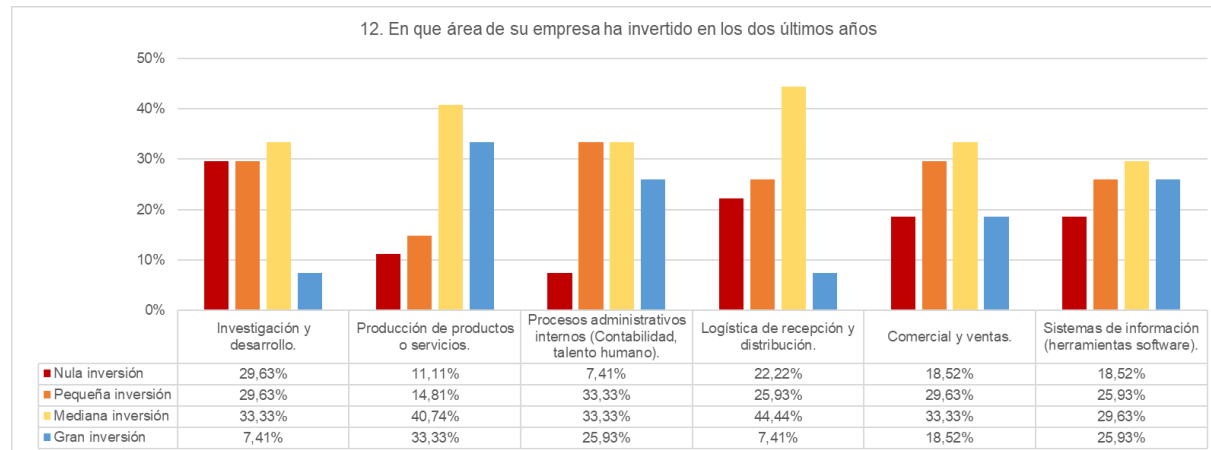
**Fuente:** Elaboración Propia

Los resultados evidencian un nivel medio de madurez digital en las organizaciones analizadas. Si bien el 33,33 % se encuentra en niveles de implementación y acción en cuanto a la existencia de una estrategia de transformación digital, aún un 40,74 % permanece en niveles iniciales o nulos, lo que indica que la transformación digital no está completamente consolidada como una política institucional en el sector. Esta situación se acentúa en la medición del proceso, donde el 33,33 % no cuenta con indicadores para evaluar el avance de la transformación digital, limitando la toma de decisiones basada en datos.

En relación con la integración de tecnologías emergentes en productos y servicios, el 29,63 % de las organizaciones reporta un nivel nulo, mientras que solo el 29,63 % alcanza niveles avanzados, evidenciando una brecha entre la planificación estratégica y la ejecución técnica. No obstante, se observa una alta conciencia sobre la importancia del uso de la información y la innovación tecnológica, con más del 60 % de las organizaciones en niveles de implementación y acción. En conjunto, los resultados sugieren que el sector ha avanzado principalmente en el reconocimiento estratégico de la transformación digital, pero aún enfrenta retos significativos

para materializarla de manera efectiva en los procesos de control de calidad de materiales en proyectos de infraestructura vial.

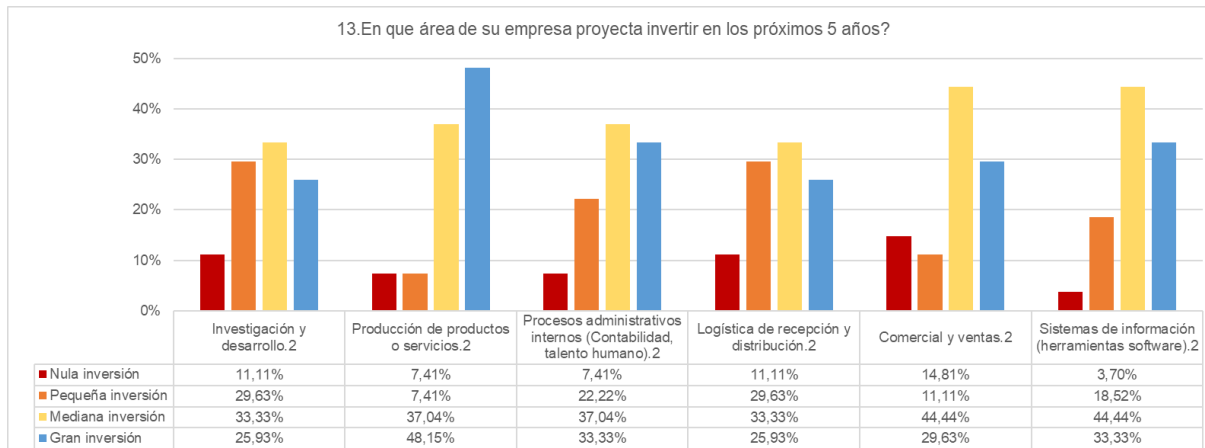
**Figura 2.** Resultados pregunta 12. Inversión en los últimos dos años



**Fuente:** Elaboración Propia

Los resultados muestran que la inversión en las organizaciones del sector se ha concentrado principalmente en áreas operativas y administrativas. En particular, la producción de productos o servicios y los procesos administrativos internos presentan mayores niveles de inversión, con más del 70 % de las organizaciones reportando inversiones medianas o grandes. En contraste, la investigación y desarrollo registra niveles bajos de inversión, ya que el 59,26 % de las organizaciones se ubica entre inversión nula y pequeña, lo que evidencia una limitada priorización de la innovación tecnológica.

Asimismo, la inversión en sistemas de información y herramientas de software muestra un comportamiento heterogéneo: el 55,56 % reporta inversiones medianas o grandes, mientras que el 44,44 % mantiene niveles bajos o nulos. Este resultado indica que, aunque existe un avance hacia la digitalización, aún no todas las organizaciones han fortalecido de manera consistente la infraestructura tecnológica necesaria para soportar procesos avanzados.

**Figura 3. Resultados pregunta 13. Proyección de inversión a cinco años**

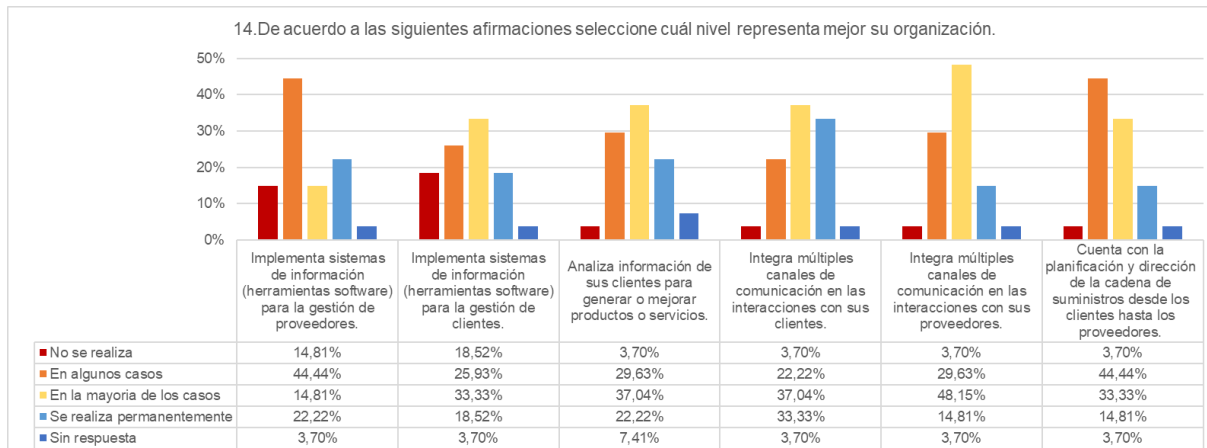
**Fuente:** Elaboración Propia

A diferencia del comportamiento observado en los últimos dos años, los resultados de la proyección de inversión a cinco años evidencian una tendencia positiva hacia la modernización tecnológica. En áreas como producción de productos o servicios, procesos administrativos internos y sistemas de información, más del 70 % de las organizaciones planea realizar inversiones medianas o grandes, lo que refleja una mayor conciencia sobre la necesidad de fortalecer capacidades digitales.

Este cambio en la proyección sugiere que las organizaciones reconocen las limitaciones actuales y visualizan la transformación digital como un factor clave para mejorar la eficiencia operativa y la gestión del control de calidad. No obstante, el reto principal será traducir estas intenciones de inversión en implementaciones efectivas de tecnologías emergentes que impacten directamente los procesos de toma de decisiones en proyectos de infraestructura vial.

## **Parte 2. CLIENTES Y PROVEEDORES**

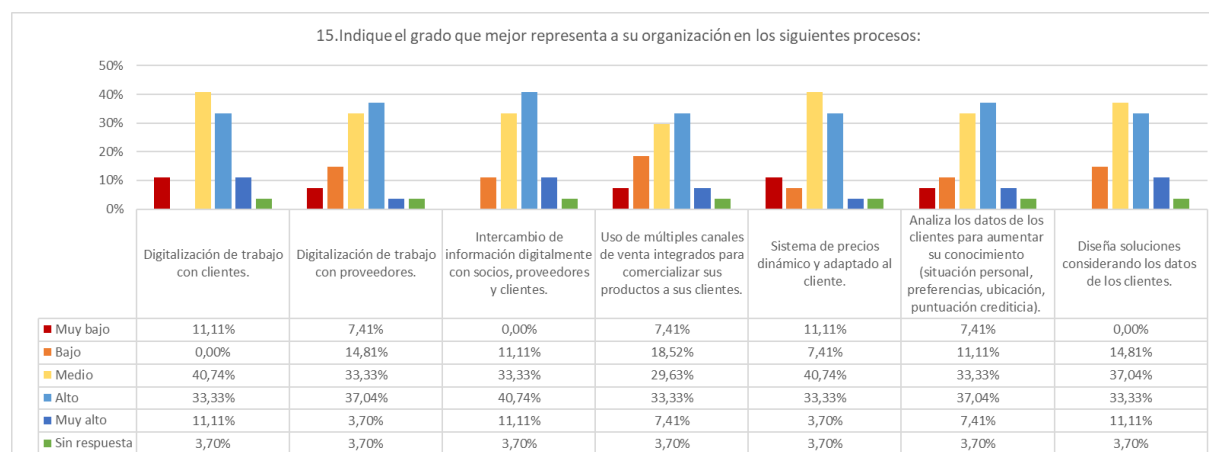
Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su relación con clientes y proveedores

**Figura 4. Resultados pregunta 14. Uso de sistemas de información**

**Fuente:** Elaboración Propia

Los resultados evidencian que el uso de sistemas de información en la gestión de clientes, proveedores y cadena de suministro se encuentra en un nivel intermedio de adopción. En la mayoría de las afirmaciones, más del 60 % de las organizaciones reporta que estos sistemas se utilizan “en algunos casos” o “en la mayoría de los casos”, lo que indica avances en digitalización, aunque aún sin una implementación completamente consolidada.

No obstante, la proporción de organizaciones que señala una implementación permanente es relativamente baja, lo que sugiere que el uso de sistemas de información no es todavía un proceso estandarizado en todas las áreas. Esta situación limita la trazabilidad de la información y la integración de datos necesarios para fortalecer el control de calidad y la gestión eficiente de proyectos de infraestructura vial.

**Figura 5. Resultados pregunta 15. Digitalización de procesos comerciales y uso de datos**

**Fuente:** Elaboración Propia

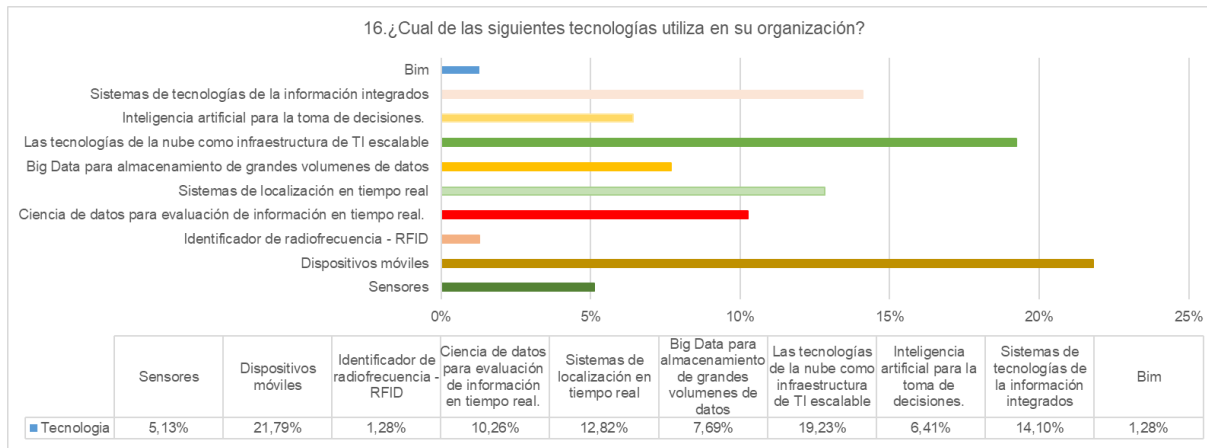
Los resultados muestran que la mayoría de las organizaciones se concentra en niveles medios y altos en aspectos como la digitalización del trabajo con clientes y proveedores y el intercambio de información digital. En promedio, más del 55 % de las organizaciones reporta niveles altos o muy altos en estas prácticas, lo que refleja un avance significativo en la digitalización de los procesos comerciales.

Sin embargo, en variables relacionadas con el uso analítico de los datos para diseñar soluciones y aumentar el conocimiento del cliente, persiste una concentración importante en niveles medios. Esto indica que, aunque las organizaciones han avanzado en la digitalización operativa, el aprovechamiento estratégico de los datos aún no se ha desarrollado plenamente, limitando el potencial de las tecnologías emergentes para la optimización del control de calidad y la toma de decisiones.

### **Parte 3. PROCESOS - Nivel táctico y operativo**

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su proceso principal

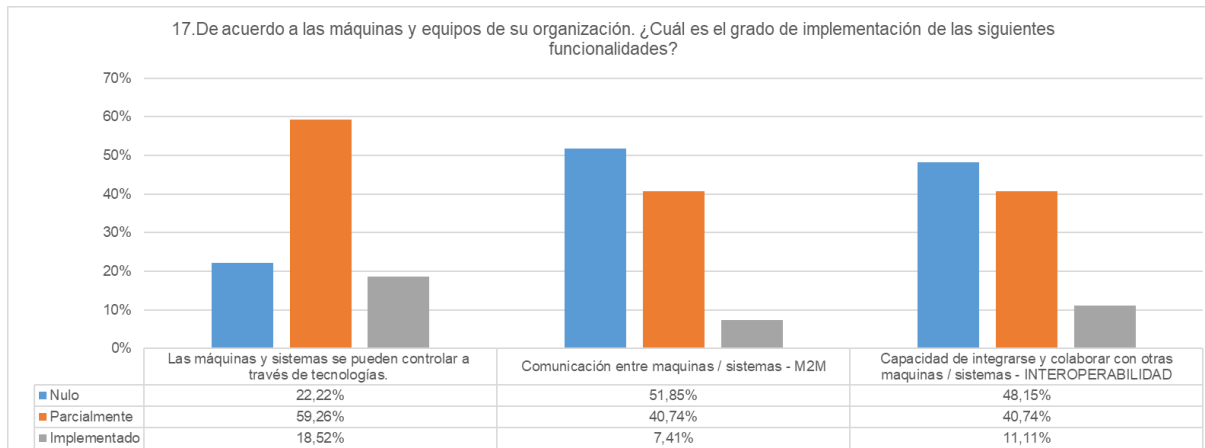
**Figura 6. Resultados pregunta 16. Tecnologías utilizadas en la organización**



**Fuente:** Elaboración Propia

Los resultados evidencian que las tecnologías más utilizadas por las organizaciones corresponden a los dispositivos móviles, los servicios en la nube y los sistemas de información integrados, lo que indica que el sector ha priorizado herramientas orientadas a la digitalización básica de los procesos operativos y administrativos. Estas tecnologías facilitan la comunicación, el almacenamiento de información y la gestión interna de datos.

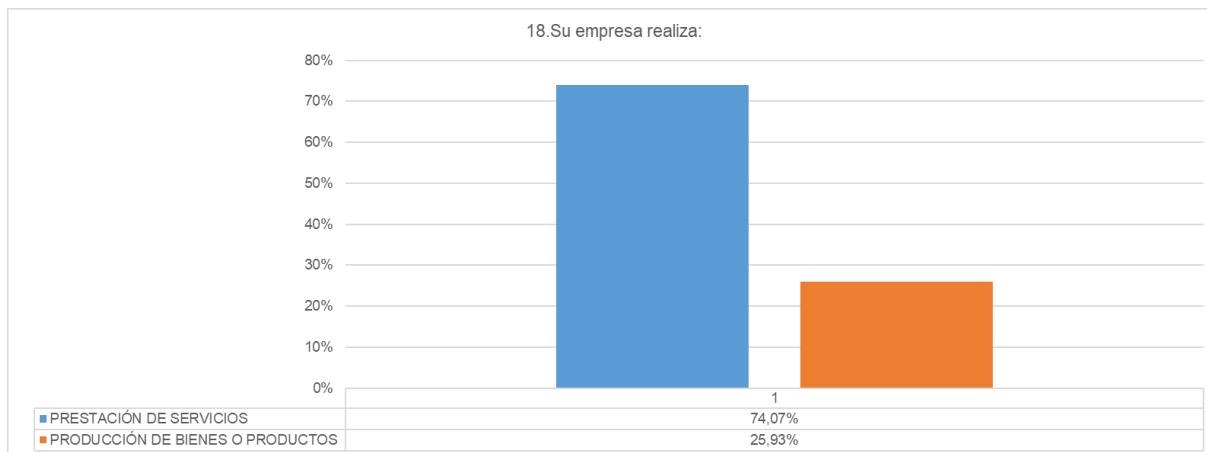
En contraste, tecnologías más avanzadas como la inteligencia artificial, el Big Data, la ciencia de datos, el BIM y los sistemas RFID presentan una adopción considerablemente menor. Este comportamiento evidencia que, aunque existe una base tecnológica inicial, la implementación de soluciones avanzadas con alto potencial para la automatización, el análisis predictivo y la optimización del control de calidad de materiales aún es limitada dentro del sector.

**Figura 7. Resultados pregunta 17. Máquinas y equipos inteligentes**

**Fuente:** Elaboración Propia

El análisis muestra que la mayoría de las organizaciones se encuentra en un nivel parcial de implementación de funcionalidades inteligentes en sus máquinas y equipos. En particular, el 59,26% reporta un control parcial de las máquinas a través de tecnologías, mientras que la comunicación máquina–máquina (M2M) y la interoperabilidad presentan niveles nulos o parciales en más del 80 % de las organizaciones.

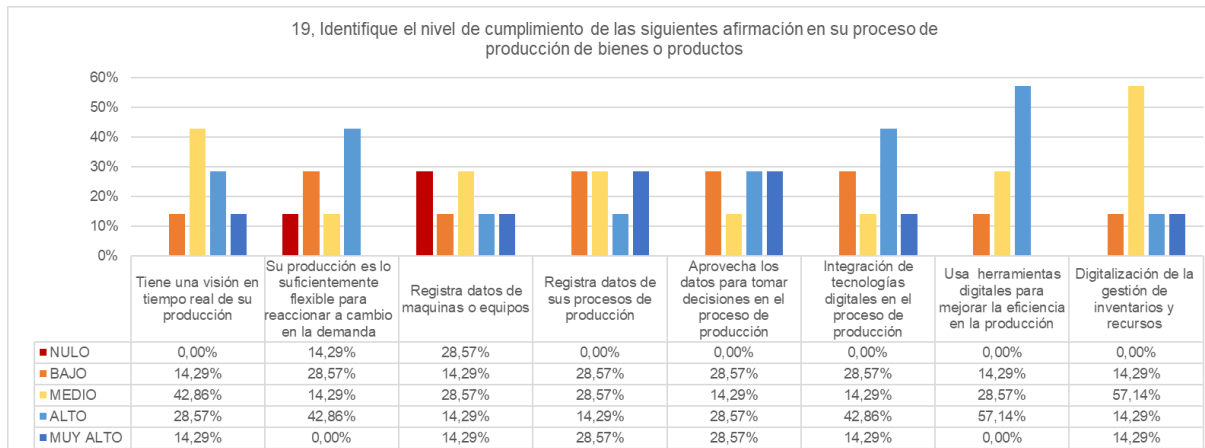
Estos resultados indican que la automatización y la integración tecnológica de los equipos aún se encuentran en etapas tempranas, lo que limita la capacidad del sector para implementar sistemas inteligentes que optimicen procesos, reduzcan errores y mejoren el control de calidad en proyectos de infraestructura vial.

**Figura 8.** Resultados pregunta 18. Tipo de actividad de la organización

**Fuente:** Elaboración Propia

Los resultados indican que el 74,07 % de las organizaciones encuestadas se dedica principalmente a la prestación de servicios, mientras que el 25,93 % corresponde a organizaciones orientadas a la producción de bienes o productos. Esta distribución refleja la estructura del sector analizado, caracterizado por la presencia mayoritaria de empresas dedicadas al sector de la construcción.

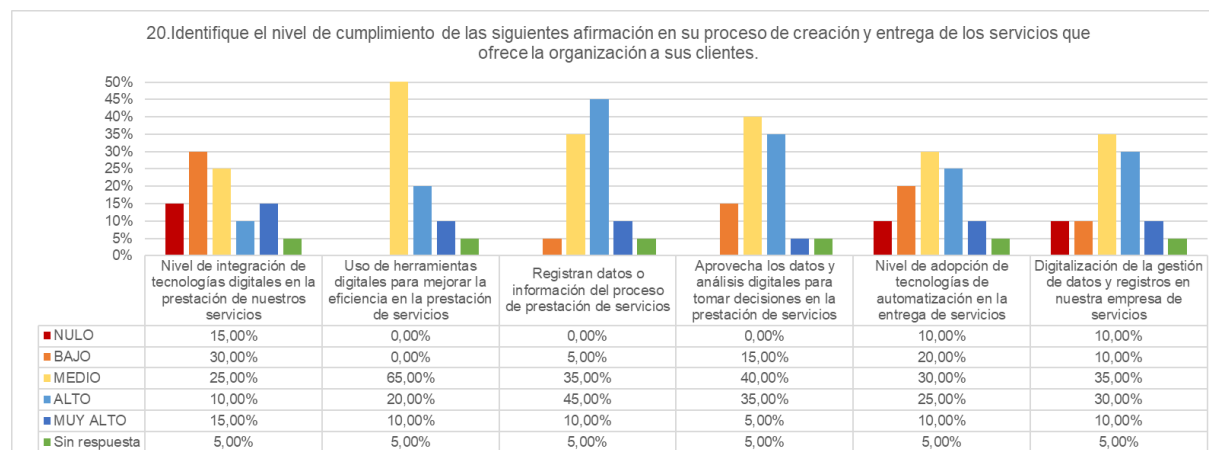
Este resultado es relevante, ya que el predominio de organizaciones de servicios influye directamente en el tipo de tecnologías adoptadas, priorizando herramientas digitales para la gestión de información, el seguimiento de proyectos y el apoyo a la toma de decisiones, más que soluciones enfocadas en procesos productivos industrializados.

**Figura 9. Resultados pregunta 19. Proceso de producción de bienes o productos**

**Fuente:** Elaboración Propia

Los resultados de las siete organizaciones que realizan producción de bienes o productos evidencian un nivel medio de digitalización en los procesos productivos. La mayoría de las empresas se concentra en niveles medio y alto en aspectos como la visión en tiempo real de la producción (71,43 %) y la flexibilidad para responder a cambios en la demanda (57,15 %), lo que indica avances en el control y adaptación de los procesos.

Sin embargo, el registro sistemático de datos de máquinas, equipos y procesos, así como su uso para la toma de decisiones, presenta una distribución equilibrada entre niveles bajo, medio y alto (28,57 % en cada uno), lo que refleja una implementación aún no estandarizada. Aunque el 57,14 % de las organizaciones reporta un nivel alto en el uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia productiva, la digitalización de inventarios y recursos se concentra principalmente en un nivel medio (57,14 %), evidenciando oportunidades de mejora en la integración tecnológica para el control de calidad y la optimización de la producción.

**Figura 10. Resultados pregunta 20. Prestación de servicios**

**Fuente:** Elaboración Propia

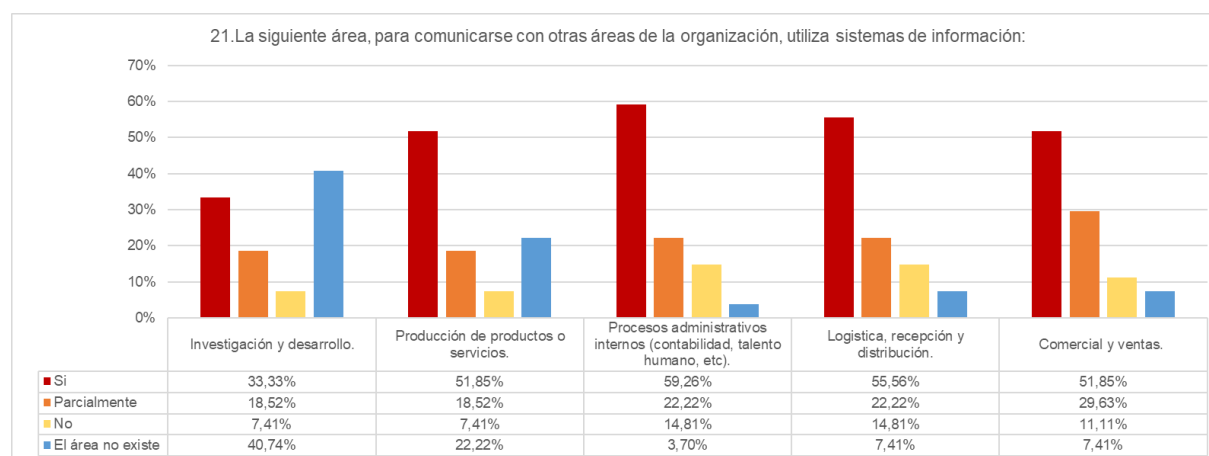
Los resultados correspondientes a las organizaciones que prestan servicios evidencian un nivel intermedio de digitalización en la creación y entrega de estos. En cuanto al nivel de integración de tecnologías digitales, el 35 % de las empresas se concentra en niveles medio y alto, mientras que un 45 % permanece en niveles bajo o nulo, lo que indica avances parciales y una adopción aún desigual.

El uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia muestra un mejor desempeño, con un 65 % en nivel medio y un 30 % en niveles alto y muy alto, evidenciando que las tecnologías digitales ya apoyan la operación del servicio. No obstante, el registro y gestión de datos del proceso de prestación de servicios presenta oportunidades de mejora, ya que aunque el 55 % se ubica en niveles alto y muy alto, persiste un 20 % en niveles bajos. De manera similar, el aprovechamiento de los datos para la toma de decisiones alcanza un 75 % en niveles medio y alto, mientras que la automatización en la entrega de servicios se mantiene principalmente en niveles medio y bajo (50 %), lo que confirma que la transformación digital en el sector de servicios aún se encuentra en una fase de consolidación.

## Parte 4. INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su Infraestructura y gestión de la seguridad.

**Figura 11.** Resultados pregunta 21. Comunicación interna entre áreas mediante sistemas de información

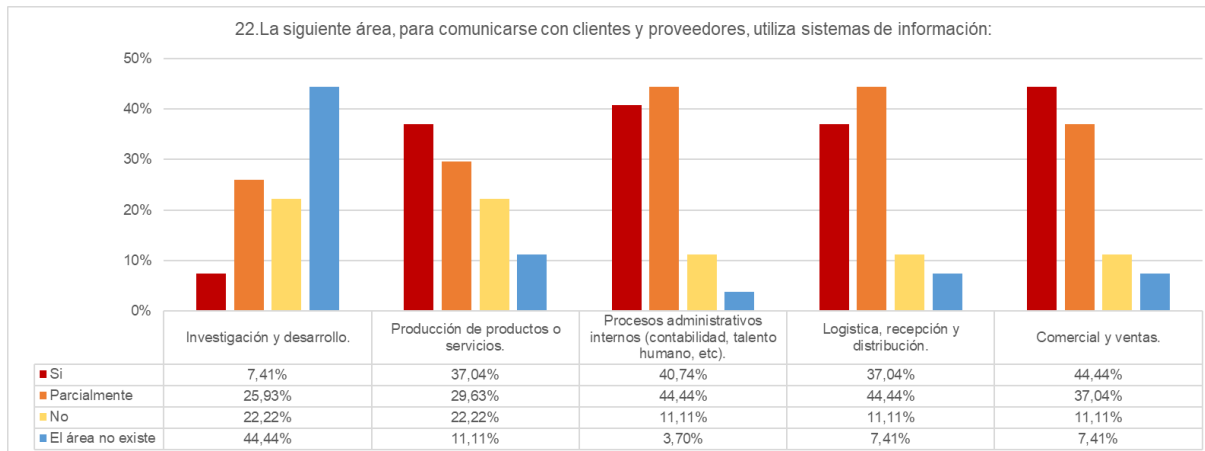


**Fuente:** Elaboración Propia

Los resultados evidencian un uso predominante de sistemas de información en áreas clave. Los procesos administrativos internos lideran la adopción con un 59,26 % en la opción sí, seguidos por logística (55,56 %) y producción (51,85 %). Esto indica que las áreas operativas y de soporte son las más digitalizadas en términos de comunicación interna.

En contraste, el área de investigación y desarrollo presenta una alta proporción de no existencia del área (40,74 %), lo que evidencia limitaciones estructurales en innovación dentro de las organizaciones. En general, los datos muestran una digitalización funcional enfocada en la operación, más que en la generación de conocimiento.

**Figura 12.** Resultados pregunta 22. Comunicación con clientes y proveedores mediante sistemas de información



**Fuente:** Elaboración Propia

La comunicación externa presenta un comportamiento más heterogéneo. Las áreas administrativas (40,74 %) y comercial y ventas (44,44 %) lideran el uso de sistemas de información para comunicarse con clientes y proveedores, lo que refleja una orientación al relacionamiento externo y a la gestión comercial.

Sin embargo, logística y producción muestran mayores niveles de uso parcial (44,44 %), lo que indica procesos aún no completamente integrados digitalmente. En investigación y desarrollo, el 44,44 % señala que el área no existe, reafirmando la baja consolidación de esta función en la mayoría de las organizaciones. En conjunto, los resultados sugieren una adopción digital enfocada en áreas estratégicas de contacto externo, pero con oportunidades de mejora en la integración transversal.

**Figura 13.** Resultados pregunta 23. Uso de servicios en la nube

**Fuente:** Elaboración Propia

La adopción de servicios en la nube es elevada, especialmente para almacenamiento de datos, donde el 100 % de las organizaciones afirma utilizar este tipo de soluciones. Asimismo, el 85,19 % señala el uso de software desde la nube, lo que evidencia un nivel avanzado de digitalización en funciones operativas y administrativas.

No obstante, el uso de la nube para evaluación y análisis de datos presenta una menor penetración (55,56 %), mientras que un 44,45 % indica no utilizarla o no tenerlo planificado. Esto sugiere que, aunque la infraestructura en la nube está ampliamente implementada, su aprovechamiento para fines analíticos y de apoyo a la toma de decisiones aún es limitado.

**Figura 14.** Resultados pregunta 24. Organización de la gestión de tecnologías de la información (TI)

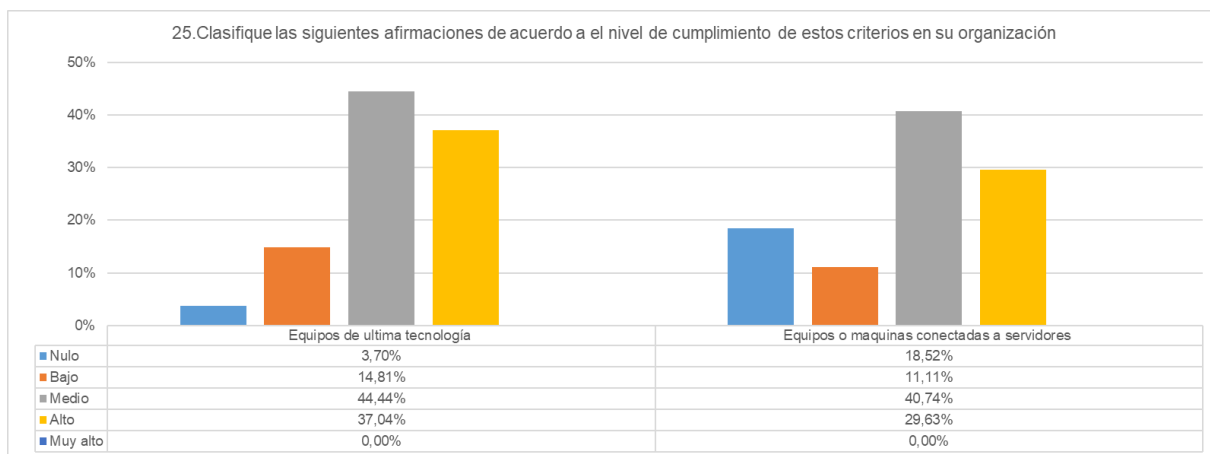


**Fuente:** Elaboración Propia

La gestión de TI se caracteriza principalmente por la ausencia de un departamento propio, ya que el 66,67 % de las organizaciones depende de proveedores externos para la administración tecnológica. Por su parte, el 25,93 % cuenta con un departamento central de TI, mientras que solo el 7,41 % integra expertos en TI dentro de áreas especializadas.

Estos resultados reflejan una gestión tecnológica centralizada o externalizada, con baja integración funcional, lo que puede limitar la alineación entre TI y los procesos estratégicos del negocio.

**Figura 15.** Resultados pregunta 25. Nivel de cumplimiento tecnológico

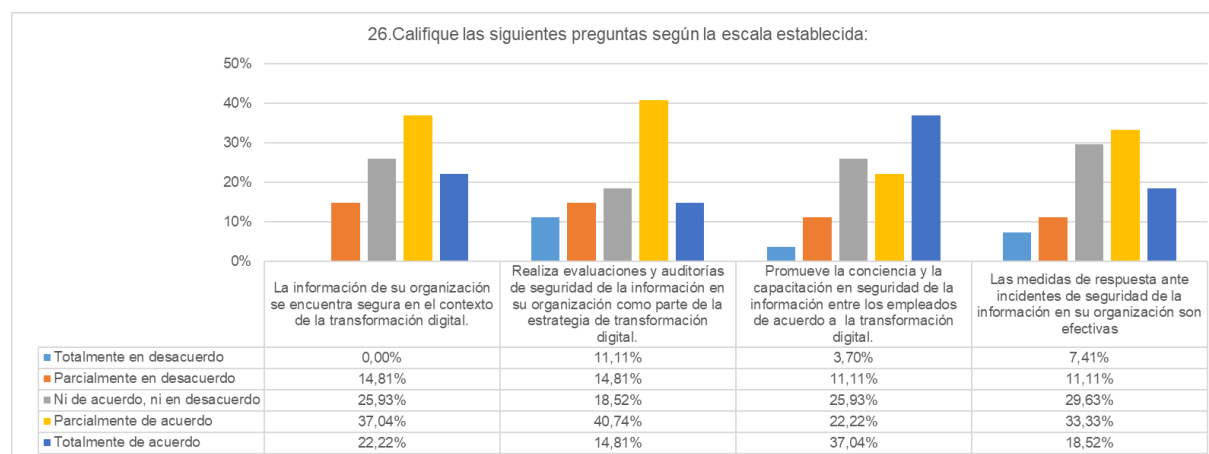


**Fuente:** Elaboración Propia

En relación con la disponibilidad de equipos de última tecnología, el 44,44 % reporta un nivel medio y el 37,04 % un nivel alto, mientras que un 18,51 % se ubica en niveles bajos o nulos. De manera similar, los equipos o máquinas conectadas a servidores presentan mayor concentración en niveles medio (40,74 %) y alto (29,63 %), aunque con una proporción significativa en nivel nulo (18,52 %).

Esto indica que la infraestructura tecnológica está presente, pero no de forma homogénea en todas las organizaciones ni completamente integrada.

**Figura 16.** Resultados pregunta 26. Seguridad de la información



**Fuente:** Elaboración Propia

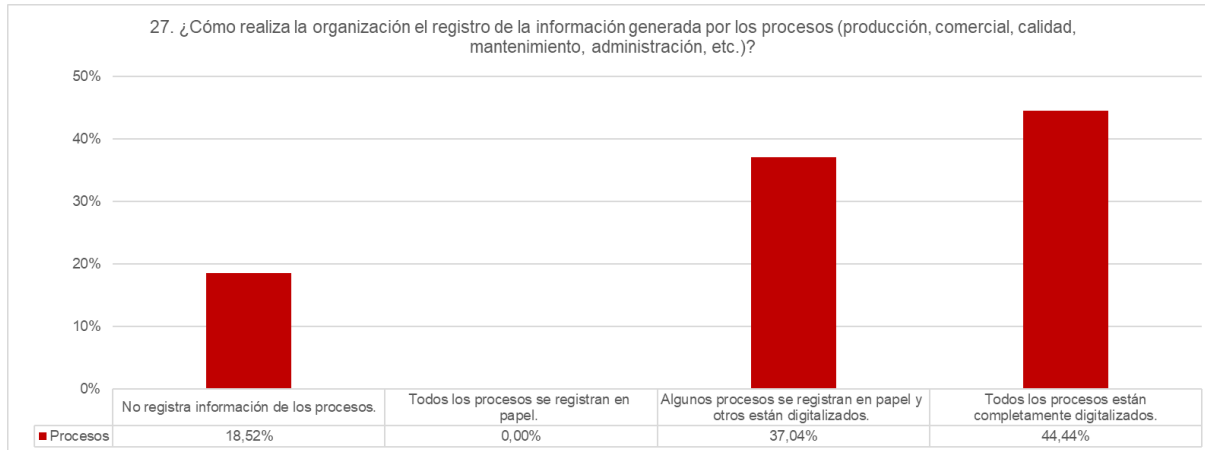
La percepción sobre la seguridad de la información muestra una tendencia hacia el acuerdo parcial en todos los ítems evaluados. En particular, el 37,04 % considera que la información es segura en el contexto de la transformación digital, mientras que el 40,74 % afirma realizar evaluaciones y auditorías de seguridad de manera parcial.

La concienciación y capacitación del personal en seguridad de la información presenta un mayor nivel de acuerdo total (37,04 %), lo que sugiere esfuerzos en formación, aunque todavía sin una consolidación plena de prácticas formales y sistemáticas de seguridad.

## Parte 5. ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de conocimiento, adecuación y proyección de uso de las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0.

**Figura 17.** Resultados pregunta 27. Registro de la información de los procesos



**Fuente:** Elaboración Propia

El 44,44 % de las organizaciones señala que todos sus procesos están completamente digitalizados, mientras que el 37,04 % indica que algunos procesos se registran en papel y otros de forma digital. Sin embargo, un 18,52 % afirma no registrar información de los procesos.

Estos resultados evidencian avances importantes en la digitalización de procesos, aunque persisten esquemas mixtos y brechas en la sistematización de la información.

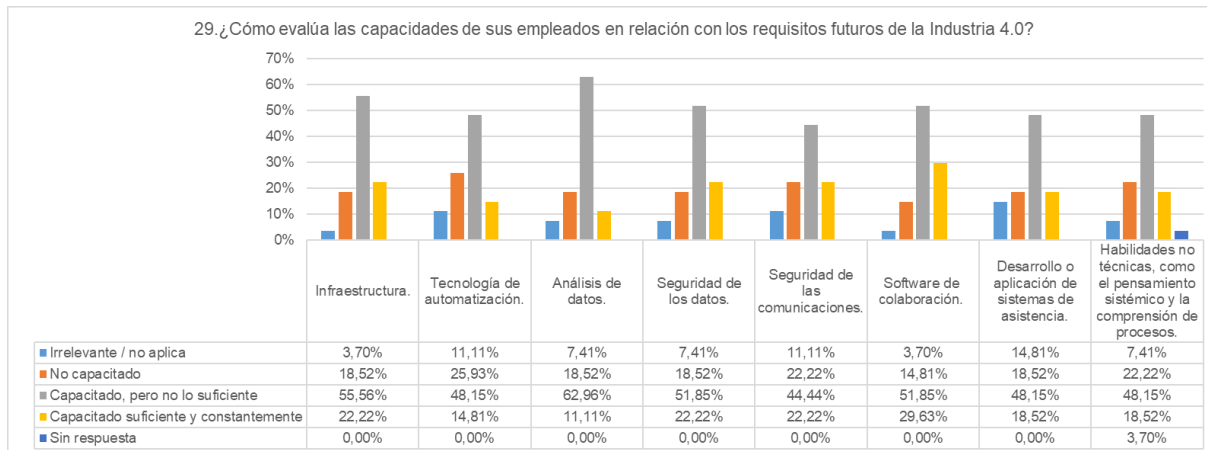
**Figura 18.** Resultados pregunta 28. Disponibilidad de personal responsable de la transformación digital

**Fuente:** Elaboración Propia

Los resultados evidencian una baja consolidación de roles especializados en transformación digital dentro de las organizaciones. El 40,74 % indica que no dispone de ningún rol especializado, lo que sugiere que la transformación digital no está formalmente asignada a un responsable específico.

Por su parte, el 37,04 % señala contar con un rol especializado, lo que refleja un avance incipiente hacia la institucionalización de la transformación digital, aunque de forma limitada y concentrada en una sola figura. En menor proporción, el 18,52 % dispone de varios roles especializados, lo que indica un mayor grado de estructuración y reconocimiento de la complejidad del proceso. Finalmente, solo el 3,70 % afirma contar con una alta especialización en roles digitales clave para la Industria 4.0, lo que confirma que, en la mayoría de las organizaciones, la transformación digital aún no se gestiona como una función estratégica transversal, sino como una responsabilidad parcial o inexistente.

**Figura 19. Resultados pregunta 29. Capacidades del personal frente a los requisitos de la Industria 4.0**

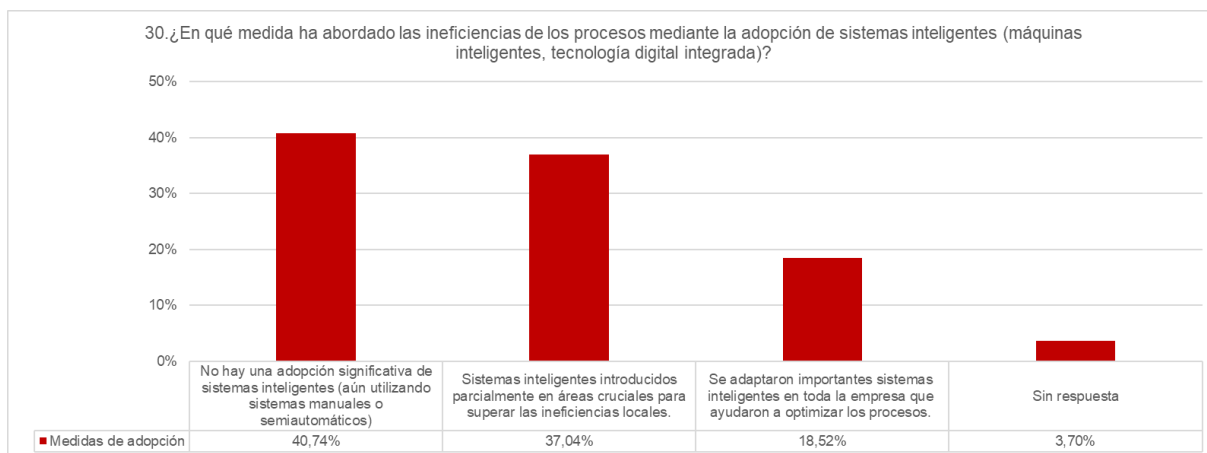


**Fuente:** Elaboración Propia

En todas las áreas evaluadas predomina la categoría “capacitado, pero no suficiente”, con valores que oscilan entre el 44 % y el 63 %, destacándose el análisis de datos (62,96 %) y la seguridad de los datos (51,85 %).

La proporción de personal considerado suficientemente capacitado y en formación constante es menor, lo que indica que, si bien existen conocimientos básicos, aún no se alcanza un nivel de especialización acorde con los requerimientos futuros de la Industria 4.0.

**Figura 20. Resultados pregunta 30. Adopción de sistemas inteligentes**

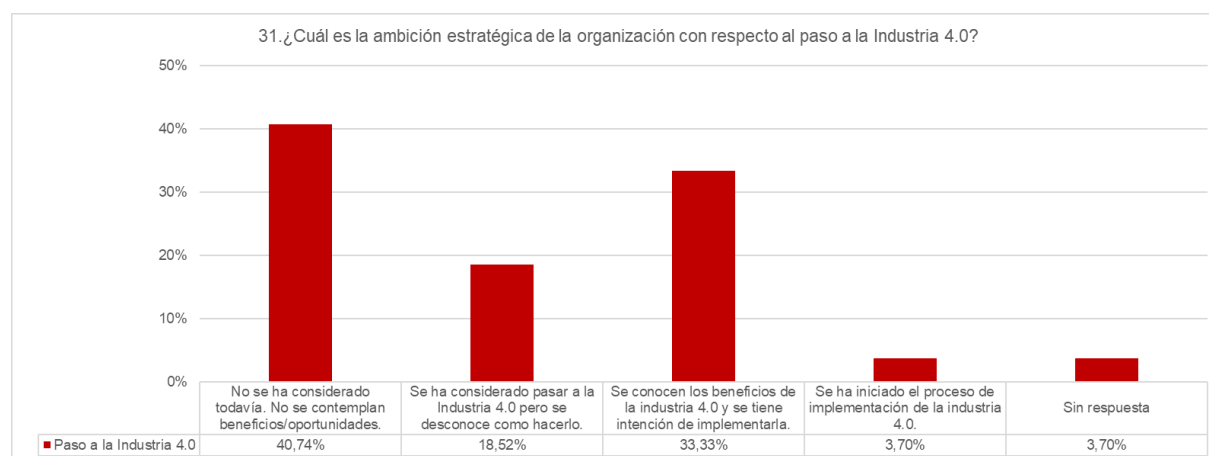


**Fuente:** Elaboración Propia

El 40,74 % de las organizaciones manifiesta no haber adoptado de manera significativa sistemas inteligentes, manteniendo procesos manuales o semiautomatizados. Un 37,04 % ha introducido estos sistemas de forma parcial en áreas específicas, mientras que solo el 18,52 % reporta una adopción integrada a nivel organizacional.

Esto refleja un proceso de implementación gradual, con predominio de soluciones aisladas más que de sistemas plenamente integrados.

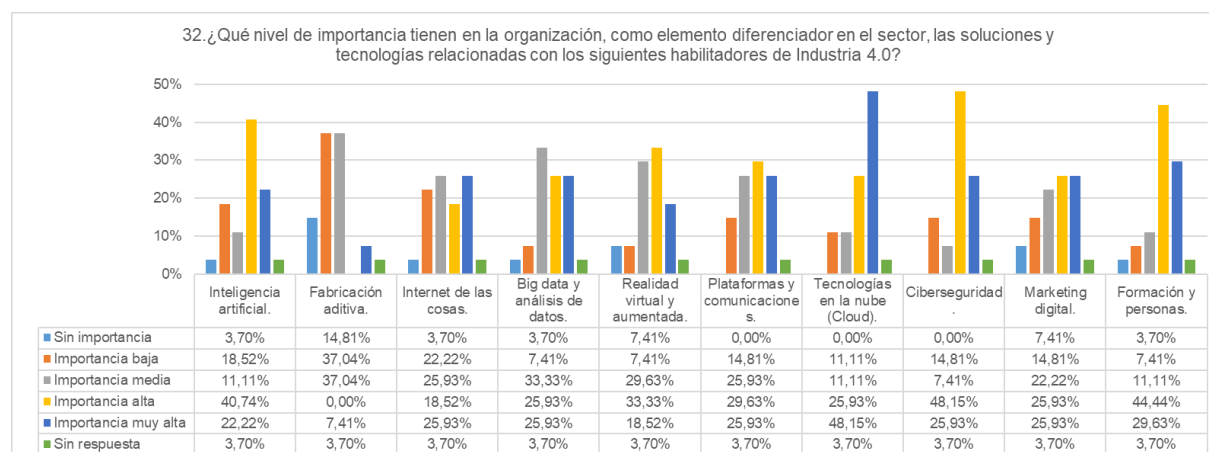
**Figura 21.** Resultados pregunta 31. Ambición estratégica frente a la Industria 4.0



**Fuente:** Elaboración Propia

El 40,74 % de las organizaciones no ha considerado aún el paso hacia la Industria 4.0, mientras que el 18,52 % reconoce su importancia, pero desconoce cómo implementarla. Por otro lado, el 33,33 % afirma conocer los beneficios y tener la intención de avanzar en esta dirección, aunque solo un 3,70 % se encuentra en una fase inicial de implementación.

Los resultados muestran una brecha entre el reconocimiento del valor estratégico y la acción concreta.

**Figura 22.** Resultados pregunta 32. Importancia de los habilitadores de la Industria 4.0

**Fuente:** Elaboración Propia

Las tecnologías mejor valoradas como elementos diferenciadores son la ciberseguridad, las tecnologías en la nube, la inteligencia artificial y la formación de personas, concentrando los mayores porcentajes en niveles de importancia alta y muy alta.

En contraste, habilitadores como la realidad aumentada, la fabricación aditiva y el internet de las cosas presentan una mayor dispersión en las respuestas, lo que sugiere un conocimiento y aplicación aún incipientes.

De manera general, los resultados evidencian que las organizaciones analizadas se encuentran en una fase intermedia de madurez digital, con avances significativos en la adopción de tecnologías básicas, especialmente en el uso de servicios en la nube y en la digitalización de procesos. No obstante, estos avances se concentran principalmente en funciones operativas y administrativas, mientras que el aprovechamiento estratégico de la tecnología aún es limitado.

La gestión de tecnologías de la información se caracteriza por una baja estructuración interna, con predominio de modelos externalizados y una escasa definición de roles especializados en transformación digital. Asimismo, aunque existe conciencia sobre la

importancia de la seguridad de la información y de la Industria 4.0, las prácticas asociadas se implementan de manera parcial y no sistemática.

En cuanto al talento humano, se identifica una brecha entre las competencias existentes y los requerimientos futuros, con niveles de capacitación que resultan insuficientes para una adopción avanzada de tecnologías digitales. En conjunto, los resultados reflejan una transformación digital en curso, pero aún fragmentada, lo que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer la integración estratégica, organizacional y humana para avanzar hacia la Industria 4.0.

## **5.2. Propuesta**

### **Recomendaciones de implementación de tecnologías emergentes para optimizar costos y tiempos**

El análisis del nivel de apropiación tecnológica en las organizaciones del sector de infraestructura vial en Bogotá confirma la existencia de una brecha significativa entre la intención estratégica y el uso efectivo de tecnologías emergentes. Este hallazgo coincide con lo planteado por autores como Vial (2019), quien sostiene que la transformación digital en sectores tradicionales enfrenta barreras estructurales relacionadas con capacidades internas, cultura organizacional y modelos operativos que dificultan la adopción de tecnologías avanzadas. Los resultados de la encuesta muestran precisamente este fenómeno: aunque muchas organizaciones expresan interés en modernizarse, la inversión aún se concentra en sistemas básicos de información, y no en tecnologías predictivas o automatizadas. Asimismo, Kane et al. (2016) plantean que la transformación digital no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino de la capacidad de las organizaciones para integrar conocimientos, fortalecer competencias internas y rediseñar procesos. Esto explica por qué, pese a que más de la mitad de las empresas

han realizado inversiones medianas o altas en software, la apropiación de herramientas de IA, Big Data o Ciencia de Datos sigue siendo limitada. La falta de talento especializado y la baja estructuración de datos, evidenciada en el sector, refuerza esta perspectiva.

La invitación evidencia que el sector de la infraestructura vial en Bogotá presenta un nivel medio de madurez digital, caracterizado por una brecha significativa entre la formulación estratégica y la ejecución técnica de iniciativas de transformación digital. En efecto, aunque el 33,33 % de las organizaciones encuestadas manifestó contar con iniciativas de transformación digital impulsadas desde la alta dirección, estas se concentran mayoritariamente en fases tempranas, tales como “existencia de la iniciativa” (33,33 %) y “en desarrollo” (25,93 %). En contraste, únicamente el 18,52 % reporta encontrarse en fase de implementación y el 14,81 % en etapa de acción, lo que confirma la necesidad de estructurar planes operativos claros que permitan materializar dichas estrategias.

Adicionalmente, los resultados indican que solo el 18,52 % de las organizaciones utiliza de manera sistemática herramientas digitales avanzadas para el control de calidad de materiales, mientras que el 96,30 % de los encuestados reconoce que el uso de información en tiempo real permitiría anticipar desviaciones, reducir reprocesos y mejorar el desempeño global de los proyectos. Esta diferencia entre percepción y aplicación evidencia una oportunidad estratégica para la adopción progresiva de tecnologías emergentes.

Con base en estos hallazgos, se propone un modelo de implementación por fases, orientado a facilitar la adopción efectiva de Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos en los procesos de control de calidad de materiales en proyectos de infraestructura vial.

## **Fase 1. Digitalización y estructuración de la información**

**Objetivo:** Garantizar la trazabilidad y confiabilidad de los datos técnicos de calidad.

**Plan de acción:**

- Estandarizar el registro digital de los Planes de Inspección y Ensayos (PIE), migrando los formatos tradicionales en hojas de cálculo a plataformas digitales centralizadas.
- Consolidar bases de datos únicas que integren resultados de ensayos de laboratorio, inspecciones en obra y registros de proveedores de materiales.
- Implementar herramientas de almacenamiento en la nube para asegurar la disponibilidad y actualización en tiempo real de la información técnica.

Esta fase responde a que el 40,74 % de las organizaciones reconoce la importancia del uso y análisis de la información, pero aún no cuenta con sistemas integrados que faciliten su explotación. La experiencia documentada por Wang et al. (2024) demuestra que la digitalización de datos de compactación y ensayos en tiempo real reduce la variabilidad en la calidad de los pavimentos y mejora la toma de decisiones en obra.

## **Fase 2. Analítica de datos y monitoreo inteligente**

**Objetivo:** Transformar los datos recopilados en información útil para la gestión técnica y gerencial.

**Plan de acción:**

- Implementar herramientas de analítica descriptiva y predictiva para identificar tendencias, desviaciones recurrentes y posibles fallas en los materiales.

- Incorporar sensores y equipos inteligentes para la captura automática de datos críticos (compactación, temperatura, humedad, resistencia).
- Utilizar modelos de Ciencia de Datos para correlacionar resultados de ensayos con condiciones de ejecución y desempeño del material.

Esta fase se justifica considerando que solo el 25,93 % de las organizaciones identifica la capacitación del talento humano como un factor clave, lo que limita el aprovechamiento de los datos disponibles. Estudios como el de Ruseruka et al. (2023) evidencian que la integración de múltiples fuentes de datos mejora significativamente la confiabilidad de los diagnósticos de calidad en infraestructura vial.

### **Fase 3. Implementación de modelos de Inteligencia Artificial**

**Objetivo:** Automatizar el control de calidad y fortalecer la capacidad predictiva de los proyectos.

#### **Plan de acción:**

- Aplicar modelos de aprendizaje automático para la detección temprana de fallas en materiales y pavimentos mediante imágenes y datos históricos.
- Desarrollar sistemas de alertas tempranas que notifiquen desviaciones frente a las especificaciones técnicas del IDU y el INVIAS.
- Integrar los resultados de los modelos de IA en los procesos de toma de decisiones de la interventoría y la gerencia de proyectos.

Casos de éxito reportados en la literatura respaldan esta estrategia. Ibragimov et al. (2024) demostraron que el uso de redes neuronales profundas permite alcanzar precisiones cercanas al 95 % en la detección de deterioros en pavimentos, superando ampliamente los métodos tradicionales basados en inspecciones manuales.

#### **Fase 4. Gestión del cambio y fortalecimiento organizacional**

**Objetivo:** Asegurar la sostenibilidad de la transformación digital.

**Plan de acción:**

- Diseñar programas de capacitación progresiva en tecnologías emergentes dirigidos a ingenieros, laboratoristas e interventores.
- Definir políticas internas que alineen la estrategia digital con los procesos operativos y contractuales.
- Establecer indicadores de desempeño asociados al uso de tecnologías digitales en el control de calidad, tales como reducción de reprocesos, disminución de tiempos de respuesta y mejora en la confiabilidad de los ensayos.

Esta fase es crítica considerando que, aunque el 59,26 % de las organizaciones manifestó intención de incorporar tecnologías emergentes en el corto y mediano plazo, la falta de capacidades internas constituye una de las principales barreras para su implementación efectiva, tal como lo plantea Vial (2019) en su análisis sobre transformación digital en sectores tradicionales.

En conjunto, esta propuesta busca cerrar la brecha identificada entre la intención estratégica y la ejecución técnica, ofreciendo un plan de acción estructurado, gradual y alineado con la

realidad del sector, que permita optimizar el control de calidad de los materiales, reducir costos asociados a fallas y reprocesos, y mejorar el desempeño global de los proyectos de infraestructura vial en Bogotá D.C.

Como segunda propuesta y con base en el diagnóstico documental y el análisis de la encuesta aplicada, se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a facilitar la adopción progresiva de tecnologías emergentes y fortalecer la eficiencia operativa de las empresas del sector, con el propósito de convertirlas en referentes de innovación dentro del ámbito de la construcción de infraestructura vial:

**Implementar pilotos de bajo costo y alto impacto:** Se recomienda iniciar con proyectos piloto que permitan validar el potencial de las tecnologías emergentes sin incurrir en altos costos iniciales. Entre las iniciativas prioritarias se encuentran:

- La realización de pruebas piloto basadas en visión por computador y análisis de imágenes para la detección automática de grietas, baches y fallas superficiales en pavimentos. Estudios como los de Ibragimov et al. (2024) y Mukherjee et al. (2021) demuestran que estos sistemas alcanzan precisiones superiores al 90 %, reduciendo significativamente los tiempos de inspección y la subjetividad asociada a los métodos manuales.
- La incorporación de sensores en equipos de compactación y ensayos de laboratorio para registrar de forma automática parámetros como densidad, humedad y número de pasadas, siguiendo enfoques similares a los documentados por Wang et al. (2024). Esta acción permite mejorar la trazabilidad de los datos y disminuir errores derivados del registro manual.

**Estandarizar la captura y gestión de datos:** Es fundamental establecer protocolos unificados para la recolección, almacenamiento y validación de datos provenientes de ensayos y actividades de campo. Para ello se recomienda:

- Definir lineamientos claros para la captura estructurada de datos, asegurando consistencia y comparabilidad entre proyectos.
- Alimentar con información relevante en los cronogramas de obra los tiempos de tomas de muestras de calidad de los materiales de construcción y sus resultados, generando alertas de planificación estratégica para hacerle seguimiento a cada elemento según los planes de inspección de ensayos particulares para cada obra.
- Documentar mediante base de datos y de la Inteligencia Artificial para que se obtengan los análisis de resultados de manera ágil a fin de verificar su cumplimiento según la normativa aplicable.
- Implementar esquemas sencillos que permitan centralizar la información en plataformas en la nube, facilitando el acceso, trazabilidad y análisis transversal.

**Fortalecer capacidades internas:** La adopción tecnológica debe ir acompañada del desarrollo de competencias internas en los equipos de trabajo. En este sentido, se propone:

- Ofrecer formación en analítica de datos aplicada a procesos de control de calidad, uso de herramientas como interpretación de modelos predictivos y alfabetización digital básica.
- Definir roles específicos responsables de la gobernanza de datos, tales como data stewards, que garanticen la calidad, integridad y adecuada gestión de la información.

**Escalar progresivamente soluciones de analítica e inteligencia artificial:** Una vez establecidos los primeros pilotos y capacidades internas, se recomienda avanzar hacia soluciones de mayor complejidad, entre ellas:

- La integración de dashboards interactivos para el monitoreo en tiempo real de indicadores clave del control de calidad, permitiendo una gestión más eficiente y basada en evidencia.
- El desarrollo de modelos predictivos orientados a priorizar ensayos críticos, anticipar desviaciones y detectar anomalías tempranas en materiales y procesos constructivos.

**Articular alianzas estratégicas:** Para acelerar la adopción tecnológica y garantizar su sostenibilidad, se sugiere promover alianzas entre constructoras, laboratorios de materiales, instituciones académicas y entidades públicas. Dichas alianzas permitirán:

- Compartir datos y experiencias para robustecer la calidad de los modelos analíticos.
- Fortalecer la transferibilidad de soluciones tecnológicas entre distintos proyectos y organizaciones.

En conjunto, estas recomendaciones permiten avanzar hacia un sistema de control de calidad más eficiente, automatizado y basado en evidencia, generando impactos directos en la reducción de tiempos, costos y retrabajos en los proyectos de infraestructura vial. Con ello, las empresas del sector pueden posicionarse como referentes de innovación y modernización en la industria de la construcción.

### **5.3. Discusión**

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que el sector de la infraestructura vial en Bogotá se encuentra en una etapa de transición hacia la transformación digital,

caracterizada por avances parciales y desiguales entre el nivel estratégico y el nivel operativo. Este comportamiento es consistente con lo planteado por Vial (2019) y Kane et al. (2016), quienes señalan que, en sectores tradicionales como la construcción, la transformación digital suele iniciar desde la formulación de estrategias corporativas sin una implementación técnica inmediata. En efecto, los datos de la encuesta aplicada a 27 organizaciones muestran que, aunque el 33,33 % se ubica en niveles de “implementación” o “acción” respecto a la existencia de una estrategia de transformación digital, un 40,74 % permanece en niveles iniciales o nulos, lo que evidencia una adopción aún incipiente y predominantemente estratégica.

Este desfase entre estrategia y ejecución se acentúa al observar que el 33,33 % de las organizaciones no cuenta con indicadores definidos para medir el avance de la transformación digital. Este resultado respalda los planteamientos de Kane et al. (2016), quienes advierten que la ausencia de métricas claras limita la capacidad de las organizaciones para gestionar la transformación digital de manera efectiva. Desde el análisis de esta investigación, la falta de indicadores no solo dificulta la evaluación del impacto de las inversiones tecnológicas, sino que también restringe la toma de decisiones basada en datos, afectando directamente la madurez digital de los procesos de control de calidad.

Asimismo, los resultados evidencian que la integración de tecnologías emergentes en productos y servicios es limitada. En particular, el 29,63 % de las organizaciones reporta un nivel nulo de integración de tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data o Ciencia de Datos, mientras que solo el 29,63 % alcanza niveles avanzados. Este hallazgo coincide con lo señalado por Sholevar et al. (2022) e Ibragimov et al. (2024), quienes identifican que la falta de datos estructurados, la baja interoperabilidad entre sistemas y las brechas de capacitación del talento humano constituyen barreras recurrentes para la adopción efectiva de tecnologías 4.0. El análisis

de los resultados sugiere que estas limitaciones están presentes en el contexto local y explican, en parte, la baja incorporación de soluciones analíticas avanzadas en los procesos técnicos.

En relación con los procesos operativos, la encuesta muestra que la digitalización se concentra principalmente en funciones administrativas y logísticas, mientras que los procesos críticos asociados al control de calidad de materiales continúan apoyándose en métodos convencionales. Esto se evidencia en que el 40,74 % de las organizaciones no ha adoptado de manera significativa sistemas inteligentes, manteniendo procesos manuales o semiautomatizados, y solo el 18,52 % reporta una adopción integrada a nivel organizacional. Este resultado refuerza lo planteado por Camacol (2024), quien señala que la transformación digital en el sector de la construcción colombiano ha sido fragmentada y orientada principalmente a la gestión documental, más que a la automatización y analítica avanzada de los procesos técnicos en obra.

Desde la perspectiva de la dirección de proyectos, estos hallazgos ponen de manifiesto una brecha significativa entre el potencial tecnológico disponible y su aprovechamiento real para fortalecer los procesos de planificación, seguimiento y control. Aunque la literatura internacional destaca que el uso de analítica de datos e Inteligencia Artificial permite mejorar la trazabilidad y anticipar desviaciones en proyectos de infraestructura, los resultados de la encuesta indican que estas capacidades aún no se materializan plenamente en el sector analizado. En particular, la limitada integración entre información de ensayos de laboratorio, registros de obra y datos operativos en tiempo real reduce la posibilidad de avanzar hacia modelos de gestión predictivos y basados en evidencia.

Adicionalmente, el análisis comparativo entre los resultados empíricos y la revisión documental permite identificar que las organizaciones con mayores niveles de adopción

tecnológica presentan un mayor grado de madurez digital en sus procesos de control de calidad, lo cual respalda las hipótesis planteadas en la investigación. Sin embargo, el reducido porcentaje de organizaciones que alcanza niveles avanzados de implementación sugiere la existencia de desafíos estructurales persistentes, relacionados con la inversión en innovación, la estandarización de datos y el fortalecimiento de capacidades internas en analítica avanzada e inteligencia artificial.

En este sentido, la discusión permite concluir que la transformación digital del control de calidad de materiales no puede abordarse únicamente desde la incorporación de herramientas tecnológicas, sino que requiere una gestión integral del cambio organizacional. Tal como lo evidencian los resultados y lo respalda la literatura, es necesario fortalecer el liderazgo desde la alta dirección, articular la estrategia digital con los procesos operativos y promover una cultura organizacional orientada al uso sistemático de datos para la toma de decisiones. Solo bajo estas condiciones será posible cerrar la brecha identificada entre la planificación estratégica y la ejecución técnica, y avanzar hacia una gestión de proyectos más eficiente, transparente y alineada con los requerimientos técnicos y normativos del sector de la infraestructura vial.

## 6. CONCLUSIONES

La investigación evidencia que, si bien el sector de la construcción de infraestructura vial en Bogotá reconoce la importancia estratégica de la transformación digital, persiste una brecha significativa entre la formulación de estrategias y la implementación efectiva de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial, el Big Data y la Ciencia de Datos en los proyectos de construcción. Esta situación se sustenta en los resultados de la encuesta aplicada, donde el 33,33% de las organizaciones manifestó contar con iniciativas de transformación digital promovidas desde la alta dirección; no obstante, la mayoría de estas se encuentran en fases tempranas, clasificadas como “existencia de la iniciativa” el 33,33% o “en desarrollo” el 25,93%, mientras que un porcentaje reducido reporta encontrarse en etapas de “implementación” el 18,52% o “en acción” el 14,81%.

De igual manera, aunque el 40,74% de las organizaciones reconocen la relevancia del uso y análisis de la información, así como el 25,93% la necesidad de fortalecer la capacitación del talento humano, los resultados evidencian una baja integración de tecnologías emergentes en los productos, servicios y procesos operativos. Esta limitación es particularmente notoria en los procesos asociados al control de calidad de los materiales, donde solo el 18,52% de las organizaciones reporta uso sistemático de herramientas digitales avanzadas, lo cual restringe el aprovechamiento del potencial de estas tecnologías para fortalecer la gestión de proyectos desde la dirección, al reducir la disponibilidad de información actualizada, trazable y basada en datos para la toma de decisiones estratégicas y técnicas.

Los resultados del instrumento aplicado confirman que la implementación de tecnologías emergentes en los procesos de control de calidad de los materiales es aún incipiente y presenta

un comportamiento heterogéneo entre las organizaciones analizadas, evidenciado en diferencias superiores al 44% entre aquellas que no han iniciado procesos de adopción y las que reportan algún nivel de implementación. No obstante, se identifica un interés creciente por avanzar hacia modelos de gestión más digitalizados, reflejado en que el 59,26% de las organizaciones manifestó intención de incorporar este tipo de tecnologías en el corto y mediano plazo.

El contraste entre los resultados empíricos de la encuesta y la revisión documental realizada muestra coherencia con los hallazgos del estado del arte, el cual señala que la adopción de herramientas basadas en Inteligencia Artificial y analítica de datos permite mejorar la trazabilidad, la detección temprana de fallas y la optimización de costos y tiempos en proyectos de infraestructura vial. Sin embargo, la investigación demuestra que dichos beneficios aún no se materializan plenamente en el contexto local, dado que solo el 29,63 % de las organizaciones reporta impactos medibles en la eficiencia del control de calidad, lo cual se explica por limitaciones de tipo organizacional, técnico y de capacitación del talento humano.

Desde la perspectiva de la dirección de proyectos, se concluye que el fortalecimiento de la implementación de tecnologías emergentes constituye un factor clave para mejorar los procesos de planificación, seguimiento y control, especialmente en lo relacionado con el control de calidad de los materiales. La integración de estas tecnologías permite contrastar de manera sistemática la información proveniente de ensayos, registros documentales y especificaciones técnicas con datos operativos en tiempo real, facilitando una toma de decisiones más oportuna, objetiva y alineada con los objetivos del proyecto.

Asimismo, la investigación confirma que la incorporación de sistemas basados en datos y modelos analíticos fortalece el control técnico y gerencial de las obras, al proporcionar resultados

confiables y actualizados. De acuerdo con los resultados de la encuesta, el 96,30 % de los encuestados considera que el uso de información en tiempo real permitiría anticipar desviaciones, reducir reprocesos y mejorar el desempeño global de los proyectos de construcción de infraestructura vial. La percepción sobre los beneficios del uso de información en tiempo real se determinó a partir de la suma de los niveles distintos a ‘Nulo’, los cuales reflejan reconocimiento, iniciativa o adopción efectiva del uso y análisis de información.

Finalmente, se concluye que para lograr una implementación efectiva de tecnologías emergentes en los proyectos de construcción de infraestructura vial es indispensable fortalecer el liderazgo desde la alta dirección, promover una cultura organizacional orientada a la innovación y articular la estrategia digital con los procesos operativos. De esta manera, la gestión de proyectos podrá evolucionar hacia un enfoque más predictivo y basado en evidencia, alineado con las buenas prácticas identificadas en el estado del arte y con los requerimientos técnicos y normativos del sector.

## 7. Referencias

- A Guide to the Project Management Body of Knowledge. (2017b). PMBOK Guides.
- Abdelhedi, M., Jabbar, R., & Abbas, C. (2023). Exploration of carbonate aggregates in road construction using ultrasonic and artificial intelligence approaches. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2302.05884>
- Abioye, S. O., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Delgado, J. M. D., Bilal, M., Akinade, O. O., & Ahmed, A. (2021). Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. *Journal of Building Engineering*, 44, 103299. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103299>
- 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>
- Austroroads. (2021). Guide to Pavement Technology – Part 8: Pavement Construction (AGPT08-09). Austroroads. [https://austroroads.com.au/publications/pavement/agpt11/media/AGPT08-09\\_Guide\\_to\\_Pavement\\_Technology\\_Part\\_8\\_Pavement\\_Construction.pdf](https://austroroads.com.au/publications/pavement/agpt11/media/AGPT08-09_Guide_to_Pavement_Technology_Part_8_Pavement_Construction.pdf)
- Bernal Torres, C. A. (2022). Metodología de la investigación. Pearson Educación.
- Colombia también construye con inteligencia artificial (IA). (n.d.). Camacol - Cámara Colombiana De La Construcción. <https://camacol.co/actualidad/publicaciones/revista-urbana/96/innovacion/colombia-tambien-construye-con-inteligencia>
- Comunicaciones. (2013a, July 19). Documentos técnicos. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/documentos-tecnicos1#especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras>

Conexión empresarial y académica con los laboratorios de inteligencia artificial. (n.d.). Camacol

- Cámara Colombiana De La Construcción.

<https://camacol.co/actualidad/publicaciones/revista-urbana/101/conexion-bim/conexion-empresarial-y-academica-con-los>

Darko, A., Chan, A. P., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E.

(2020). Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities. *Automation In Construction*, 112, 103081.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103081>

Delbono, L. (2023, 28 diciembre). Inteligencia Artificial en el mantenimiento predictivo de los

pavimentos - Revista Vial. *Revista Vial* -. <https://revistavial.com/inteligencia-artificial-en-el-mantenimiento-predictivo-de-los-pavimentos/>

El Papel de la ia en la construcción (no date) Autodesk LATAM. Available at:

<https://blogs.autodesk.com/latam/2024/03/26/el-papel-de-la-ia-en-la-construccion/>

(Accessed: 21 May 2025).

Federal Highway Administration (FHWA). (2013). A Practical Guide for Quality

Management of Pavement Condition Data. U.S. Department of Transportation.

[https://www.fhwa.dot.gov/pavement/management/qm/data\\_qm\\_guide.pdf](https://www.fhwa.dot.gov/pavement/management/qm/data_qm_guide.pdf)

Gastélum-Escalante, J. (2021). *El camino de la investigación*. McGraw-Hill.

Gherardi, M. (2024, 23 mayo). ¿Cómo la IA está cambiando la industria de la construcción? |

Cemex Ventures. Cemex Ventures. <https://www.cemexventures.com/es/cuales-son-los-usos-de-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-de-la-construccion/>

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Gould, F. E., & Joyce, N. E. (2014d). *Construction Project Management*.

- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.
- Himeur, Y., Elnour, M., Fadli, F., Meskin, N., Petri, I., Rezgui, Y., Bensaali, F., & Amira, A. (2022). AI-big data analytics for building automation and management systems: a survey, actual challenges and future perspectives. *Artificial Intelligence Review*, 56(6), 4929-5021. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10286-2>.
- Ibragimov, E., Kim, Y., Lee, J. H., Cho, J., & Lee, J. (2024). Automated Pavement Condition Index Assessment with Deep Learning and Image Analysis: An End-to-End Approach. *Sensors*, 24(7), 2333. <https://doi.org/10.3390/s24072333>
- Informe de Gestión y Resultados. (n.d.). Instituto De Desarrollo Urbano - IDU. <https://www.idu.gov.co/page/transparencia/presupuesto/informe-de-gestion-y-resultados>
- Inteligencia artificial: el as bajo la manga para impulsar al sector constructor. (n.d.). Camacol - Cámara Colombiana De La Construcción. <https://camacol.co/prensa/noticias/inteligencia-artificial-el-bajo-la-manga-para-impulsar-al-sector-constructor>
- Iregui, D. a. R. (2025, August 22). Implementación de IA para la construcción sumará \$480.000 millones en cinco años. *Diario La República*. <https://www.larepublica.co/empresas/infraestructura-de-ia-sumara-480-000-millones-en-cinco-anos-4207320>
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2025). Manual de interventoría y/o supervisión de contratos: Versión 11. Subdirección General Técnica. <https://www.idu.gov.co>
- Instituto de Desarrollo Urbano - IDU. (2025). Resolución 104 de 2025 [Resolución]. Bogotá: Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá. <https://www.idu.gov.co>

- 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>
- Jaimes-Quintanilla, M., & Zabala-Vargas, S. (2025). Apropriación de tecnologías emergentes en el sector de obra civil: Un análisis cualitativo. En *Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era Edición 4* (4.a ed.). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. 10.5281/zenodo.17831487
- Kerzner, H. (2022). *Project management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. John Wiley & Sons.
- Mejía-Aguilar, G., Gutiérrez-Prada, J. A., Portilla-Carreño, O., & Medina-Martínez, B. (2022). Evaluación de los retrasos en actividades de construcción utilizando Redes Bayesianas: Caso de estudio. *ENTRAMADO*, 18(2). <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.8006>
- Mukherjee, R., Iqbal, H., Marzban, S., Badar, A., Brouns, T., Gowda, S., Arani, E., & Zonooz, B. (2021). AI driven road maintenance inspection. *arXiv* (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2106.02567>
- Mukherjee, S. P. (2019). *A guide to research methodology: An overview of research problems, tasks and methods*. Taylor & Francis Group.
- Oecd. (2021). *OECD Implementation Handbook for Quality Infrastructure Investment*. In *OECD eBooks*. <https://doi.org/10.1787/479131b2-en>
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business*. O'Reilly & Associates Incorporated.
- Ruseruka, C., Mwakalonge, J., Comert, G., Siuhi, S., Ngeni, F., & Major, K. (2023). Pavement distress identification based on Computer Vision and Controller Area Network (CAN) sensor models. *Sustainability*, 15(8), 6438. <https://doi.org/10.3390/su15086438>

- Sholevar, N., Golroo, A., & Esfahani, S. R. (2022). Machine learning techniques for pavement condition evaluation. *Automation in Construction*, 136, 104190.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104190>
- Tamagusko, T., Correia, M. G., & Ferreira, A. (2024). Machine Learning Applications in Road Pavement Management: A Review, challenges and future Directions. *Infrastructures*, 9(12), 213. <https://doi.org/10.3390/infrastructures9120213>
- Taleb, I., Serhani, M. A., Bouhaddioui, C., & Dssouli, R. (2021). Big data quality framework: a holistic approach to continuous quality management. *Journal of Big Data*, 8(1).  
<https://doi.org/10.1186/s40537-021-00468-0>
- University of Berna. (2024). JASP. <https://jasp-stats.org>
- Wang, Y., Li, J., Zhang, X., Yao, Y., & Peng, Y. (2024). Recent development in intelligent compaction for asphalt pavement construction: leveraging smart sensors and machine learning. *Sensors*, 24(9), 2777. <https://doi.org/10.3390/s24092777>
- 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., & Jimenez-Barrera, M. H. (2023). Big Data, Data Science, and Artificial Intelligence for Project Management in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings*, 13(12), 2944.  
<https://doi.org/10.3390/buildings13122944>
- 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, 1, 3476-3483.  
<https://doi.org/0.1201/9781003323020>

Zabala-Vargas, S., Martinez-Ortega, J., & Jaimes-Quintanilla, M. (2025). Administración de proyectos apoyada en tecnologías emergentes (inteligencia artificial y ciencia de datos) en el sector de obra civil. VII International conference on applied engineering and innovative technologies-AENIT, Perú. <https://easychair.org/cfp/AENIT2025>

Zhang, Z., Song, W., Zhuang, Y., Zhang, B., & Wu, J. (2024). Automated Multi-Type pavement distress segmentation and quantification using transformer networks for pavement Condition index prediction. *Applied Sciences*, 14(11), 4709.  
<https://doi.org/10.3390/app14114709>

## **Anexos**

**Anexo 1** Encuesta de identificación de la tecnología emergente en la gestión de proyectos en el sector de la construcción en Colombia

**Anexo 2** Declaración inicial e información sobre Encuesta de nivel de madurez tecnológico

# **ANEXO 1**

\* Obligatoria

## CARACTERIZACIÓN

Mediante las siguientes preguntas podemos caracterizar la empresa que representa para analizar posteriormente la información.

1. ¿Está de acuerdo con la declaración inicial y desea continuar con la encuesta? \*

SI

NO

2. Nombre o razón social de la organización. \*

3. NIT o identificación equivalente. \*

El valor debe ser un número.



## 4. Clasificación según su actividad económica: \*

- Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.
- Industria manufacturera.
- Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
- Suministro de agua, gestión de aguas residuales y gestión de desechos y actividades de saneamiento.
- Construcción.
- Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas.
- Transporte y almacenamiento.
- Alojamiento y servicio de comidas.
- Tecnologías de la información y comunicación - TIC.
- Actividades financieras y de seguros.
- Actividades inmobiliarias.
- Actividades profesionales, científicas y técnicas.
- Actividades de servicios administrativos y de apoyo.
- Educación.
- Salud humana y servicios sociales.
- Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas.
- Otras

5. Número de empleados \*

Menos de 10

Entre 11 y 50

Entre 51 y 200

Más de 200

6. Nivel de ingresos anuales: \*

Menos de 1.000 SMMLV

Entre 1.001 y 2000 SMMLV

Entre 2.001 y 10.000 SMMLV

Más de 10.001 SMMLV

7. Nombre de quien presenta la encuesta \*

8. Posición dentro de la organización de quien presenta la encuesta \*

9. Correo electrónico de contacto. \*

10. Teléfono móvil (opcional)

## Parte 1 de 5: MODELO DE NEGOCIO Y PRODUCTO - Nivel estratégico

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de transformación digital de su modelo de negocio y la implementación de la misma en sus productos.

Nota: Al hablar de producto se hace referencia a tangibles o intangibles y al hablar de producción es el proceso de creación de cada uno de ellos.



11. De acuerdo a la afirmación seleccione cuál nivel representa mejor la organización. \*

	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con indicadores para medir nivel de transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.

Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).

12. En que área de su empresa ha invertido en los dos últimos años? \*

	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística de recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de información (herramientas software).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. En que área de su empresa proyecta invertir en los proximos 5 años? \*

	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística de recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de información (herramientas software).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Parte 2 de 5: CLIENTES Y PROVEEDORES

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su relación con clientes y proveedores.



14. De acuerdo a las siguientes afirmaciones seleccione cuál nivel representa mejor su organización.

	No se realiza	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con la planificación y				

dirección de la  
cadena de  
suministros  
desde los  
clientes hasta  
los  
proveedores.

Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos



15. Indique el grado que mejor representa a su organización en los siguientes procesos:

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Digitalización de trabajo con clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitalización de trabajo con proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de múltiples canales de venta integrados para comercializar sus productos a sus clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema de precios dinámico y adaptado al cliente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analiza los datos de los clientes para aumentar su conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diseña soluciones considerando	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

los datos de los  
clientes.

### Parte 3 de 5: PROCESOS - Nivel táctico y operativo

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su proceso principal.

16. ¿Cual de las siguientes tecnologías utiliza en su organización? \*

- Sensores
- Dispositivos móviles
- Identificador de radiofrecuencia - RFID
- Ciencia de datos para evaluación de información en tiempo real.
- Sistemas de localización en tiempo real
- Big Data para almacenamiento de grandes volúmenes de datos
- Las tecnologías de la nube como infraestructura de TI escalable
- Inteligencia artificial para la toma de decisiones.
- Sistemas de tecnologías de la información integrados
- Otras

17. De acuerdo a las máquinas y equipos de su organización. ¿Cuál es el grado de implementación de las siguientes funcionalidades? \*

	Nulo	Parcialmente	Implementado
Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicación entre máquinas / sistemas - M2M	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidad de integrarse y colaborar con otras máquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Su empresa realiza: \*

- PRODUCCIÓN DE BIENES O PRODUCTOS
- PRESTACIÓN DE SERVICIOS

## ORGANIZACIÓN DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE BIENES O PRODUCTOS



19. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmación en su proceso de producción de bienes o productos.

	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Tiene una visión en tiempo real de su producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Su producción es lo suficientemente flexible para reaccionar a cambio en la demanda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registra datos de maquinas o equipos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registra datos de sus procesos de producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprovecha los datos para tomar decisiones en el proceso de producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integración de tecnologías digitales en el proceso de producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Usa herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitalización de la gestión de	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

inventarios y  
recursos



## ORGANIZACIÓN DEDICADA A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS



20. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmación en su proceso de creación y entrega de los servicios que ofrece la organización a sus clientes.

	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de nuestros servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registran datos o información del proceso de prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprovecha los datos y análisis digitales para tomar decisiones en la prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nivel de adopción de tecnologías de automatización en la entrega de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitalización de la gestión de datos y registros en nuestra empresa de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Parte 4 de 5: INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su Infraestructura y gestión de la seguridad.

21. La siguiente área, para comunicarse con otras áreas de la organización, utiliza sistemas de información:

\*

	Si	Parcialmente	No	El área no existe
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística, recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. La siguiente área, para comunicarse con clientes y proveedores, utiliza sistemas de información:

\*

	Si	Parcialmente	No	El área no existe
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística, recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23. ¿La organización , ya está utilizando servicios en la nube? \*

	SI	No, pero lo planeamos	NO
Software desde la nube	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Para almacenamiento de datos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Para evaluación de datos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. ¿Cómo está organizada su gestión en tecnologías de la información - TI? \*

- Sin departamento de TI propio (implicación de un proveedor de servicios).
- Departamento central de TI.
- Departamento de TI descentralizado en las áreas especializadas (producción, desarrollo de productos, etc.).
- Expertos en TI integrados en los departamentos especializados.

25. Clasifique las siguientes afirmaciones de acuerdo a el nivel de cumplimiento de estos criterios en su organización \*

	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipos de ultima tecnología	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipos o maquinas conectadas a servidores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 26. Califique las siguientes preguntas según la escala establecida: \*

	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Parte 5 de 5: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de conocimiento, adecuación y proyección de uso de las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0.

27. ¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?

- No registra información de los procesos.
- Todos los procesos se registran en papel.
- Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.
- Todos los procesos están completamente digitalizados.

28. ¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?

- No dispone de roles especializados.
- Se dispone de un rol especializado.
- Se dispone de varios roles especializados.
- Se dispone de una gran especialización de roles digitales claves para la Industria 4.0.

29. ¿Cómo evalúa las capacidades de sus empleados en relación con los requisitos futuros de la Industria 4.0?

	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente
Infraestructura.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnología de automatización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análisis de datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Seguridad de los datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Seguridad de las comunicaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Software de colaboración.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desarrollo o aplicación de sistemas de asistencia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la comprensión de procesos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

30. ¿En qué medida ha abordado las ineficiencias de los procesos mediante la adopción de sistemas inteligentes (máquinas inteligentes, tecnología digital integrada)?

- No hay una adopción significativa de sistemas inteligentes (aún utilizando sistemas manuales o semiautomáticos)
- Sistemas inteligentes introducidos parcialmente en áreas cruciales para superar las ineficiencias locales.
- Se adaptaron importantes sistemas inteligentes en toda la empresa que ayudaron a optimizar los procesos.

31. ¿Cuál es la ambición estratégica de la organización con respecto al paso a la Industria 4.0?

- No se ha considerado todavía. No se contemplan beneficios/oportunidades.
- Se ha considerado pasar a la Industria 4.0 pero se desconoce como hacerlo.
- Se conocen los beneficios de la industria 4.0 y se tiene intención de implementarla.
- Se ha iniciado el proceso de implementación de la industria 4.0.



32. ¿Qué nivel de importancia tienen en la organización, como elemento diferenciador en el sector, las soluciones y tecnologías relacionadas con los siguientes habilitadores de Industria 4.0?

**Inteligencia artificial:** es un campo de la informática que se centra en desarrollar sistemas y programas que pueden realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana, como el aprendizaje, la toma de decisiones y el reconocimiento de patrones, mediante algoritmos y procesamiento de datos.

**Fabricación aditiva:** (p.ej. impresión 3D), para el desarrollo de prototipos, nuevos productos o su personalización, fabricación de herramientas, utillajes, etc.

**Internet de las Cosas (IoT):** es un concepto que hace referencia a las conexiones entre los objetos físicos (sensores, máquinas, etc.), para generar y enviar datos automáticamente, aportando automatización y eficiencia a los procesos.

**Big Data y análisis de datos:** Para el tratamiento de un gran volumen de datos, estructurados y no estructurados, de fuentes internas y/o externas, extrayendo información de valor para la organización (indicadores en tiempo real, análisis predictivos, etc.).

**Realidad virtual y aumentada:** Para facilitar aspectos tales como el prototipado, mantenimiento, servicio postventa, etc.

**Plataformas y comunicaciones:** Tanto soluciones específicas (ERP, CRM, MES, GMAO, etc.), como soluciones conectadas con la cadena de valor (proveedores, clientes, logística y otros agentes clave), soluciones de movilidad (tablets, pdas, etc.), etc.

**Tecnologías en la nube (Cloud):** que reduzcan la necesidad de infraestructuras físicas, promuevan la escalabilidad de los sistemas de información, la movilidad, la disponibilidad de espacios de almacenamiento elevados, la colaboración entre personas, etc.

**Ciberseguridad:** para auditar, monitorizar y asegurar los servicios TIC, tanto a nivel de red informática, como de dispositivos, aplicaciones, operaciones e información.

**Marketing digital:** con soluciones que permitan impulsar la notoriedad e interacción con los clientes actuales y potenciales, a través del posicionamiento web, gestión de redes sociales, SEO, SEM, etc.

**Formación y personas:** soluciones que aporten flexibilidad y fomenten la colaboración entre empleados (ofimática en la nube, plataformas colaborativas de gestión de proyectos, etc.), mejoren la gestión del talento (plataformas de e-learning, realidad virtual y aumentada como

Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos herramientas formativas, acceso digital a la información del empleado, etc.) y, que permitan el desarrollo de nuevas formas de trabajo en la organización (acceso remoto, herramientas de comunicación, etc.).

**Robótica y Automatización:** Para la simplificación y automatización de procesos productivos y administrativos.

	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
Inteligencia artificial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fabricación aditiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet de las cosas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Big data y análisis de datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad virtual y aumentada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plataformas y comunicaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnologías en la nube (Cloud).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ciberseguridad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Marketing digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formación y personas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robótica y automatización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

# **ANEXO 2**

# Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos

**Objetivo:**

Conocer el nivel de apropiación de tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos e Internet de las cosas-IoT) en la gestión de proyectos de las organizaciones en Colombia

**Autor:**

Equipo de investigación de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

**Declaración inicial:**

La presente encuesta hace parte del Proyecto de investigación: INTELIGENCIA ARTIFICIAL, BIG-DATA Y CIENCIA DE DATOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS EN COLOMBIA.; de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Este instrumento tiene una intención estrictamente académica e investigativa; y busca reconocer el uso, conocimiento e interés de apropiación de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Ciencia de Datos) en la gestión de proyectos que tiene su organización.

Toda la información será tratada con altos estándares de confidencialidad, de forma anónima (presentación de datos generalizados) y cumpliendo la legislación vigente en Colombia.

**Definiciones importantes**

- **Transformación digital:** Es el proceso de integrar tecnologías digitales en todos los aspectos de una organización para mejorar la eficiencia, la innovación y la experiencia del cliente, y para adaptarse a un mundo cada vez más conectado y digital

- **Tecnologías habilitadoras de la transformación digital:** Son herramientas y soluciones tecnológicas claves, como la ciencia de datos, la inteligencia artificial y el big data, que permiten a las organizaciones modernizar procesos, mejorar la eficiencia y crear nuevas oportunidades de negocio en la era digital.

- **Industria 4.0:** Revolución que se caracteriza por la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, IoT, análisis de datos, robótica, entre otros; en los procesos de fabricación y/o generación de servicios para lograr mayor eficiencia, flexibilidad y personalización.

Gracias por su interés de participación.