

TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.



Tecnologías emergentes en la gestión de obras de acueducto y alcantarillado en empresas de la  
ciudad de Medellín- Colombia.

Yaireth Dayana Pimienta Arismendy

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Septiembre de 2024

TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

Tecnologías emergentes en la gestión de obras de acueducto y alcantarillado en empresas de la  
ciudad de Medellín - Colombia.

Yaireth Dayana Pimienta Arismendy

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

Asesor  
Mg. Sergio Andrés Zabala Vargas

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Rectoría Virtual  
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos  
Septiembre de 2024

# TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

## Contenido

Lista de tablas .....	5
Lista de figuras .....	6
Lista de anexos.....	7
Resumen .....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 Descripción del Problema .....	12
1.2 Pregunta de Investigación.....	15
1.3 Objetivos de Investigación.....	15
1.3.1 Objetivo General .....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Justificación de la Investigación.....	16
2. MARCO DE REFERENCIA.....	19
2.1 Marco de Antecedentes / Estado del Arte.....	19
2.2 Marco Teórico .....	24
2.2.1 Contexto de la Gestión de Acueducto y Alcantarillado en Medellín .....	24
2.2.2 Tecnologías Emergentes .....	27
2.2.3 La tecnología Emergente y la Ingeniería.....	30
2.3 Marco Normativo.....	31
3. METODOLOGÍA .....	36
3.1 Enfoque y Alcance de la Investigación.....	36
3.2 Población y Muestra .....	36
3.2.1 Definición de la Población.....	36
3.2.2 Cálculo y Selección de la Muestra.....	37
3.3 Instrumento(s) .....	38
3.4 Descripción de Procedimientos .....	39
3.5 Análisis de Información.....	41

# TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

3.6	Consideraciones éticas.....	42
4	HIPÓTESIS.....	44
4.1	Las Variables .....	44
4.1.1	Variable(s) Independiente(s).....	44
4.1.2	Variable(s) Dependiente(s) .....	44
4.2	Planteamiento de Hipótesis.....	44
5	RESULTADOS .....	46
5.1	Recolectar Documentación Existente Referente al Proceso Actual de la Gestión de Proyectos de Obras Civiles de Acueducto y Alcantarillado en las Empresas de Medellín.....	66
5.2	Desarrollar Estrategias Desde las Tecnologías Emergentes que Ayuden a la Mejora de los Procesos Realizados Dentro en la Gestión de Proyectos Enmarcados En las Obras Civiles de Acueducto y Alcantarillado en las empresas de Medellín. ....	67
5.3	Implementar Estrategias de la Mano de las Tecnologías Emergentes que Contribuyan a la Mejora de La Gestión de Proyectos de Obras Civiles de Acueducto y Alcantarillado en las Empresas de Medellín .....	70
5.4	Discusión .....	70
6	CONCLUSIONES.....	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	74
	Anexos.....	84

TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

**Lista de tablas**

Tabla 1. *Evolución de los sistemas de acueducto y alcantarillado de Medellín*..... 24  
Tabla 2. *Tecnologías emergentes más utilizadas* ..... 28

# TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

## Lista de figuras

Gráfico 1. <i>Actividad económica</i> .....	46
Gráfico 2. <i>Número de empleados</i> .....	47
Gráfico 3. <i>Estrategias de transformación digital</i> .....	48
Gráfico 4. <i>Capacitación de talento humano en transformación digital</i> .....	49
Gráfico 5. <i>Integración de tecnología emergente</i> .....	49
Gráfico 6. <i>Desarrollo e innovación tecnológica</i> .....	50
Gráfico 7. <i>Proyectos con alta incorporación tecnológica</i> .....	51
Gráfico 8. <i>Reconocimiento de conceptos tecnológicos</i> .....	52
Gráfico 9. <i>Inversión en Investigación y Desarrollo</i> .....	53
Gráfico 10. <i>Inversión en Sistemas de información (Herramientas software)</i> .....	53
Gráfico 11. <i>Intercambio de información con stakeholders</i> .....	54
Gráfico 12. <i>Implementación de control de maquinaria a través de tecnología</i> .....	55
Gráfico 13. <i>Registro de datos de máquinas o equipos</i> .....	56
Gráfico 14. <i>Registra datos del proceso de producción</i> .....	57
Gráfico 15. <i>Integración de tecnologías en procesos de producción</i> .....	58
Gráfico 16. <i>Uso de herramientas digitales en producción</i> .....	58
Gráfico 17. <i>Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de servicios</i> .....	59
Gráfico 18. <i>Datos y análisis para toma de decisiones en la prestación de servicios</i> .....	60
Gráfico 19. <i>Digitalización de datos y registros</i> .....	61
Gráfico 20. <i>Almacenamiento de datos</i> .....	61
Gráfico 21. <i>Adopción de sistemas inteligentes</i> .....	62
Gráfico 22. <i>Empresas que han dado el paso a la industria 4.0</i> .....	63
Gráfico 23. <i>Importancia de la inteligencia artificial</i> .....	63
Gráfico 24. <i>Importancia de la IoT</i> .....	64
Gráfico 25. <i>Importancia de la Big Data</i> .....	65

TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

**Lista de anexos**

*Anexo 1. Formato de encuesta a aplicar.....81*  
*Anexo 2. Enlace de aplicación de la encuesta.....86*

# TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

## Resumen

Tomando como eje central la Gestión de Proyectos, el trabajo académico que a continuación se presenta recorre un camino de investigación enfocado a cómo las tecnologías de Big Data, Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos, emergentes en el momento histórico actual, pueden contribuir a las empresas que se dedican a la construcción de obras de acueducto y alcantarillado.

El marco geográfico en el que se muestra el contenido de dicho trabajo es la ciudad de Medellín, teniendo en cuenta que es una de las ciudades pioneras en innovación, no solo en Colombia sino a nivel internacional, la presente investigación se realiza con el objetivo de mejorar las estrategias que se llevan a cabo en la gestión de proyectos a través de las tecnologías emergentes en las obras civiles para el sector de la construcción de acueductos y alcantarillados en las empresas de Medellín, para desarrollar la siguiente investigación se utilizó una metodología de tipo cuantitativa, para lo cual se llevaron a cabo 52 encuestas, las cuales contaron con 25 preguntas de opción múltiple con única respuesta, estas encuestas permitieron tener como resultados que las tecnologías emergentes se encuentran en un auge importante, especialmente en este mundo tan digitalizado actualmente, debido al ingreso de la cuarta revolución conocida como industria 4.0, así mismo se darán a conocer algunas estrategias que pueden ser de gran ayuda para las empresas de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Medellín.

*Palabras Clave: Gestión de Proyectos, Tecnología Emergente, Big Data, Inteligencia Artificial (IA), Acueducto, Alcantarillado.*

# TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GESTIÓN DE OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

## **Abstract**

Taking Project Management as a central axis, the academic work presented below follows a research path focused on how Big Data, Artificial Intelligence and Data Science technologies, emerging in the current historical moment, can contribute to companies engaged in the construction of water and sewage works.

The geographical framework in which the content of this work is shown is the city of Medellin, taking into account that it is one of the pioneering cities in innovation, not only in Colombia but internationally, the present research is carried out with the objective of improving the strategies that are carried out in project management through emerging technologies in civil works for the construction sector of aqueduct and sewerage in the companies of Medellin, To develop the following research a quantitative methodology was used, for which 52 surveys were carried out, which had 25 multiple choice questions with a single answer, these surveys allowed to have as results that emerging technologies are in an important boom, especially in this world so digitized today, due to the entry of the fourth revolution known as industry 4. 0, and some strategies that can be of great help to the water and sewerage companies in the city of Medellin will also be presented.

*Keywords: Project Management, Emerging Technology, Big Data, Artificial Intelligence (AI), Aqueduct, Sewer.*

## **Introducción**

En la era de la digitalización, las tecnologías emergentes como Big Data, la Ciencia de Datos y la Inteligencia Artificial (IA) están transformando sustancialmente la manera en que se gestionan los proyectos en diversas industrias a nivel global. El sector de obras civiles y en particular las empresas de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Medellín no son la excepción, también se encuentran expuestas a esta transformación. Estas tecnologías ofrecen una gama de herramientas y soluciones que permiten optimizar la gestión de proyectos, mejorando la toma de decisiones y aumentando la eficiencia operativa de cada área donde se desarrolla. De esta manera, la integración de Big Data y la Ciencia de Datos nos permite analizar grandes volúmenes de información en tiempo real, facilitando la identificación de patrones y tendencias que pueden ser utilizadas en la planificación, diseño, ejecución y control de obras relacionada con alcantarillado y Acueducto. De la misma manera, la Inteligencia Artificial nos ofrece la posibilidad de automatizar procesos, prever riesgos y adaptar los proyectos a las necesidades cambiantes del entorno, lo que resulta en una gestión más precisa y efectiva.

Resulta evidente que en cada época surgen o emergen tecnologías que se incorporan y se han sumado a los procesos de gestión, desde los métodos utilizados en la construcción de las Pirámides de Egipto, pasando por los sistemas de acueducto del Imperio Romano, el surgimiento del Diagrama de Gantt a principios del siglo XX que dio inicio al concepto de Project Management en los años 50's (aprovechado posteriormente por Microsoft), hasta las acciones que se proyectan permanentemente para el saneamiento del Río Aburrá- Medellín.

La creciente complejidad de los proyectos de acueducto y alcantarillado en Medellín requiere de un enfoque innovador para abordar los desafíos que surgen en su planificación, ejecución y mantenimiento. La implementación de tecnologías emergentes no solo responde a esta necesidad, sino que también abre nuevas oportunidades para mejorar la sostenibilidad, reducir los costos y minimizar los tiempos de ejecución (Tenés Trillo, 2023).

Teniendo en cuenta el apogeo de las tecnologías emergentes y su aplicación en las diferentes áreas de la sociedad, se encamina esta investigación a la aplicación de las tecnologías

emergentes para nuestro caso de interés Big Data, Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos en la Gestión de Proyectos de empresas del sector de construcción de obras civiles de acueductos y alcantarillado en la ciudad de Medellín – Colombia, el cual fue elaborado en seis etapas: La primera; planteando el problema en este tipo de tratados, además se encontrará la pregunta problema que enmarca la investigación, la justificación y los objetivos que permitirán tener un mayor conocimiento de la temática a trabajar. La segunda etapa corresponde al marco de referencia, compuesto por el marco de antecedentes con referentes de investigaciones realizadas con anterioridad; el marco teórico que corresponde a las teorías más relevantes para la investigación, por último, se encuentra el marco normativo conformado por las leyes que sustentan la investigación realizada. La tercera etapa es la descripción de la metodología, aquí se da a conocer el enfoque de la investigación, la población y la muestra seleccionada, el instrumento a aplicar en la muestra seleccionada, la descripción de procedimientos, el análisis de la información recopilada y las consideraciones éticas que se deben tener en cuenta para poder desarrollar los objetivos planteados al inicio de la investigación.

En la cuarta, quinta y sexta etapa que componen el documento se encuentran la hipótesis y sus respectivas variables dependientes e independientes, así como el planteamiento de la misma, luego se encuentran los resultados los cuales se expondrán por objetivos, además del análisis de la información arrojada por la encuesta y finalmente se dan a conocer las conclusiones que se encontraron al término de la investigación sobre la conveniencia de aplicabilidad de tales tecnologías en este sector.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del Problema

La revolución industrial y la actual digitalización de la realidad cotidiana y la hiperconectividad, son dos ejemplos claros de las distintas etapas por las que ha pasado la humanidad a nivel económico, financiero, empresarial, social y político que le han permitido avanzar en cada una de sus capacidades y generar el conocimiento necesario para su supervivencia (Kreisler Joly, 2018) y (Martínez et al, 2020). Esta última revolución determina (Orellana Daube, 2020) que es necesario que la tecnología y los procesos actuales se integren para ofrecer métodos innovadores que faciliten el diseño, la creación, la producción, la comunicación y la difusión de nuevos conceptos, con el objetivo de influir en el comportamiento de los consumidores.

El crecimiento acelerado de los datos facilita el análisis de la realidad de maneras novedosas, es uno de los avances más importantes de este siglo. En años recientes, han emergido tecnologías revolucionarias de Big Data que han transformado de manera notable varios aspectos de la sociedad. (Shan, 2015). La información se valora ahora más por la forma en que se conectan grandes cantidades de datos para encontrar patrones antes inimaginables. Como resultado, el análisis informático de grandes cantidades de datos puede arrojar información más precisa sobre patrones, tendencias y asociaciones por descubrir (Grable & Lyons , 2018). Del mismo modo, las iniciativas tanto en el sector público como en el comercial requieren métodos e instrumentos que permitan la creación de políticas o iniciativas sólidas y decisivas dadas las circunstancias, como el empleo de técnicas de minería de datos para mejorar y prever la empleabilidad (Saouabi y Ezzati, 2019), estos métodos son empleados por equipos técnicos y responsables de la toma de decisiones para diseñar proyectos, modelos y políticas públicas que mejoren cada uno de los entornos en los que operan.

Además, el Big Data se ha convertido en una tendencia mundial y aunque todavía no existe una idea consensuada en el mundo académico o científico, se prevé que su mercado y los campos de investigación aumenten día a día (Hernández, 2017). Esto nos indica, que, en el siglo XXI, estas tecnologías son utilizadas en la toma de decisiones datos que responden a una realidades sociales,

culturales y políticas enmarcadas en un contexto. Este tipo de tecnología nos ofrece justificación en la toma de decisiones con amplias oportunidades de ser asertivos y mejora en cada una de ellas.

De forma similar, la inteligencia artificial (IA) ha empezado a debatirse y a posicionarse en diversos campos del conocimiento, incluida la ingeniería, en los últimos diez años del siglo XXI. Es fundamental señalar que la inteligencia artificial (IA) se refiere a la capacidad de una máquina para emplear algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido para emitir juicios de forma similar a la de un ser humano. Pero, a diferencia de los humanos, las máquinas impulsadas por IA pueden evaluar cantidades ingentes de datos simultáneamente y no necesitan descansar. Además, cuando las máquinas ejecutan las mismas actividades que los humanos, la tasa de errores es mucho menor (Lasse, 2018).

Los factores mencionados contribuyen a la asignación de mano de obra, lo que mejora el nivel de vida del capital humano utilizado para impulsar los avances sociales e industriales. Sin embargo, dado que la IA se está desarrollando en algunos ámbitos de la sociedad a un ritmo óptimo, asertivo y deslumbrante, también crea malestar en otros. Esto se debe a que la IA consigue crear la ilusión de que el avance tecnológico y el trabajo de las máquinas superarán al talento humano en favor del avance tecnológico y la división del trabajo dentro de una industria. Pero en otros contextos académicos o profesionales, la idea es que la habilidad humana y el avance tecnológico deben coexistir en armonía para que estos últimos puedan desarrollar su potencial y tomar decisiones acertadas. Bajo ese entendido (Hilbert, 2016) discute la importancia existente entre los avances tecnológicos, el análisis de la información a través de Big Data, otros medios, y el ser humano, ya que es una relación necesaria y ventajosa para acertar en cada una de las decisiones a lo largo de los campo empresariales e investigativos.

El manual PMBOK-V6, desarrollado por el Instituto de Gestión de Proyectos PMI, ha sido adoptado por varias empresas y organizaciones de América Latina en un esfuerzo por aplicar reglas formales de gestión de proyectos de ingeniería y mejorar la ejecución de los proyectos. Para hacer más eficientes elementos como el alcance, el tiempo antes y después y los gastos, se desconoce si las herramientas de la guía PMBOK-V6 pueden utilizarse para mejorar el actual proceso de gestión de proyectos de obras civiles (Villalba Ortiz y Masmela Bedoya, 2019).

De lo anterior y de los grupos no gubernamentales se desprende que actualmente se está llevando a cabo la era de la revolución de los datos. Como resultado de las nuevas tecnologías que están provocando un aumento exponencial del volumen y los tipos de datos disponibles, vivimos en un mundo en el que los datos son más grandes, más rápidos y detallados, lo que abre posibilidades antes inauditas para informar y remodelar la sociedad (Naciones Unidas, 2014). Así pues, es posible proponer que los cambios actuales están alterando el marco que nos permite ordenar nuestra comprensión y nuestras acciones en relación con la realidad.

El enfoque de la presente investigación se encuentra centrado en la ciudad de Medellín, ciudad escogida para el desarrollo de esta temática, por ser reconocida y ocupar un lugar importante en el mundo de la innovación. Uno de los problemas actuales de la ciudad de Medellín es la concentración de la población en zonas periféricas de alto riesgo que no hacen parte de los límites físicos de la ciudad. Como consecuencia, estas zonas no están incluidas en el plan de ordenamiento territorial de la ciudad, por ser zonas de difícil gestión, lo que repercute en la cobertura, el nivel de servicio de acueducto y alcantarillado, limitando a la Empresa de servicios Públicos a proporcionarle condiciones de saneamiento básico (Correa Cadavid et. al, 2020). Es aquí donde pueden resultar útil la implementación de las tecnologías de vanguardia mencionadas a lo largo de esta investigación, para la ejecución de sistemas de vigilancia en tiempo real, que nos den cuenta del desarrollo y de la colonización de sectores nuevos en las laderas de la ciudad de Medellín.

La gestión eficaz de los recursos hídricos en una ciudad sometida un crecimiento rápido como lo es Medellín, esta situación puede convertirse en un desafío para las administraciones locales y las Empresas de Servicios Públicos, es aquí donde se vuelve importante estas nuevas tecnologías donde se pueda incorporar instrumentos potenciales que nos ayuden a administración y distribuir de mejor manera los servicios a las poblaciones más vulnerables.

De manera adicional, a menudo en la ejecución de proyectos de acueducto y alcantarillado, se presentan imprevistos que alargan los cronogramas planteados desde la fase de diseño de estas obras (Calle Pérez, 2023), ocasionando sobrecostos para los contratista y dueños de los proyectos, obteniendo como resultado la prolongación de incomodidad propias de la intervención a la

población residente de la zona, tales como lo son interrupción de la movilidad, la contaminación con material particulado, ruidos molestos y demás afectaciones que involucran la instalación de estas redes, es por esto que cobra relevancia desde la gestión de proyectos planear de forma adecuada cada una de las variables inmersas en la ejecución de este tipo de obras y de que forma la inteligencia artificial puede contribuir a la mejora de esta situación, con el fin de generar el menor impacto posible sobre la ciudadanía.

Teniendo en cuenta las situaciones mencionadas y esperando ayudar a las empresas de acueducto y alcantarillado en Medellín a poner en marcha sistemas que maximicen la gestión de proyectos. La propuesta debe desarrollarse como un proyecto e incluir las herramientas necesarias para utilizar los estándares del PMBOK-6 como herramienta metodológica durante el proceso de desarrollo de esta (Villalba Ortiz y Masmela Bedoya, 2019).

## **1.2 Pregunta de Investigación**

¿Cómo las tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos), pueden contribuir a la mejora de la gestión de proyectos en los factores de alcance, tiempo y costos dentro de las obras civiles asociadas a la ingeniería en las empresas de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Medellín, Antioquia?

## **1.3 Objetivos de Investigación**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Generar una propuesta con estrategias basadas en tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos) para mejorar la gestión de proyectos en las obras civiles para el sector de la construcción de acueductos y alcantarillados en las empresas de Medellín

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

Recolectar documentación existente referente al proceso actual de la gestión de proyectos de obras civiles de acueducto y alcantarillado en las empresas de Medellín.

Desarrollar estrategias desde las tecnologías emergentes que ayuden a la mejora de los procesos realizados dentro en la gestión de proyectos enmarcados dentro de obras civiles de acueducto y alcantarillado en las empresas de Medellín.

Implementar estrategias de la mano de las tecnologías emergentes que contribuyan a la mejora de la gestión de proyectos de obras civiles de acueducto y alcantarillado en las empresas de Medellín

## **1.4 Justificación de la Investigación**

La presente investigación tiene como objetivo principal mejorar las estrategias internas en la gestión de proyectos mediante el uso de tecnologías emergentes en el ámbito de la obra civil, con un enfoque particular en los aspectos de alcance, tiempo y costo. Desde una perspectiva académica y organizacional, esta investigación permitirá documentar el proceso de gestión de proyectos dentro de una empresa enfocada en obras de acueducto y alcantarillado, donde se obtendrá como resultado estrategias desde las metodologías del Project Management Institute (PMI) que nos ayuden a optimizar las prácticas actuales en este sector. Con el fin de alimentar esta investigación se dará la creación de un marco teórico desarrollado más adelante que servirá como referencia y respaldo para futuras investigaciones.

El ámbito social, también presenta su justificación importante ya que las comunidades son las principales beneficiadas en el caso de que sea satisfactoria la ejecución de este tipo de obras y de la misma manera perjudicadas cuando se generan retrasos en las mismas. Es por esto por lo que se busca implementar estrategias basadas en tecnologías emergentes que permitan reducir costos, tiempo y mejorar la calidad en la ejecución de las obras civiles asociadas a los servicios de acueducto y alcantarillado. La densificación urbana es un factor clave que condiciona cualquier avance hacia la universalización de los servicios públicos, especialmente en términos de calidad,

continuidad y eficiencia (Correa Cadavid, et.al., 2020). En estos sentidos, la investigación se orienta a abordar estos desafíos y a proponer soluciones innovadoras que contribuyan al desarrollo sostenible de la ciudad.

El avance en las capacidades de computación e informática ha colocado a la IA como una tecnología de gran relevancia en la actualidad. Esta puede adquirir, procesar y almacenar grandes volúmenes de datos con rapidez, lo que facilita la toma de decisiones informadas y precisas (Fernández Morales, 2023). De esta manera, la implementación significativa de sensores a lo largo de la infraestructura existente y de dispositivos interconectados entre sí permiten obtener datos en tiempo real sobre el estado de las mismas, lo que facilita una respuesta rápida de las empresas de servicios públicos que los operan, garantizando la operación y la continuidad del servicio frente a problemas como fugas u obstrucción logrando mejoras en el sistemas de acueducto y alcantarillado y en las afectaciones que se le genera a la comunidad con su reparación.

Por otra parte, con la implementación de estos sistemas automatizados y la integración de tecnologías emergentes a ellos, se pueden reducir la necesidad de intervención manual y rudimentaria a la infraestructura, disminuyendo costos laborales, afectación a la población vecina y minimizando los errores humanos, de esta manera se puede realizar un mantenimiento preventivo a las redes antes de que se generen daños que puedan involucrar intervenciones mayores al sistema. Esto se alinea con la visión de sistemas inteligentes, donde los componentes técnicos asumen tareas previamente realizadas por operarios humanos, optimizando la producción y otros procesos críticos (Begnini, et al, 2022). Así, la investigación apunta no solo a mejorar la eficiencia operativa, sino también a promover una mayor sostenibilidad en la gestión de recursos naturales.

En Medellín, la adopción e implementación de estas tecnologías a los sistemas de alcantarillado y acueducto podría enfrentar ciertos desafíos, como la necesidad de capacitación para el personal encargado del mantenimiento y reparación de las redes con estos nuevos instrumentos.

Desde la perspectiva de la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, esta investigación enfocada a la gestión de proyectos y las tecnologías emergentes en las obras de acueducto y alcantarillado ofrecerá un compilado de estrategias que contribuyan a la mejora del

sector de interés de esta investigación y de esta manera poner en práctica cada uno de los conocimientos adquiridos a lo largo de la especialización culminada (Gerencia de Proyectos), en consecuencia proporcionará al docente líder del proyecto Nodo, alimentación de su desarrollo investigativo en este sector.

Finalmente, esta investigación tiene el potencial de ser una base con estrategias para las empresas del sector hacia el futuro, al contribuir con la mejora en la gestión de proyectos, que respondan a las necesidades y al crecimiento rápido y apresurado de la población de la ciudad de Medellín. Con la implementación de tecnologías emergentes en el sector de las obras civiles, se espera se pueda mejorar su competitividad y sostenibilidad, logrando un impacto positivo en la sociedad y en su entorno.

## 2 MARCO DE REFERENCIA

A continuación, se darán a conocer las teorías, conceptos y normas que ayudarán a tener una mejor comprensión de la temática y posterior desarrollo de los objetivos. Este marco de referencia se divide tres componentes principalmente, marco de antecedentes., marco teórico y marco legal, representado en un contexto internacional, nacional y local.

### 2.1 Marco de Antecedentes / Estado del Arte

Para desarrollar el marco de antecedentes de la presente investigación y responder a los objetivos específicos planteados en sus inicios, se llevó a cabo una búsqueda en motores académicos de información actualizada y relevante en relación con la temática interés. Inicialmente, se enfocó la búsqueda en tres niveles: internacional, nacional y local, abarcando el tema central del proyecto, "Tecnologías emergentes en la gestión de obras de acueducto y alcantarillado". Para obtener datos más filtrados y recientes, se empleó Google Académico utilizando la siguiente ecuación de búsqueda: "Artificial Intelligence", "Big Data" OR "Data Science" OR "Emerging Technologies" OR "Project Management" AND "Aqueduct and Sewer Works" y tomando los artículos más recientes con un tiempo de publicación no mayor a 8 años. En este apartado se hará una recopilación de las investigaciones, estudios significativos y relevantes, que tengan relación con la gestión de proyectos, tecnologías emergentes y las obras civiles de acueducto y alcantarillado, se presentará de forma resumida el estudio, su desarrollo, las principales conclusiones obtenidas y su aporte al desarrollo de esta investigación.

En primera instancia se encuentra la investigación realizada por Mathieu Wauters y Mario Vanhoucke, titulada, **Estudio comparativo de métodos de Inteligencia Artificial para la previsión de la duración de proyectos** (Wauters y Vanhoucke, Estudio comparativo de métodos de Inteligencia Artificial para la previsión de la duración de proyectos, 2016). En esta investigación los autores identifican dos vías de investigación prometedoras en el uso de la inteligencia artificial para la gestión de proyectos. Por un lado, las simulaciones de redes de proyectos ofrecen un amplio panorama de avances, aunque aún requieren validación empírica mediante la aplicación en proyectos reales y la incorporación de datos sectoriales específicos. Por otro lado, el uso de

técnicas de inteligencia artificial en problemas de predicción y clasificación en el control de proyectos presenta un desafío viable para la investigación académica.

Seguidamente, se evidencia la investigación realizada por Emily Hernández, Néstor Duque, y Julián moreno, que lleva de **nombre Big Data: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de aplicación** (Hernández-Leal et al., 2017). Donde los autores concluyen que las tecnologías asociadas a Big Data han comenzado a tomar madurez y muestran grandes oportunidades en sus utilización, optimización y adaptación a diferentes dominios de datos. De esta manera Big Data abarca no sólo cantidades masivas de datos, sino también otros aspectos importantes del tratamiento de datos, como la validez, la diversidad y la velocidad.

Luego se encuentra la investigación **Un marco para la informatización basada en datos de la empresa constructora** realizada Zhijia tu Chen Wu (Zhijia y Chen, 2019). El autor describe como la informatización puede transformar las operaciones de las empresas constructoras, destacando la importancia de recopilar, almacenar y analizar información en tiempo real, mejorando la toma de decisiones al interior de las organizaciones.

En cuarto lugar, se encuentra la investigación realizada por Benjamín Andrés Caro Moreno, de título **Estudio de aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil** (Caro Moreno, 2021). Este estudio explora las diversas aplicaciones de la IA en la planificación, diseño y ejecución de proyectos. De esta manera el autor concluye, que la IA tiene un gran porcentaje de utilidad en los proyectos, pero que son pocos los que la han aplicado a los proyectos hoy en día.

Luego se encuentra la investigación de Nidia Carolina Pacanchique Quilaguy y Ruby Cecilia Rodríguez Olaya, titulada **El Impacto de la Inteligencia Artificial en el Trabajo** (Pacanchique Quilaguy y Rodríguez Olaya, 2021). Los sistemas informáticos complejos, o tecnologías basadas en la IA, se caracterizan por un hardware y un software que imitan los entornos cognitivos y el comportamiento humanos. Su desarrollo ha sido lento a lo largo de la historia, alcanzando un aumento exponencial en la actualidad debido a su adaptabilidad a cualquier entorno, la expansión del conocimiento humano y la inventiva. La automatización es de gran importancia

para las empresas pues permite agilizar las actividades, perfeccionar la práctica y disminuir los errores.

Seguidamente se encuentra la investigación titulada **habilidades del líder en la era de la inteligencia artificial en el contexto de organizaciones de ingeniería**, realizada por Giancarlo Romero Guillen, Jose Alfredo Frias Hernandez, Jorge Luis Teran d armasy Xavier Andres cedeño Carpio (Romero Guillén et al., 2023).

Para el caso de esta investigación los autores destacan la importancia de que los lideres se vinculen en competencias para enfrentarse a desafíos, aprovechar las oportunidades y beneficios que puede generar el uso de Inteligencia Artificial en cada uno de los proyectos que lideran. Una de las conclusiones más importante de este trabajo desarrollado es que los autores evidenciaron que en el sector de Ingeniería, los lideres deben de ejercer una comunicación acertada, ser empático y manejar el trabajo en equipo, de la misma manera que tener conocimientos de lo que es IA y como le va a ayudar a la toma de decisiones sea basada en datos, a través de realidad virtual, simulada y aumentada, lo que permite que la empresa se pueda adelantar a los resultados.

A continuación, se evidencia la investigación realizada por Sergio Zabala Vargas, María Jaime Quintanilla, y Miguel Hernán Jiménez, que lleva de nombre **Big Data, ciencia de datos e inteligencia artificial para la gestión de proyectos en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción: una revisión sistemática** (Jaimés-Quintanilla et al., 2023). Donde se describe como las organizaciones diariamente se enfrentan a retos derivados de la gran cantidad y calidad de la información generada por la gestión de proyectos. Por ello, las tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, la ciencia de datos y el big data juegan un papel importante y se han convertido en alternativas que contribuyen a la mejora de la gestión de proyectos, la optimización de la planificación y la predicción en el desarrollo de proyectos, esto como apoyo para la toma de decisiones.

Por otra parte, la investigación realizada por Henry Armando Perdomo, titulada **Estado del arte de tecnologías emergentes y metodologías tradicionales para la evaluación de la calidad de pavimentos flexibles** (Perdomo, 2023). El estudio pretendió evaluar tecnologías en desarrollo que garanticen la fiabilidad de los datos obtenidos y mejoren el rendimiento de la fase

de procesamiento de datos con métodos más antiguos utilizados para detectar defectos en los pavimentos flexibles.

Hoy en día, estas tecnologías están más disponibles y son más sencillas de utilizar en diversos entornos, incluidos los países subdesarrollados como Colombia. Es crucial recordar que el despliegue de estas tecnologías de vanguardia requiere una planificación cuidadosa y una formación suficiente del personal para un uso seguro. Para identificar y tratar rápidamente los daños, la evaluación flexible de la calidad del pavimento debe ser un procedimiento continuo y metódico.

La investigación realizada por Edwin Arturo Buitrago Mora, que lleva como nombre **aplicaciones, tendencias, problemáticas y retos de la inteligencia artificial en la logística de distribución** (Buitrago Mora, 2023). La Inteligencia Artificial (IA) desempeña un papel fundamental en la logística al agilizar y optimizar los procedimientos de gestión de la cadena de suministro. Las empresas de logística pueden optar intencionadamente por aumentar la felicidad del cliente y la calidad del servicio utilizando tecnologías de IA de vanguardia, lo que redundará en una cadena de suministro más rentable y eficiente.

Los hallazgos identificados suscitaron un debate sobre las preocupaciones relativas al impacto del avance tecnológico y la inteligencia artificial (IA) en el desplazamiento del mercado laboral y la disminución de la calidad de vida como consecuencia de la tecnificación de los puestos de trabajo. Estas cuestiones deben tenerse en cuenta en el contexto de la logística de distribución para lograr un equilibrio entre la aplicación de tecnologías punteras y la IA.

Así mismo, se encuentra la investigación realizada por Haung Kexin, que tiene como título **Estudio bibliográfico sobre la aplicación de la inteligencia artificial y análisis big data en la gestión de calidad en proyectos de ingeniería civil** (Haung, 2024). En esta investigación se describe como las tecnologías emergentes pueden contribuir a mejorar la precisión y la eficiencia en la gestión de calidad en proyectos de ingeniería civil. Así, el investigador concluye que las tecnologías han actuado como catalizadores del avance del sector e identificó que la inteligencia artificial, es capaz de manejar datos complejos, anticipar desafíos y riesgos de un proyecto en tiempo real. Igualmente, indicó que las tecnologías de Big Data pueden ofrecer un conocimiento

más profundo y apoyar a los gestores de proyectos en la toma de decisiones más precisas y fundamentadas.

También se presenta la investigación realizada por María Jaimes Quintanilla y Sergio Zabala Vargas (2024), titulada **Inteligencia artificial en la gestión de proyectos: caso construcción y obra civil**. En esta investigación se evidencia un alto interés de la comunidad científica y empresarial en el uso de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, en la gestión de proyectos; esto aprovechando las potencialidades para predicciones en tiempo real, estimaciones, automatización de procesos, entre otros. Para el caso del sector de la construcción y obra civil en Colombia se encuentran bajos niveles de incorporación de estas tecnologías en la administración de los proyectos, principalmente utilizando estrategias tecnológicas para fases de diseño (como es el caso del uso de BIM), y con menos impacto en la fase constructiva.

Finalmente, para cerrar el marco de antecedentes se presenta, la investigación realizada por Jefferson Manuel Ramos Cuchala titulada **Aplicación de tecnologías de IA en la gestión de proyectos de ingeniería civil: creación de una base de datos relacional y un asistente de búsqueda potenciado con GPT** (Ramos Cuchala, 2024). La integración de técnicas de inteligencia artificial, como los modelos de lenguaje natural, en los sistemas de gestión de información en ingeniería civil, representa un avance significativo. La eficacia de estos sistemas depende crucialmente de la calidad y cantidad de los datos, especialmente en aplicaciones web orientadas a la toma de decisiones. Los resultados obtenidos, tanto cuantitativos como cualitativos, demuestran mejoras considerables en la eficiencia de la búsqueda de información, la trazabilidad entre proyectos, la agilización de procesos de diseño estructural y la satisfacción del personal.

A nivel global, nacional y local se cuenta con investigaciones que nos hacen referencia a la temática en estudio, los que nos proporcionan un valioso conocimiento y herramientas útiles para la adopción de estas tecnologías emergente en el sector de las obras civiles en la ciudad de Medellín, Antioquia.

## 2.2 Marco Teórico

En busca de generar una investigación coherente, contextualizada y que proporcione una base sólida al lector del desarrollo de este contenido, se presenta el marco teórico de la investigación “Tecnologías emergentes en la gestión de obras de acueducto y alcantarillado” con la cual se podrá tener una visión enfocada y acertada a la temática en estudio.

### 2.2.1 Contexto de la Gestión de Acueducto y Alcantarillado en Medellín

**2.2.1.1 Breve Historia y Evolución del Sistema de Acueducto y Alcantarillado en Medellín.** A principio del siglo XX, el alcantarillado de la ciudad de Medellín era bastante precario, lo que permitía que las aguas residuales se mezclaran con las aguas potables. Todo este proceso de contaminación de las aguas trajo consigo una afectación a las quebradas y ríos de la ciudad, ocasionando transformaciones en el paisaje como la canalización y cobertura de varias fuentes hídricas. Este proceso se enmarca hacia 1920 – 1955 período de la municipalización de los servicios públicos y la creación de las Empresas Públicas Municipales (Restrepo, 2017). A mediados del siglo XXI y con el crecimiento exponencial que tuvo la ciudad de Medellín, esta se convirtió en la segunda ciudad más grande de Colombia. Por lo cual se se hace necesario modernizar las diversas infraestructuras de la ciudad, incluidos el alcantarillado y el acueducto (Ochoa Velásquez, 2021).

**Tabla 1.** *Evolución de los sistemas de acueducto y alcantarillado de Medellín*

Período	Suceso
1890-1930	Medellín sufre una transformación pasando de villa comercial a ciudad industrial. No existía en este periodo higiene debido a la calidad del agua y al sistema de recolección de aguas residuales. En cuanto a acueducto, cerca de 1925 la calidad del servicio del agua mejoró su gestión debido a la construcción del acueducto de hierro y se inicia el tratamiento con cloro para potabilizar el agua, pero para esta época, el alcantarillado continuaba siendo rudimentario.
1920-1995	En 1920 se regula a las empresas públicas de Medellín, encargados de tender la red de tubos metálicos para el acueducto de la ciudad, en 1952 se construye la central Hidroeléctrica de Río grande.

2004	Se intervienen las quebradas la Iguaná y La Hueso debido a los desbordamientos de sus cauces, en lo que se encontró que se presentaba deterioro en el terreno y dificultaban el desarrollo económico de la ciudad.
2005	Se estudia la quebrada Santa Elena debido a que sus aguas abastecían a la ciudad.

(Álvarez Arboleda & Chicangana-Bayona, 2015)

La ciudad de Medellín, a lo largo de la evolución de sus sistemas de saneamiento básico ha generado múltiples beneficios a su población, porque con el acceso de la comunidad a agua potable se reduce drásticamente la propagación de enfermedades transmitidas por este medio, de igual manera se proporciona una mejora en la calidad de vida de las personas que tienen acceso a esos servicio, generando un aumento del desarrollo económico, proporcionando ambientes más limpios, facilitando la urbanización y el crecimiento de las ciudades. Los sistemas de acueducto y alcantarillado son pilares para el desarrollo de la vida y el equilibrio de una comunidad.

**2.2.1.2 Tipos de Sistema de Alcantarillado.** En relación con la temática en desarrollo, (Guamán Flores, 2022) asegura en uno de sus trabajos, hay tres tipos de sistemas de alcantarillado:

- Sistema separado: se puede denominar pluvial, sanitario y estos consiste en sistema de alcantarillado exclusivamente para aguas residuales y un sistema para aguas lluvias, el primero va directamente a las fuentes de aguas y el segundo es conducido a través de redes hasta la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales).
- Sistema combinado: utiliza una misma red, colectores y tuberías para conducir las aguas lluvias y las aguas residuales, para esta se necesitan características especiales, así como lluvias uniformes y periódicas que mantengan un determinado caudal para que no se desarrollen tantas inundaciones como sedimentaciones.
- Sistema Seudo separativo: conjunto de elementos que coordina con los dos anteriores, en parte con el sistema separado, en parte con el sistema combinado y además fijando en el sistema combinado dispositivos para reboses de las aguas en determinados niveles.

El sistema mencionado anteriormente nos da pie para describir los diferentes componentes que hacen parte de un sistema de acueducto y alcantarillado.

### ***2.2.1.3 Componentes Principales del Sistema de Acueducto y Alcantarillado.***

**2.2.1.3.1 Componentes Principales del Sistema de Acueducto.** En relacion con lo que menciona Ramirez, (2016) en su informe sobre guía técnica de acueducto y alcantarillado determina los siguientes componentes para el sistema de acueducto:

- **Fuente de abastecimiento:** son todas las aguas utilizadas para abastecer los sistemas de acueducto, estas pueden ser superficiales o subterráneas. Su ubicación, tipo, cantidad y calidad vienen determinados por la geografía de la zona, el tipo y la posición de la fuente de abastecimiento y de acuerdo a su ubicación en comparacion con la poblacion a abastecer se puede dar por gravedad y por bombeo. Si actúa la gravedad, la fuente debe encontrarse en las zonas de mayor población y bombearse hacia las zonas más bajas o subterráneas.
- **La captación de agua superficial y/o agua subterráneas:** son las estructuras que se requieren para captar las aguas provenientes de ríos, lagos, lagunas, océanos o mares, estas con conocidas como bocATOMA o captacion.
- **La red de aducción:** Esta porción se encarga de mover el agua cruda desde la recolección hasta la instalación de tratamiento. Al no haberse administrado ningún tratamiento, esta conducción se puede realizar por canales abiertos, aunque se aconseja que sea lo más breve posible.
- **Desarenador:** Esta estructura hidráulica, que es la primera en el proceso de tratamiento de agua, está diseñada para eliminar partículas de un tamaño específico que dejan pasar luego de ser capturadas por una fuente superficial. Es decir, es una construcción destinada a retener la arena que traen los mares, rios o acuíferos.
- **Tanques de compensación o de almacenamiento:** Esta estructura está destinada a retener una cantidad específica de agua durante un período de tiempo predeterminado. Para garantizar que los consumidores tengan acceso al líquido, se diseñan tanques de almacenamiento de agua tratada para compensar el diferencial de volumen entre el suministro y el consumo de la población.
- **Redes de distribución:** Es el sistema de tuberías destinado a dar servicio de agua potable a viviendas y otros edificios públicos, privados y municipales. Comenzando por los tanques de almacenamiento y/o compensación, estas redes comprenden todas las tuberías, nodos, válvulas de control, válvulas reguladoras de presión, ventosas, hidrantes, conexiones domiciliarias y demás estructuras y accesorios complementarios necesarios para el buen funcionamiento del sistema.

**2.2.1.3.2 Componentes principales del sistema de alcantarillado.** En cuanto al alcantarillado, los componentes según Ramirez, 2016 son:

- **Colectores terciarios:** son tuberías de pequeño diámetro (150 a 250 mm de diámetro interno) a los cuales se conectan las acometidas domiciliarias.
- **Colectores secundarios:** son las tuberías que recogen las aguas de la red terciaria y los conducen a los colectores principales o interceptor.
- **Colectores principales o interceptor:** son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.
- **Pozos de inspección:** son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento.
- **Conexiones domiciliarias:** son pequeñas cámaras que conectan el alcantarillado privado, interior a la propiedad con el público en la vías.
- **Estaciones de bombeo:** como la red trabaja por gravedad, para funcionar correctamente las tuberías deben tener una cierta pendiente, calculada para garantizar al agua una velocidad mínima que no permita la sedimentación de los materiales sólidos transportados.

## **2.2.2 Tecnologías Emergentes**

El siglo XXI ha sido testigo de la introducción de nuevos canales de desarrollo y comunicación que apoyan los diversos campos de especialización en los que operan las empresas (Cabero Almenara & Puentes Puente, 2020) a la forma en que la digitalización, el rápido avance de la tecnología, el nacimiento de la Web 2.0 y la importancia de las TIC en la sociedad han creado nuevos escenarios tecnológicos. Estas innovaciones confirman (Lengua Cantero et al., 2020) han tenido una evolución que puede ser positiva o negativa dependiendo del uso que se les dé, su vida es útil, corta y puede presentar diferentes versiones.

Las tecnologías emergentes concluyen (Moreno Martínez et al., 2018) son muy importantes para la sociedad actual porque permiten crear espacios abiertos, flexibles y dinámicos para el diseño y la fabricación de materiales. Ejemplos de estas tecnologías son el modelado, la impresión 3D, la realidad aumentada y la realidad virtual Según (Amaro Rosales y Robles Belmont, 2020) este tipo de tecnología:

A nivel público las tecnologías emergentes tienen como propósito la transformación digital en Colombia, marcado según (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones,

2020) en la posibilidad de habilitar las capacidades en las entidades públicas, que según el Marco de la Transformación Digital para el Estado Colombiano tiene 5 propósitos por cumplir, los cuales son:

- Servicios digitales de confianza y calidad
- Procesos internos seguros y eficientes
- Decisiones basadas en datos
- Empoderamiento ciudadano
- Impulsar territorios inteligentes a partir de la preparación de las entidades responsables de ejecución de acciones en la materia

Para desarrollar valor en los diversos procesos que se llevan a cabo en las entidades, es importante reinventar o adaptar los muchos procesos que se han venido gestionando en las entidades públicas para cumplir con los objetivos antes mencionados (Vargas Supelano & Rey Duque, 2024).

### 2.2.2.1 Tipos de Tecnologías Emergentes.

En este apartado se presenta de manera breve cada una de las tecnologías que hacen parte de este grupo de desarrollo, que hoy en día se encuentran en las primeras etapas de su adopción en los diferentes medios, que pueden constituir un impacto positivo o mejora en las organizaciones (Rozo-García, 2020).

**Tabla 2.** *Tecnologías emergentes más utilizadas*

<b>Tipo de tecnología emergente</b>	<b>Concepto</b>
Internet de las cosas (IOT)	Es el método por el que se conecta toda la tecnología actual, incluidos portátiles, tabletas, teléfonos móviles y líneas telefónicas fijas.
Sistemas ciberfísicos (CPS)	Considerada una disciplina de ingeniería, desmonta aplicaciones concretas en un esfuerzo por descubrir las ideas científicas y técnicas básicas que sustentan la incorporación de componentes ciberfísicos en todos los ámbitos.
Ciberseguridad	Se trata de los procedimientos, tecnologías y prácticas creados para controlar el riesgo. Aunque esto es ventajoso, también supone un riesgo para la ciberseguridad del sector debido a la falta de preparación de la industria para tales procedimientos, que deberían formar parte natural del ciclo de vida de una empresa.

Cloud computing (Computación en la nube)	Redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios son sólo algunos ejemplos del conjunto común de recursos informáticos reconfigurables a los que se puede acceder en cualquier momento y lugar con ayuda de la arquitectura de computación en nube. Estos recursos requieren poco trabajo de gestión o interacción directa del proveedor de servicios para poder desplegarse y liberarse rápidamente.
Edge computing	Esta información está descentralizada; el procesamiento y almacenamiento de datos se realiza más cerca de los dispositivos del Internet de las Cosas, o en el «borde de la red». Diseñado para aplicaciones en tiempo real, tiene tres ventajas: reduce la latencia, aumenta la fiabilidad de la red y ofrece una mayor seguridad de los datos.
Blockchain	Se considera la segunda era de Internet. El Bitcoin es su primera aplicación conocida. La tecnología que impulsa el bitcoin se denomina blockchain; es esencialmente una base de datos de registros digitales que se intercambian y distribuyen entre las partes implicadas. Los datos se cifran mediante una técnica conocida como criptografía.
Inteligencia artificial	Es un campo de estudio multidisciplinar que abarca, entre otras cosas, las ciencias biológicas, psicológicas, filosóficas, lingüísticas, informáticas y de la información, la lógica, las matemáticas y la estadística.
Machine learning	Para aprender de los datos recogidos, utiliza algoritmos de predicción, categorización y desarrollo del conocimiento. Los datos se introducen en un algoritmo capaz de comprender la relación entre la entrada y la salida del sistema investigado.
Deep learning	Es una subclase del aprendizaje automático que se conoce como profundo, porque suele utilizar redes neuronales profundas, una red neuronal artificial. El número de capas del modelo representa la profundidad del mismo.

Tipo de tecnología emergente	Concepto
Big Data	<p>Hace referencia a las soluciones de hardware y software que permiten capturar, almacenar y organizar el acceso a conjuntos de datos tan grandes donde los medios tradicionales de procesamiento de datos son insuficientes. Este se describe en en 5 dimensiones conocidas como 5 V</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen: Gran cantidad de información, difícil de procesar con los medios tradicionales.</li> <li>• Variabilidad: Se refiere a datos cuyo significado cambia continuamente.</li> <li>• Veracidad: Las organizaciones deben asegurarse que los datos que se recopilan sean válidos, los datos pueden ser incompletos o incorrectos.</li> <li>• Velocidad: Los datos se generan y almacenan a una velocidad sin precedentes.</li> <li>• Variedad: Los datos provienen de múltiples fuentes, dispositivos, herramientas y plataformas, pueden ser estructurados o no estructurados.</li> </ul>

(Rozo-García, 2020)

Del grupo tecnológico presentado en la tabla pasada, se toman como interés para esta investigación las denominadas, Internet de las cosas, Big Data e Inteligencia Artificial que mas adelante nos proporcionaran estrategias para incluir en este sector tan importante como lo son las obras civiles en la ejecución de obras de acueducto y alcantarillado.

### ***2.2.3 La tecnología Emergente y la Ingeniería***

En esta derivación de la investigación se pretende definir la relación existente entre estas ramas y determinar los aportes que se pueden generar del buen uso de las tecnologías emergentes como lo son Big data, Ciencia de datos e Inteligencia Artificial.

La tecnología y la ingeniería son dos ramas que al trabajar en conjunto necesitan de una infraestructura y fabricación de equipos adecuado para lograr mayor eficiencia en los diferentes procesos que se deben realizar (Beltrán-Rodríguez et al., 2018). Así mismo, el investigador (Morris Molina, 2020) afirma que la productividad (mano de obra, materiales, energía, maquinaria, entre otros) tiene como punto de apoyo la tecnología lo que permite entornos de trabajo basados en el mejoramiento continuo con direccionamiento a procesos de rediseño y reingeniería.

La integración tecnológica es esencial para la ingeniería porque le permite participar en avances, crear sistemas más inclusivos y buscar soluciones efectivas que beneficien a la sociedad y el medio ambiente. La ingeniería no se trata sólo de lo técnico; también debe tener en cuenta a la sociedad y predecir cómo la tecnología resolverá los problemas en el futuro (Domínguez Osuna et al., 2019).

Estas ramas nos generan una sinergia indispensable para el desarrollo urbano sostenible de la población, sin dejar de lado que su implementación en la cotidianidad abarca grandes retos y desafíos.

## **2.3 Marco Normativo**

### **Decreto 3930 de 2010**

En el año 2010, la Presidencia de la República de Colombia promulga el decreto 3930, por medio del cual se regula la gestión integral del recurso hídrico, estableciendo lineamientos para la protección, conservación, manejo y uso sostenible de las fuentes de agua en el país. Este decreto define criterios específicos para la clasificación de cuerpos de agua, la gestión de vertimientos, y la protección de las zonas de recarga hídrica. Además, establece procedimientos para el otorgamiento de concesiones de agua y licencias ambientales, buscando asegurar que el uso del recurso hídrico se realice de manera sostenible y equitativa. El decreto también aborda la necesidad de proteger las aguas subterráneas y gestionar los residuos líquidos de manera que se minimice su impacto en los ecosistemas acuáticos. A través de esta regulación, se busca garantizar que estos proyectos cumplan con estándares ambientales rigurosos, evitando la contaminación y promoviendo prácticas de uso racional del agua (Presidencia de la República de Colombia, 2010).

### **Ley 99 de 1993**

Esta establece el marco institucional y jurídico para la gestión del medio ambiente en el país. Esta ley creó el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), encargándole la formulación y seguimiento de las políticas ambientales. Además, la ley define la estructura del Sistema Nacional Ambiental (SINA), integrando a diversas entidades gubernamentales, corporaciones autónomas regionales (CARs), y la sociedad civil en la protección y manejo sostenible de los recursos naturales. A través de esta ley, se establece la obligación de realizar estudios de impacto ambiental para proyectos que puedan afectar significativamente el entorno, garantizando que el desarrollo económico se lleve a cabo con responsabilidad ambiental.

Además, otorga un enfoque participativo a la gestión ambiental, permitiendo la intervención de las comunidades locales en los procesos de toma de decisiones que afectan su entorno. La ley introduce el principio de "quien contamina paga", promoviendo la internalización de los costos ambientales por parte de las empresas y personas que generen impactos negativos. Además, establece instrumentos económicos y fiscales para fomentar la conservación y el uso

sostenible de los recursos naturales, y pone en marcha mecanismos de financiación para proyectos ambientales (El Congreso de Colombia, 1993).

Esta ley crea el Ministerio del Medio Ambiente y establece las normas para la protección de los recursos naturales. Los proyectos de acueducto y alcantarillado, especialmente aquellos que involucran tecnologías emergentes, deben cumplir con las regulaciones ambientales para minimizar el impacto en el entorno (El Congreso de Colombia, 1993).

### **Ley 142 de 1994**

También conocida como la Ley de Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, regula la prestación de servicios como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, gas y aseo. Esta ley establece el marco institucional y jurídico para garantizar la eficiencia, continuidad y cobertura en la prestación de estos servicios. A través de esta, se promueve la participación del sector privado en la gestión de los servicios públicos, bajo la supervisión de comisiones de regulación.

Además, la ley establece mecanismos de control y supervisión para proteger los derechos de los usuarios, garantizando el acceso equitativo a los servicios públicos. Se fomenta la competencia en la prestación de estos servicios, buscando mejorar la eficiencia y reducir los costos. En particular, en el sector de acueducto y alcantarillado, la Ley 142 de 1994 contribuye a la modernización y expansión de las infraestructuras, promoviendo inversiones que aseguren un acceso más amplio y sostenible a estos recursos esenciales (Congreso de Colombia, 1994).

### **Decreto 1594 de 1984**

Establece las normas técnicas y reglamentarias para el uso, conservación y calidad de las aguas. Este define los criterios para la clasificación de cuerpos de agua, los límites permisibles de vertimientos líquidos y las condiciones para el aprovechamiento del recurso hídrico en actividades industriales, agrícolas y domésticas. Además, establece las bases para el monitoreo y control de la calidad del agua, promoviendo su uso racional y la protección de las fuentes hídricas contra la contaminación (Presidencia de la República, 1984).

### **Resolución 0330 de 2017**

Determina los criterios y requisitos para la elaboración y presentación de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) para las entidades que gestionan sistemas de alcantarillado. Esta normativa es crucial para asegurar que las aguas residuales sean tratadas adecuadamente antes de ser vertidas en cuerpos de agua, protegiendo así la calidad del recurso hídrico y la salud pública. La resolución también establece plazos y directrices claras para que las empresas implementen mejoras en sus sistemas de tratamiento, promoviendo la sostenibilidad y el cumplimiento de las normas ambientales vigentes.

Fomenta la participación activa de las autoridades ambientales y las comunidades en la supervisión y cumplimiento de los PSMV. Al exigir la presentación periódica de informes y la actualización de los planes, la normativa busca asegurar que las estrategias de manejo de vertimientos sean efectivas y estén alineadas con los objetivos de protección ambiental. Esta resolución refuerza la responsabilidad de las empresas y entidades públicas en la gestión adecuada de los vertimientos, contribuyendo a la mejora continua de las prácticas ambientales en Colombia (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

### **Decreto 1575 de 2007**

Define el sistema para la protección y control de la calidad del agua destinada al consumo humano. Esta normativa es fundamental para garantizar que el agua suministrada a la población cumpla con los estándares de calidad necesarios para prevenir riesgos sanitarios. El decreto define las obligaciones de los prestadores de servicios de acueducto, incluyendo el monitoreo continuo de la calidad del agua, la implementación de sistemas de tratamiento adecuados y la comunicación de los resultados a las autoridades competentes y a los usuarios.

Además, el decreto crea un marco de supervisión por parte de las autoridades sanitarias para asegurar el cumplimiento de las normas y procedimientos establecidos. Esto incluye la realización de inspecciones periódicas y la toma de medidas correctivas cuando se detectan incumplimientos. En conjunto, el Decreto 1575 de 2007 fortalece la gestión integral del agua potable, protegiendo la salud pública y asegurando que el agua distribuida a la población sea segura y apta para el consumo (Presidente de la República de Colombia, 2007).

### **Decreto 767 de 2022**

Este es un decreto emitido por el gobierno nacional donde se dan los lineamientos generales de la política de Gobierno Digital, impactando positivamente en la calidad de vida de la ciudadanía que será beneficiaria de este tipo de proyectos. Este decreto tiene gran importancia en este tipo de investigación porque en ella se establecen lineamientos para fomento de las nuevas tecnologías en las diferentes áreas, que puedan ayudar a mejorar su eficiencia y calidad de la prestación del servicio (El Presidente de la República de Colombia, 2022).

### **Ley 1715 de 2014**

Esta ley está encaminada al aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de las tecnologías limpias. Sin embargo, esta ley tranquilamente puede ser aplicada en la infraestructura de acueducto y alcantarillado, en la medida en que se promuevan soluciones tecnológicas que contribuyan a la sostenibilidad y la mejora de estos sistemas (Congreso de Colombia, 2014).

### **Norma de Diseño de Acueducto de las Empresa Públicas de Medellín**

En esta norma se fijan los criterios básicos, requisitos mínimos y límites que se deben tener en cuenta en las diferentes etapas involucradas en la conceptualización y el diseño de sistemas de Acueducto. Es importante tener en consideración esta normativa porque a través de esta Guía en la ciudad de Medellín, se puede respaldar el diseño de las redes de Acueducto y garantizar con esto su correcto funcionamiento en el periodo de diseño establecido para este tipo de infraestructura (Empresas Públicas de Medellín E. S. P., 2013).

### **Norma de Diseño de Alcantarillado de las Empresa Públicas de Medellín**

En esta norma se fijan los criterios básicos, requisitos mínimos y límites que se deben tener en cuenta en las diferentes etapas involucradas en la conceptualización y el diseño de sistemas de Alcantarillado. Es importante tener en consideración esta normativa porque a través de esta Guía en la ciudad de Medellín, se puede respaldar el diseño de las redes de Alcantarillado y garantizar con esto su correcto funcionamiento en el periodo de diseño establecido para este tipo de infraestructura (Empresas Públicas de Medellín E. S. P., 2013).

### **Plan De Ordenamiento Territorial**

Es el instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio, donde se define directrices, políticas, estrategias, para administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo. Con la implementación de este, se logra llegar a beneficiar a la comunidad con proyectos principalmente de infraestructura. Es de vital importancia su consideración en esta investigación porque en este documento se delimitan los sectores y áreas a las cuales se le puede proporcionar servicios públicos y tiene su relación con las tecnologías emergentes porque estas pueden ser adoptadas al plan con fin de lograr disminución de costos y mejoras de la calidad en la prestación del servicio por parte de la Empresa de Servicios Públicos (Alcaldía de Medellín, 2024).

### **3 METODOLOGÍA**

#### **3.1 Enfoque y Alcance de la Investigación**

Para esta investigación se tomó un enfoque cuantitativo, este es un tipo de estudio que según (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018) representa un conjunto de procesos que ayuda a comprobar algunas suposiciones, este se utiliza cuando se quiere estimar o conocer la ocurrencia de algunos fenómenos, para lo cual se requiere el uso del conteo numérico. Por medio de este se espera medir las variables que son de gran relevancia en el estudio que se esté llevando a cabo para poder comprender los resultados arrojados se debe hacer un análisis estadístico de dichos resultados, este análisis se hace por medio de encuestas

Por medio de este se espera identificar soluciones que puedan aplicarse en el servicio correspondiente para mejorar la gestión de proyectos, centrándose en las diferentes opiniones que tengan cada uno de los participantes en el estudio y que permita tener conocimiento real de la actualidad que viven las empresas de acueducto y alcantarillado en Medellín, para esto es necesario aprovechar la precisión y generalización de los datos obtenidos a través de la aplicación de una encuesta a las empresas pertenecientes al sector de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Medellín.

#### **3.2 Población y Muestra**

##### ***3.2.1 Definición de la Población***

Para el desarrollo de este estudio se utilizará una población finita. La principal fuente de información serán 5 grandes grupos de empresas pertenecientes a los sectores: construcción, industria manufacturera, consultoría, ingeniería y suministro de aguas, gestión de aguas residuales, gestión de desechos y actividades de saneamiento. Estos grupos son los que más se acomodan dentro de la sugerencia realizada por el docente guía en este proceso investigativo.

A estos sectores se les aplicará un instrumento que permita conocer como están manejando en sus empresas las tecnologías emergentes y que tanto conocen de esta temática en su interior. La población será de 80 empresas pertenecientes a los sectores anteriormente mencionados (ver anexo).

### 3.2.2 *Cálculo y Selección de la Muestra*

Se puede determinar la probabilidad de que cada sujeto investigado se incluya en la muestra mediante una selección aleatoria gracias a las técnicas de muestreo probabilístico (Otzen y Manterola, 2017), para determinar la muestra se aplica la siguiente muestra:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{e^2 (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

$$N = 80$$

$$Z = (95\%): 1,96$$

$$e = 8\%: 0,08$$

$$P = 0,5$$

$$Q = 0,5$$

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 80}{0,08^2 (80 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{76.832}{1.466}$$

$$n = 52.4$$

$$n \sim 52$$

Teniendo en cuenta la fórmula trabajada anteriormente, se determina que la encuesta será aplicada a 52 empresas de la ciudad de Medellín que tengan relación con el sector de la construcción en acueducto y alcantarillado de la ciudad.

Para determinar las empresas que pueden hacer parte del estudio se tuvieron en cuenta criterios de selección en primera instancia las empresas que pertenecen o se relacionan con actividades en el sector de acueducto y alcantarillado ya sea a nivel de prestación de servicios o de infraestructura y estar ubicadas en la ciudad de Medellín, Colombia, en cuanto a criterios para excluir a algunas entidades estas se relacionan con la no pertenencia ya sea a nivel de servicios o de infraestructura al sector de acueducto y alcantarillado y empresas que no lleven a cabo proyectos de infraestructura, construcción o prestación de servicios relacionados con acueducto y alcantarillado.

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

Para el caso de esta investigación el grupo focal son las empresas pertenecientes al sector de la construcción, industria manufacturera, consultoría, ingeniería y suministro de aguas, gestión de aguas residuales y gestión de desechos y actividades de saneamiento de la ciudad de Medellín, Colombia. La manera en la que se espera obtener información es a través de la aplicación de una encuesta, considerada por Lanuez y Fernández (2014) y (Feria y Matilla, 2020) como un instrumento o formulario digital que ayuda a obtener respuestas sobre un problema de estudio, este ofrece una serie de cuestionamiento con diferentes alternativas de respuesta con el propósito de conocer sus aptitudes y características; para el caso de esta investigación se aplicaron las encuestas de manera virtual a través de formularios en línea. Para la presente investigación el instrumento a aplicar consta de preguntas cerradas de opción múltiple con única respuesta (ver anexo 1).

Al aplicar esta encuesta en las empresas pertenecientes a los sectores mencionados anteriormente, se espera obtener información sobre como las empresas pertenecientes al sector de acueducto y alcantarillado están implementando las tecnologías emergentes en sus procesos productivos, en la toma de decisiones y en la prestación de servicios, así mismo se quiere conocer cómo esta siendo la integración de dicha tecnología en su proceso, la importancia que esta tiene en el desarrollo de sus operaciones y la manera en que se está realizando la adopción de dichas tecnologías en futuro próximo.

### 3.4 Descripción de Procedimientos

#### Fase 1: Preparación de la Encuesta

**Actividad 1.1. Desarrollo del proyecto principal (Nodo):** El tutor definió un proyecto de investigación central que aborda un tema amplio. A partir de este proyecto principal, se identificaron y delimitaron varios sectores específicos, cada uno enfocado en aspectos particulares del tema central. Estos sectores se desarrollan de manera individual, pero bajo la estructura y objetivos generales del proyecto principal, permitiendo un análisis detallado y segmentado del área de estudio, para el caso de esta investigación corresponde a obras civiles en alcantarillado y acueducto.

**Actividad 1.2. Creación de la guía inicial de la encuesta:** Desde la guía que nos proporciona el docente para esta se diseñó una guía inicial para la encuesta, que incluyó preguntas y temas claves alineados con los objetivos del proyecto. Esta guía se estructuró para recopilar datos específicos que contribuirán al análisis del proyecto de investigación, asegurando que la información obtenida sea relevante y coherente con las necesidades del estudio.

**Actividad 1.3. Modificación de la encuesta por sectores:** aquí se examinó la guía inicial de la encuesta proporcionada por el tutor. A partir de esta revisión, se realizaron ajustes específicos para cada sector identificado en el proyecto. Estas modificaciones incluyen la adaptación de preguntas y temas para asegurar que sean pertinentes y relevantes, considerando las particularidades y necesidades de cada sector, especialmente el sector que le atañe a esta investigación, como es el de construcción industria manufacturera, consultoría, ingeniería y suministro de aguas, gestión de aguas residuales y gestión de desechos y actividades de saneamiento.

**Actividad 1.4. Las adaptaciones incluyen cambios básicos en las preguntas para asegurar que sean pertinentes y efectivas para el sector al que van dirigidas:** se realizaron modificaciones en las preguntas de la encuesta, ajustando el lenguaje, el enfoque y el contenido para que se alineen con las características y necesidades del sector específico al que están dirigidas. Estos cambios básicos aseguran que las preguntas sean claras, relevantes y efectivas para obtener

la información necesaria, garantizando que los datos recopilados sean precisos y útiles para el análisis de la información obtenida.

## **Fase 2: Contacto con los Participantes**

**Actividad 2.1. Identificación de Participantes:** se seleccionó cuidadosamente a las entidades que pertenecen al sector de estudio. Este proceso incluyó la identificación de criterios como la experiencia, el rol o la relevancia dentro del sector, para asegurar que los participantes elegidos puedan proporcionar información valiosa y representativa para la encuesta.

**Actividad 2.2. Primer Contacto a través de WhatsApp:** se contactó a los encuestados por medio del envío de mensajes personalizados de WhatsApp a los participantes seleccionados. En estos mensajes, se explicó brevemente el propósito de la encuesta, resaltando su relevancia dentro del proyecto de investigación. Además, solicitan la colaboración de los participantes para completar la encuesta, proporcionando detalles sobre cómo y cuándo pueden hacerlo, y asegurándoles la confidencialidad y el uso adecuado de sus respuestas.

## **Fase 3: Distribución y Aplicación de la Encuesta**

**Actividad 3.1. Envío del enlace de la encuesta:** una vez que los participantes confirmaron su disposición a colaborar, se procedió a enviar un enlace directo a la encuesta a través de WhatsApp. Este enlace permite un acceso rápido y sencillo al formulario en línea, facilitando la participación. Los investigadores también incluyen instrucciones claras sobre cómo acceder y completar la encuesta, asegurándose de que los participantes tengan toda la información necesaria para realizarla de manera eficiente.

El enlace proporcionado llevó a los participantes directamente a un formulario creado en Google Forms. Este formulario está diseñado de manera intuitiva y organizada, permitiendo a los encuestados responder a las preguntas de la encuesta de manera estructurada.

**Actividad 3.2. Diligenciamiento de la encuesta por los participantes:** los encuestados utilizaron el enlace proporcionado para acceder al formulario en Google Forms. Siguiendo las instrucciones dadas, responden cada una de las preguntas de la encuesta de manera detallada y

completa. Al finalizar, sus respuestas son automáticamente registradas y almacenadas para su posterior análisis.

#### **Fase 4: Seguimiento y Conclusión**

**Actividad 4.1. Monitoreo de respuestas:** en este paso se supervisó activamente la plataforma de Google Forms para rastrear el progreso de la recolección de respuestas, se verificó regularmente cuántos participantes completaban la encuesta. Este monitoreo continuo permite a los investigadores intervenir rápidamente en caso de ser necesario.

**Actividad 4.2. Cierre de la encuesta:** al finalizar el período establecido para la recolección de datos, se desactivó el formulario en Google Forms, cerrando el acceso para que no se puedan enviar más respuestas. Esto asegura que solo se incluyan en el análisis las respuestas recibidas dentro del plazo estipulado. Tras el cierre, los datos recopilados se consolidaron y se prepararon para su análisis posterior.

### **3.5 Análisis de Información**

Para la aplicación de la encuesta se utilizó la plataforma en línea Google Forms, luego de obtener las respuestas de los participantes se procede a exportar los datos en formato Excel. A continuación, se procede a revisar la información descargada para confirmar que esté completa toda la información recopilada.

Al tener la información recopilada y revisada en Excel se organiza toda, facilitando los nombres de cada una de columnas de manera descriptiva para tener la facilidad de identificar la información que se encuentra reflejada en cada una de las filas y columnas. Luego se realiza un breve análisis general entre los diferentes subgrupos que hacen parte de la encuesta.

Ahora se filtran datos para poder analizar respuestas específicas permitiendo un análisis mas detallado, en este punto se debe tener muy presente que al tener la encuesta original se debe realizar el análisis de las respuestas obtenidas por las empresas pertenecientes al sector de construcción, ingeniería, consultoría y suministro de agua residuales y gestión de desechos y actividades de saneamiento.

Al tener la información filtrada y claridad en las respuestas dadas por cada uno de los participantes que interesan para el desarrollo de la investigación, se realiza la interpretación de los resultados arrojados en la encuesta, para esto es importante tener en cuenta los interrogantes que responden a las preguntas del proyecto. Para lograr esto es necesario contar y respaldar la información obtenida por medio de tablas y gráficas generadas en el mismo programa de Excel.

Durante el desarrollo de las tablas y gráficos se debe realizar una verificación constante con la finalidad de evitar errores y demoras en el proceso al momento de realizar el análisis de la información recopilada.

### **3.6 Consideraciones éticas**

La Universidad Minuto de Dios y la comunidad científica necesitan que todas las personas o entidades que participen en un estudio o investigación ofrezcan un consentimiento informado este será de gran importancia para los investigadores pues permitirá entender que los involucrados en el proyecto comprenden la finalidad de la investigación y el uso que se le dará a la información recopilada por medio de la aplicación de la encuesta. Al momento en que se dé el contacto con la persona de la empresa que responderá la encuesta se deberá dar una explicación detallada del objetivo de la investigación y de los resultados que se espera conocer por medio de esta, así mismo se hará claridad de la temática central en cuanto a las tecnologías emergentes que se están aplicando en esta investigación.

El consentimiento o aceptación por parte de los encuestados se encuentra reflejada en el formulado de Google forms que se le da a conocer a cada uno de los participantes para que estos determinen si aceptan participar de manera voluntaria en la investigación, al aceptar este consentimiento se procede a responder la encuesta. La encuesta presentada por los investigadores del proyecto no es obligatoria que sea respondida en su totalidad por los participantes, si estos en algún momento desean dejar de completar el formulario, se encuentran en su derecho de abandonarlo en el momento en que sea necesario.

En cuanto a los datos recopilados en la encuesta estos contarán con un gran nivel de confidencialidad, pues no se relacionará la información recogida con el nombre de ninguna de las empresas participantes y la información recopilada se utilizará únicamente para fines de la presente investigación. Los resultados obtenidos serán presentados de manera global protegiendo la identidad de los involucrados en el estudio.

Con esta investigación se espera generar un beneficio para la sociedad al conocer como las empresas del sector de la construcción de acueducto y alcantarillado están implementando la cuarta revolución actual por la que pasa la comunidad como es la revolución 4.0 y como esto está generando beneficios para la sociedad, además de conocer los desafíos que las empresas deben enfrentar para su puesta en marcha.

Las preguntas de la encuesta aplicada están formuladas de manera general y neutral evitando que se presente conflictos entre las empresas encuestadas, así mismo se mantiene una actitud de respeto y tolerancia evitando que las empresas participantes se sientan coaccionadas a diligenciar y participar en el estudio que se está realizando.

Al momento de contactar con las empresas, como investigadores es necesario ser claro y honesto respecto a los objetivos de la investigación, la metodología y la utilización de los resultados, los cuales serán obtenidos de manera precisa, sin distorsionar u omitir la información que se obtenga al finalizar la investigación.

Se garantiza que la información adquirida en la investigación no será divulgada con terceros ni se divulgará con la finalidad de dañar a las empresas en su reputación o posición competitiva, así mismo no se dará a conocer estrategias, tecnologías o procesos que realizan las empresas en su día a día.

## 4 HIPÓTESIS

Las tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos, tienen el potencial de mejorar significativamente la gestión de proyectos en las obras civiles de las empresas de Medellín, Antioquia, optimizando los factores de alcance, tiempo y costos al proporcionar análisis más precisos, automatización de procesos y mejor toma de decisiones basada en datos.

### 4.1 Las Variables

#### 4.1.1 *Variable(s) Independiente(s)*

**Tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos):** Estas tecnologías representan la variable independiente, ya que son los factores que se introducen en el contexto de la gestión de proyectos de obras civiles. Estas tecnologías se consideran como herramientas o intervenciones que pueden influir en los procesos de gestión, proporcionando análisis avanzados, automatización de tareas y mejor toma de decisiones basada en datos.

#### 4.1.2 *Variable(s) Dependiente(s)*

**Mejora en la gestión de proyectos en los factores de alcance, tiempo y costos:** Esta es la variable dependiente, ya que se espera que los resultados en términos de alcance, tiempo y costos sean afectados por la implementación de las tecnologías emergentes. La mejora en estos factores refleja la eficacia, eficiencia de la gestión de proyectos y se mide en función de cómo estas tecnologías optimizan la planificación, ejecución y control de los proyectos en las obras civiles.

### 4.2 Planteamiento de Hipótesis

En un contexto donde las obras civiles en Medellín, Antioquia, enfrentan desafíos constantes en la gestión de proyectos, los factores de alcance, tiempo y costos son críticos para el

éxito de cualquier iniciativa de ingeniería. Las tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos, han demostrado ser herramientas poderosas en diversos campos, mejorando la eficiencia, precisión y toma de decisiones basadas en datos.

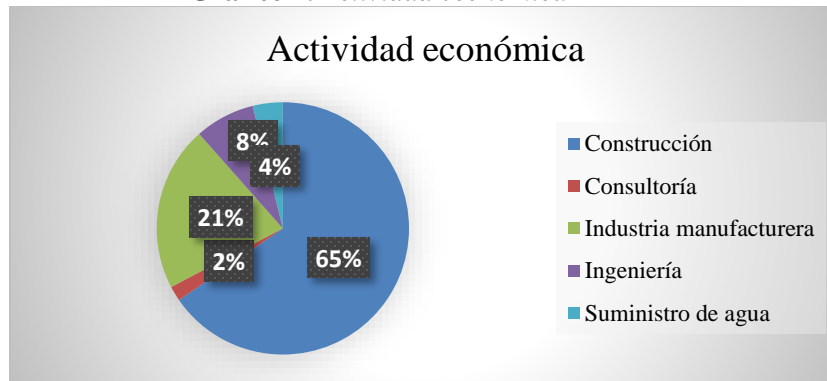
Se plantea que la implementación de estas tecnologías en la gestión de proyectos dentro del sector de obras civiles puede ofrecer mejoras sustanciales en los tres factores clave mencionados anteriormente. La hipótesis de este proyecto sugiere que, al incorporar estas tecnologías emergentes, las empresas de ingeniería en Medellín no solo optimizarán la planificación y control del alcance del proyecto, sino que también podrán reducir los tiempos de ejecución y optimizar los costos, gracias a un análisis más robusto y preciso de la información y una mejor capacidad de respuesta a los desafíos y cambios en el entorno del proyecto.

Este planteamiento considera que el uso de estas tecnologías permitirá una mejor integración y coordinación de los distintos elementos del proyecto, facilitando una gestión más efectiva y alineada con los objetivos estratégicos de las empresas, y, por ende, contribuirá a la consecución de resultados más satisfactorios en las obras civiles realizadas en la región.

## 5 RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la encuesta realizada a cincuenta y dos participantes del sector de interés, los cuales fueron descritos en el capítulo anterior. El propósito de esta encuesta fue recopilar datos pertinentes para analizar la situación en las diferentes empresas y de cómo se da su gestión actual en relación con la adopción de las tecnologías emergentes para este sector en particular. Para recopilar datos útiles para el avance del proyecto, el análisis se concentrará en encontrar patrones, tendencias que proporcionen un posterior análisis de este tema. A continuación, se analizan las principales preguntas realizadas.

**Gráfico 1.** *Actividad económica*



Fuente: elaboración propia

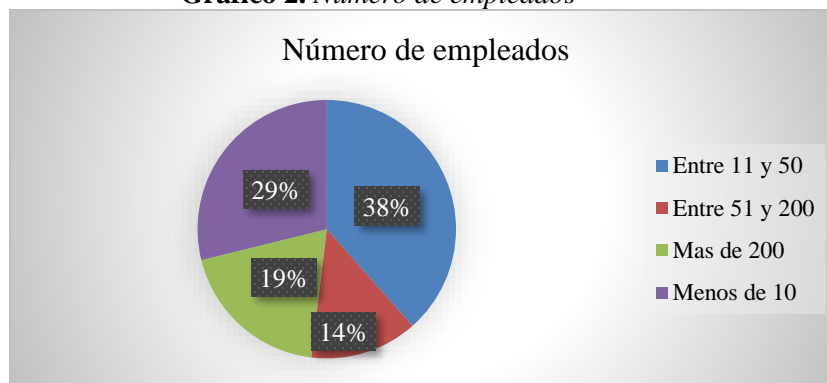
Como primera pregunta para analizar se tiene, la clasificación de la empresa según su actividad económica, en donde se revela de manera explícita como se encuentran distribuidas las empresas entre los distintos sectores analizados. La predominancia para este caso se da sobre el sector de la construcción, que representa el 65% de este grupo. Esto muestra que la mayoría de las empresas encuestadas están directamente involucradas en la construcción, lo cual es fundamental para el análisis y cobra relevancia dentro del enfoque de esta investigación. Seguidamente, ocupa su lugar el sector de la manufactura con un 21% de las respuestas, lo que indica una presencia significativa de empresas en los sectores analizados.

El tercer puesto lo ocupa el sector de la ingeniería, con un 8% dentro de la cantidad total de empresas encuestadas y finalmente con un 4% el suministro de agua, sector que tiene un porcentaje menor dentro del análisis de esta investigación, pero si tiene su aporte en los resultados.

Finalmente, el sector de la consultoría representa solo el 2% de las respuestas, lo que sugiere que, aunque es un componente necesario, su presencia es mucho menor en comparación con los otros sectores, estas últimas son las que deberían de tener un aporte un poco más significativo en la investigación porque son aquellas dedicadas al diseño de los sistemas de alcantarillado y acueducto en la ciudad de Medellín, de igual manera en el análisis se tiene en cuenta los resultados arrojados.

En resumen, el análisis evidencia que la mayoría de las empresas encuestadas están concentradas en actividades de construcción, mientras que la participación de los otros sectores es considerablemente menor (Ver gráfico 1).

**Gráfico 2. Número de empleados**



Fuente: elaboración propia

De la misma manera al análisis realizado anteriormente, se presentan los resultados encontrados para el número de empleados con el que cuenta cada empresa encuestada. Lo cual arroja una significativa variación de este número en la muestra analizada, en el Gráfico 2 se puede visualizar como el 38% de los participantes dijeron que sus organizaciones emplean entre 11 y 50 personas, lo que la cataloga como pequeñas empresas, también se contó con un 29% de los encuestados que dijeron que estaban empleados en empresas con menos de diez personas, lo que indica que corresponde a una microempresa, solo el 19% de los encuestados se encuentra actualmente trabajando para empresas con más de 200 empleados. Por último, el 14% de los encuestados afirma que sus organizaciones emplean entre 51 y 200 personas, lo que sugiere la existencia de medianas empresas (Ver gráfico 2).

**Gráfico 3.** Estrategias de transformación digital



Fuente: elaboración propia

En secuencia se analiza la existencia de un plan de transformación digital por la alta dirección, donde se presentan los distintos grados de madurez digital dentro de las empresas examinadas. De lo cual se obtuvo que siete organizaciones, o el 13% han implementado estrategias de transformación digital, donde es claro que es un porcentaje bajo de la muestra analizada lo que sugiere que falta implementación de este tipo de planes en las organizaciones, lo que podría conllevar a mejorar en la gestión de la organización. Es probable que una parte importante del negocio se encuentre en el proceso de definición y preparación de su transformación digital, pero aún no ha llegado a la etapa de ejecución, como lo demuestra el hecho de que el 23% (12 organizaciones) aún se encuentra en la fase de desarrollo de su transformación digital. El 6% (3 empresas) aún no han llegado a la etapa de acción completa y, por el contrario, se encuentran en la fase de implementación, cuando los planes comienzan a desplegarse. Si bien el 31% (16 organizaciones) indican estar involucrado en un programa de transformación digital, aún no ha formalizado la iniciativa ni creado un plan preciso.

De manera general se puede inferir que la mayoría de las empresas encuestadas se encuentran todavía en etapas de planificación de sus transformaciones, y el 27% de ellas (14 empresas) no tienen ninguna iniciativa asociada a la implementación de la transformación digital (Ver gráfico 3).

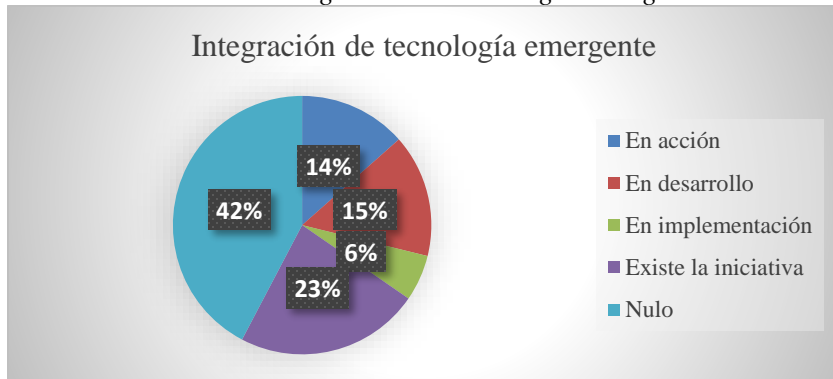
**Gráfico 4.** *Capacitación de talento humano en transformación digital*



Fuente: elaboración propia

Ahora entra en análisis la capacitación del talento humano de las diferentes empresas en temas asociado a la transformación digital, de donde se desprende principalmente que el 48% de las empresas cuentan con la iniciativa a la capacitación, seguido del 15% que se encuentra en actualmente se encuentra en acción y finalmente el 12% de las empresas no han iniciado con esta labor tan importante para la inclusión de diversas tecnologías en estos sectores (Ver gráfico 4).

**Gráfico 5.** *Integración de tecnología emergente*



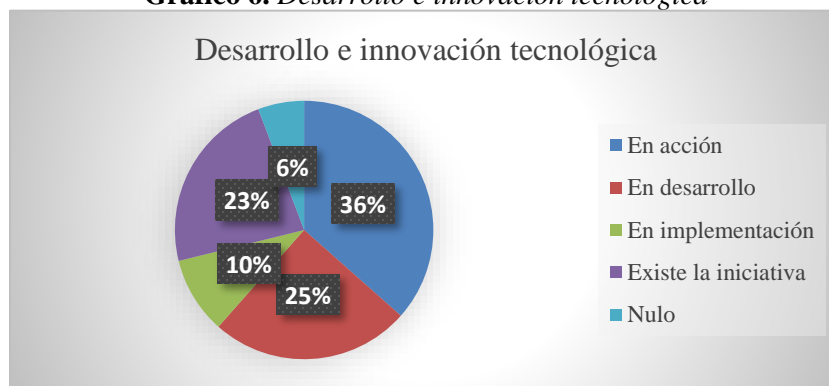
Fuente: elaboración propia

Respecto a la integración de tecnologías emergentes en las empresas, la investigación desarrollada nos revela que el 23% de las empresas reconocen que hay una iniciativa para integrar tecnologías emergentes en el desarrollo de sus labores. Esto nos indica que un porcentaje considerable de las empresas ha identificado el potencial en la implementación de estas tecnologías. Seguidamente, el 14% de las empresas actualmente se encuentran utilizando tecnologías emergentes en las labores desarrolladas lo que demuestra un compromiso activo con la innovación tecnológica y la inclusión en la era digital. El 15% de las empresas se encuentran en la fase de desarrollo de la integración de estas tecnologías y finalmente el 42% de las empresas

aún no han integrado este tipo de tecnologías emergentes, ya sea por falta de recursos, conocimiento, o porque aún no lo consideran prioritario. De la misma manera el 6% de las empresas están en la fase de implementación de tecnologías emergentes, lo que indica que algunas organizaciones están en un punto crítico de pasar del desarrollo a la acción.

Estos datos muestran que las empresas están adoptando tecnologías emergentes a diferentes ritmos y no todas las dan al tema la prioridad que representa, lo que se convierte en un desafío y una oportunidad para aumentar la innovación y este tipo de tecnologías (Ver gráfico 5).

**Gráfico 6.** *Desarrollo e innovación tecnológica*

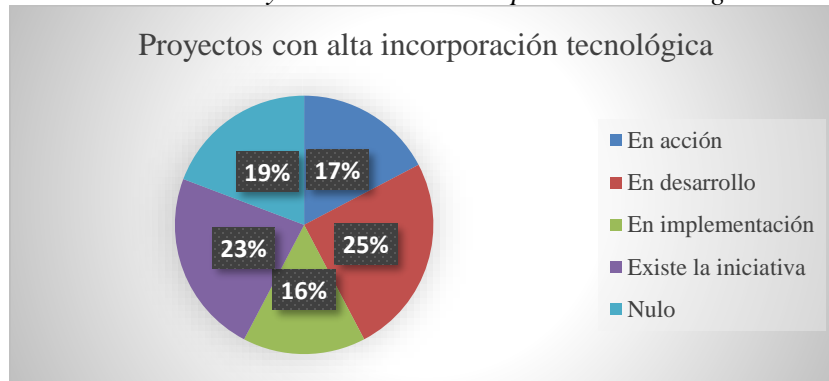


Fuente: elaboración propia

Sobre el reconocimiento del desarrollo y la innovación tecnológica la investigación revela una distribución diversa en las respuestas de las empresas, indicando diferentes niveles de compromiso frente a esta temática. El 36% de las empresas se encuentran involucradas en este desarrollo e implementando estrategias para incluir las tecnologías en sus operaciones. El 25% de las empresas están en una fase de desarrollo, lo que indica que están trabajando en iniciativas tecnológicas. El 23% de las empresas reconocen la importancia del desarrollo e innovación tecnológica y han comenzado a tomar medidas. Solo el 10% de las empresas están en la fase de implementación, lo que indica que están en el proceso de integrar nuevas tecnologías. El 6% restante de las empresas no identifican el desarrollo e innovación tecnológica como un factor importante, lo que sugiere una falta de enfoque en la modernización tecnológica. Este pequeño grupo representa un sector de las empresas que podría estar en desventaja competitiva si no reconoce y actúa sobre la importancia de la innovación.

Este análisis muestra que mientras una mayoría significativa de empresas (61%) está comprometida el desarrollo en términos de innovación tecnológica, un segmento aún se encuentra en las fases preliminares de reconocimiento o implementación (Ver gráfico 6).

**Gráfico 7. Proyectos con alta incorporación tecnológica**

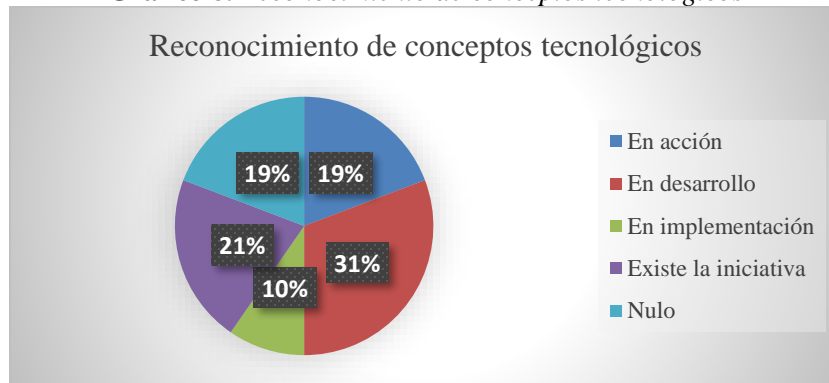


Fuente: elaboración propia

Respecto a la claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica, el 25% de las empresas están en la fase de desarrollo de procesos y protocolos, lo que indica que estas organizaciones están trabajando activamente para establecer o mejorar sus directrices para la incorporación de tecnología. El 23% de las empresas han reconocido la necesidad de claridad en los procesos y protocolos, y han iniciado algún tipo de planificación o discusión al respecto, en cuanto al 17% de las empresas ya cuentan con procesos y protocolos claros y están activamente aplicándolos en proyectos con alta incorporación tecnológica. El 16% de las empresas están en la fase de implementación, lo que significa que han establecido procesos y están en el proceso de aplicarlos y el 19% de las empresas no tienen claridad en sus procesos y protocolos para proyectos con alta incorporación tecnológica, lo que puede limitar su capacidad para manejar eficientemente la adopción de nuevas tecnologías.

La variedad en las respuestas indica que, mientras algunas organizaciones están bien encaminadas, otras aún enfrentan desafíos en la estructuración y ejecución de proyectos tecnológicos (Ver gráfico 7).

**Gráfico 8.** Reconocimiento de conceptos tecnológicos



Fuente: elaboración propia

Analizando el reconocimiento de los conceptos de tecnologías emergentes como Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos muestra una variabilidad en el nivel de comprensión y aplicación de estos conceptos entre las empresas. El 31% de las empresas, es decir, 16 de ellas, están en una fase de desarrollo en cuanto al reconocimiento y comprensión de estos conceptos. El 21% de las empresas, equivalente a 11 organizaciones, han comenzado a reconocer la importancia de estas tecnologías emergentes y están en las etapas iniciales de exploración y planificación. Un 19% de las empresas, o 10 de ellas, ya están activamente utilizando o integrando conceptos de tecnologías emergentes en sus operaciones, ya en este punto las empresas han pasado de la teoría a la práctica y están aplicando estos conceptos en sus procesos. Otro 19% de las empresas, también 10 en total, no reconocen o comprenden los conceptos de tecnologías emergentes. Esto indica una falta de conocimiento o interés en estas tecnologías, lo que podría representar un desafío significativo para la innovación y competitividad de estas empresas. Finalmente, el 10% de las empresas, es decir, 5 organizaciones, están en la fase de implementación de estos conceptos. Esto significa que han desarrollado estrategias basadas en tecnologías emergentes y están en el proceso de integrarlas de manera concreta en sus operaciones (Ver gráfico 8).

**Gráfico 9.** *Inversión en Investigación y Desarrollo*

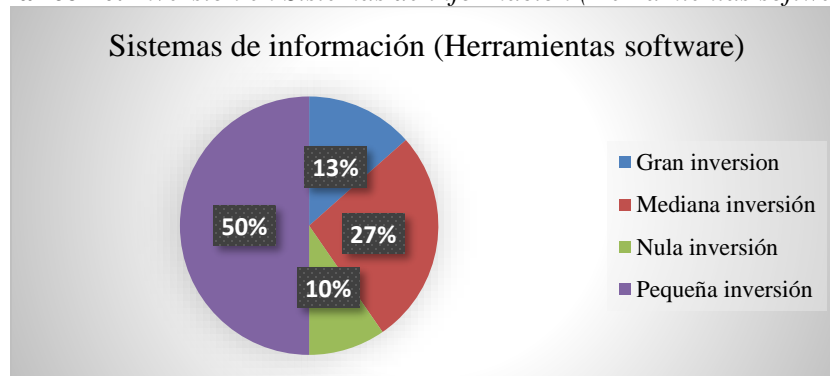


Fuente: elaboración propia

Respecto a la I&D en las empresas se muestra una distribución diversa en los niveles de inversión dedicados a esta área clave para la innovación. La mayoría de las empresas (44%) realiza una pequeña inversión en I+D. Un 23% de las empresas hace una inversión moderada en I+D. Otro 23% de las empresas no invierte en I+D, lo que indica una falta total de enfoque en la innovación. Solo el 10% de las empresas realiza una gran inversión en I+D.

Las empresas que hacen la inversión que para este corresponde al 77% de las empresas analizadas lo que indica que estas se encuentran altamente comprometidas con la innovación y probablemente ven la investigación y desarrollo como una prioridad estratégica que les proporciona una ventaja competitiva significativa (Ver gráfico 9).

**Gráfico 10.** *Inversión en Sistemas de información (Herramientas software)*

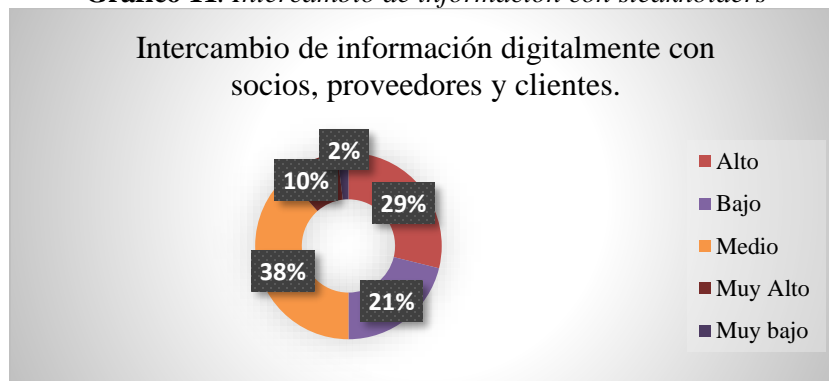


Fuente: elaboración propia

La inversión en sistemas de información revela que la mayoría de las empresas adopta un enfoque cauteloso, con inversiones modestas en tecnología, lo que podría limitar su capacidad de aprovechar al máximo las herramientas digitales en sus operaciones.

La mitad de las empresas encuestadas 50% es decir, 26 empresas realizan una pequeña inversión en sistemas de información. Esto refleja limitaciones presupuestarias, sin embargo, este bajo nivel de inversión podría limitar la capacidad de las empresas para optimizar procesos y mantenerse competitivas en un entorno cada vez más digitalizado. Un 27% de las empresas (14 empresas) realiza una inversión moderada en sistemas de información. Solo un 13% de las empresas (7 empresas) realiza una gran inversión en sistemas de información, esto representa a las empresas que ven la tecnología como una prioridad estratégica y están dispuestas a invertir significativamente para mantenerse a la vanguardia, optimizando sus operaciones y ganando ventajas competitivas. Un 10% de las empresas (5 empresas) no invierte en sistemas de información, lo que podría ser indicativo de una falta de recursos, una subestimación de la importancia de la tecnología, o una dependencia de métodos tradicionales que podrían no ser sostenibles a largo plazo (Ver gráfico 10).

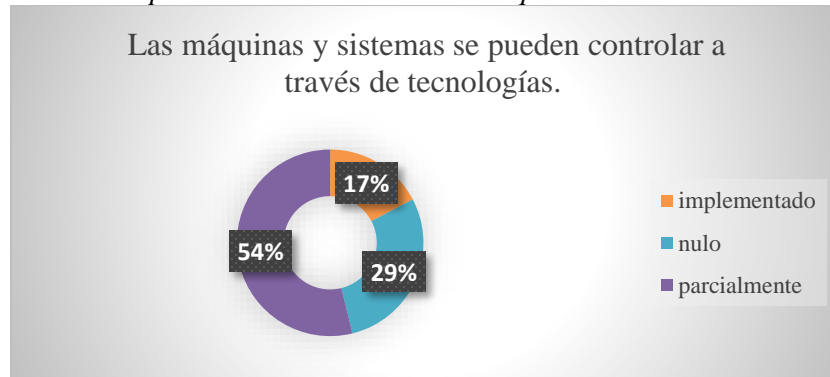
**Gráfico 11.** Intercambio de información con stakeholders



Fuente: elaboración propia

En cuanto al intercambio de información digital con socios, proveedores y clientes este grupo conocido como los stakeholders revela que, aunque muchas empresas están adoptando prácticas digitales, solo un 38% mantiene un intercambio digital. Esto sugiere una implementación moderada de tecnologías digitales para la comunicación y colaboración, lo que podría ser indicativo de una transición en curso hacia la digitalización completa; un número significativo de empresas, es decir 29% de ellas, ya opera con un alto nivel de intercambio digital. Esto indica que están más avanzadas en la adopción de tecnologías digitales, lo que les permite una comunicación más ágil y eficiente con sus socios comerciales; un 21% de las empresas mantiene un bajo nivel de intercambio digital. Este grupo puede estar enfrentando barreras para la adopción digital, como la falta de infraestructura tecnológica, resistencia al cambio o limitaciones en la capacitación del personal. Solo una minoría de empresas 10% ha alcanzado un nivel muy alto de intercambio digital. Estas empresas están probablemente a la vanguardia de la digitalización en su sector, aprovechando al máximo las tecnologías emergentes para optimizar sus procesos de negocio y mejorar la colaboración con sus socios. Aunque hay un progreso notable en el intercambio digital de información entre las empresas encuestadas, existe una dispersión en sus niveles de adopción (Ver gráfico 11).

**Gráfico 12.** *Implementación de control de maquinaria a través de tecnología*



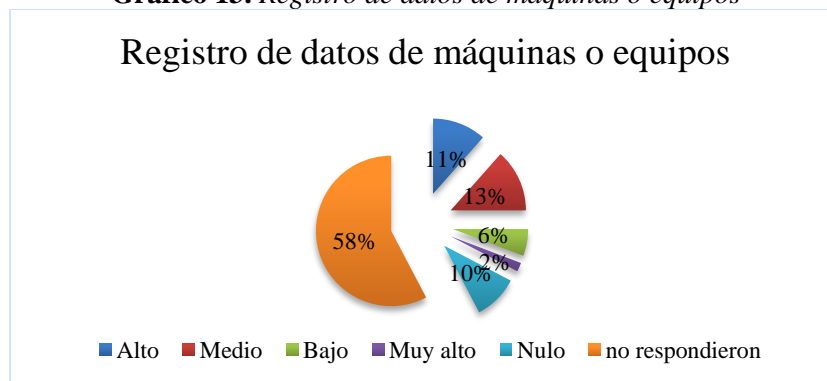
Fuente: elaboración propia

Respecto al control de máquinas y sistemas a través de tecnología muestra una adopción parcial predominante, con una notable resistencia en algunos sectores:

La mayoría de las empresas, el 54% de ellas indican que han implementado de manera parcial el control de máquinas y sistemas mediante tecnología. Esto indica que, aunque hay un

reconocimiento de los beneficios que la automatización y el control tecnológico pueden ofrecer, muchas empresas aún no han completado la transición hacia un entorno completamente automatizado. Esto puede deberse a desafíos como la falta de recursos, infraestructura o capacitación adecuada. Un 29% de las empresas no ha implementado ningún tipo de control tecnológico en sus máquinas y sistemas. Esto refleja una clara brecha en la adopción de tecnología, posiblemente debido a barreras como costos de implementación, falta de conocimiento técnico, o una resistencia al cambio. Estas empresas podrían estar perdiendo oportunidades de mejorar la eficiencia y competitividad a través de la automatización. Solo un 17% de las empresas ha implementado completamente el control de sus máquinas y sistemas mediante tecnología. Estas empresas están en una posición favorable para aprovechar los beneficios de la automatización, como la reducción de errores, mejora en la eficiencia operativa, y una mayor capacidad para monitorizar y optimizar procesos en tiempo real. Lo anterior demuestra que mientras la mayoría de las empresas están en un proceso de transición hacia el control tecnológico parcial de sus sistemas, una porción significativa aún no ha dado pasos en esta dirección, lo que podría estar limitando su competitividad en un entorno cada vez más automatizado y tecnológicamente avanzado (Ver gráfico 12).

**Gráfico 13.** Registro de datos de máquinas o equipos

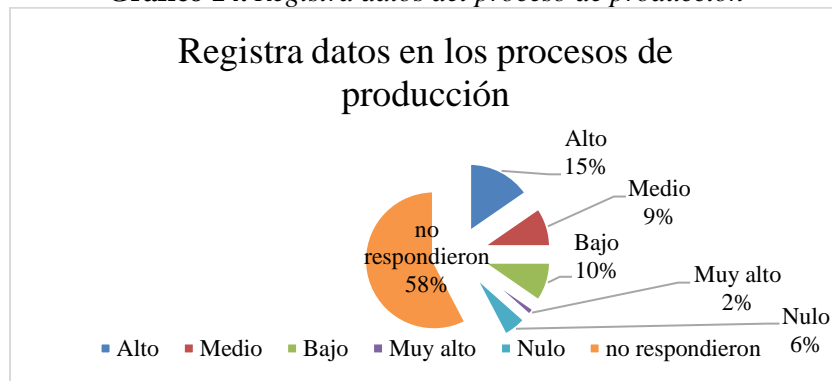


Fuente: elaboración propia

En la pregunta sobre si se registran datos de máquinas o equipos, los resultados muestran que un 11% de las empresas encuestadas, es decir, 6 de ellas, tienen un alto nivel de registro de datos; un 13%, equivalente a 7 empresas, lo hace en un nivel medio, mientras que un 6% (3 empresas) lo realiza en un nivel bajo. Solo un 2% (1 empresa) registra datos en un nivel muy alto. Sin embargo, un 10% (5 empresas) no realiza ningún registro, y un significativo 58% (30

empresas) no respondió a la pregunta. Estos resultados indican que la mayoría de las empresas no prioriza o carece de prácticas establecidas para el registro de datos de máquinas, lo cual puede indicar un área potencial de mejora en la adopción de tecnologías de monitoreo y gestión en tiempo real (Ver gráfico 13).

**Gráfico 14.** *Registra datos del proceso de producción*



Fuente: elaboración propia

En la pregunta sobre el registro de datos en los procesos de producción, los resultados reflejan que un 15% de las empresas encuestadas (8 empresas) realizan un registro de datos en un nivel alto, mientras que un 9% (5 empresas) lo hace en un nivel medio; un 10% (5 empresas) reporta un nivel bajo de registro, y solo un 2% (1 empresa) alcanza un nivel muy alto; un 6% (3 empresas) no realiza ningún registro de datos en sus procesos de producción, y un considerable 58% (30 empresas) no respondió a la pregunta. Este análisis indica que, aunque una parte de las empresas tiene algún nivel de registro de datos, la mayoría no se involucra activamente en esta práctica o no la considera una prioridad, lo que puede limitar la capacidad de estas empresas para optimizar sus procesos de producción mediante el uso de tecnologías de análisis de datos (Ver gráfico 14).

**Gráfico 15.** Integración de tecnologías en procesos de producción

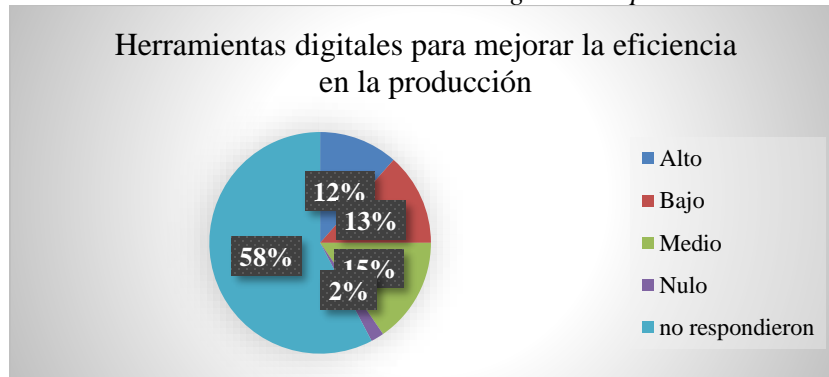


Fuente: elaboración propia

En la pregunta sobre la integración de tecnologías digitales en el proceso de producción, los resultados muestran una distribución variada entre las empresas encuestadas. Un 13% de las empresas (7 empresas) reporta una alta integración de tecnologías digitales en sus procesos, mientras que otro 13% (7 empresas) indica un bajo nivel de integración. Un 10% (5 empresas) afirma tener una integración a nivel medio, y solo un 2% (1 empresa) menciona una integración muy alta. Un 6% (3 empresas) señala que no tiene ninguna integración digital en su proceso de producción, y un significativo 58% (30 empresas) no respondió a esta pregunta.

Estos resultados pueden dar cuenta de que, aunque una minoría de las empresas han adoptado tecnologías digitales en sus procesos de producción, la falta de respuesta de más de la mitad de las encuestadas podría indicar un desconocimiento o una falta de prioridad en esta temática (Ver gráfico 15).

**Gráfico 16.** Uso de herramientas digitales en producción

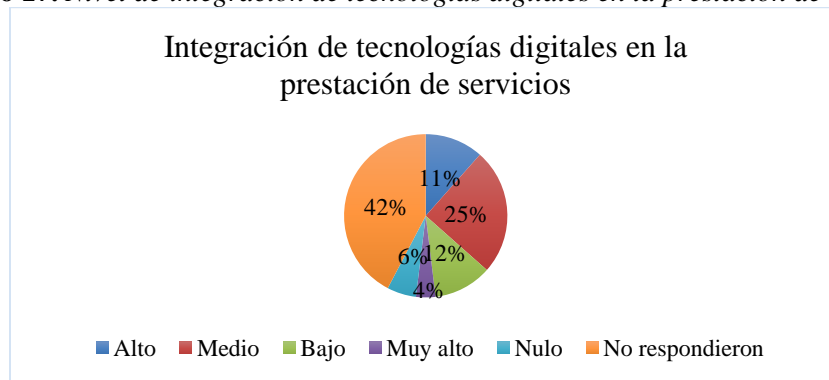


Fuente: elaboración propia

Sobre el uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la producción, los resultados muestran una adopción moderada, pero con un considerable número de empresas que no proporcionaron respuesta. Un 12% de las empresas (6 empresas) indican un alto uso de herramientas digitales, mientras que un 15% (8 empresas) señala un uso a nivel medio. Un 13% (7 empresas) reporta un bajo uso de estas herramientas, y un 2% (1 empresa) menciona que no utiliza herramientas digitales en absoluto. Sin embargo, un notable 58% (30 empresas) no respondió a la pregunta.

El hecho de que más de la mitad de las empresas no haya respondido podría reflejar una falta de claridad o de integración en el uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la producción (Ver gráfico 16).

**Gráfico 17.** Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de servicios

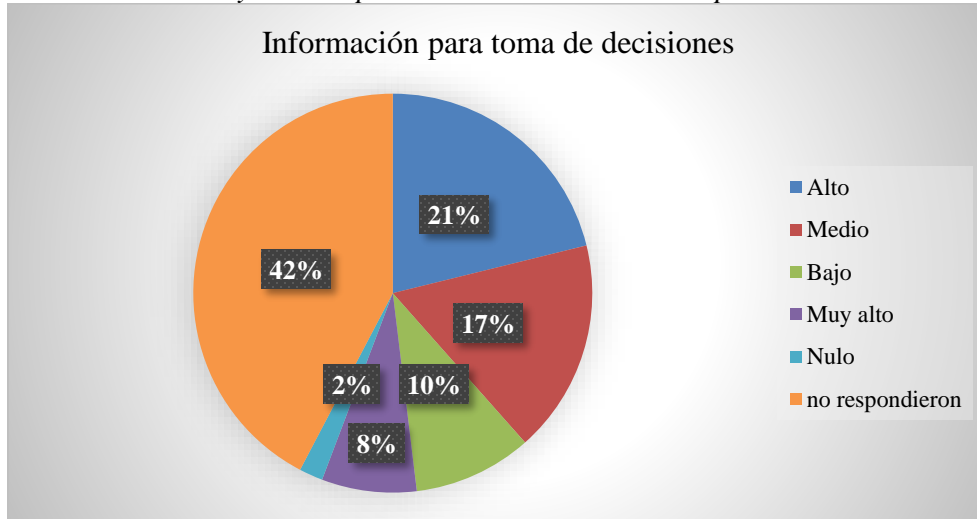


Fuente: elaboración propia

La siguiente pregunta analizada fue sobre el nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de servicios, los resultados muestran que 22 empresas, o el 42% del total optaron por no responder, que el 25% de las empresas (13 empresas) reportan un nivel medio de integración, el 11% de las empresas (6 empresas) reportan un alto nivel de integración de tecnologías digitales en sus servicios, el 6% (3 empresas) reporta cero integración, lo que indica una total falta de adopción de tecnologías digitales en la prestación de servicios; El 12% (6 empresas) reporta un bajo nivel de integración, lo que puede reflejar limitaciones en recursos o conocimientos para avanzar en la digitalización de sus servicios.

Estos resultados muestran la importancia de aumentar en capacitación y el aumento de conocimiento en esta temática para incrementar la competitividad y la eficiencia del mercado (Ver gráfico 17).

**Gráfico 18.** Datos y análisis para toma de decisiones en la prestación de servicios

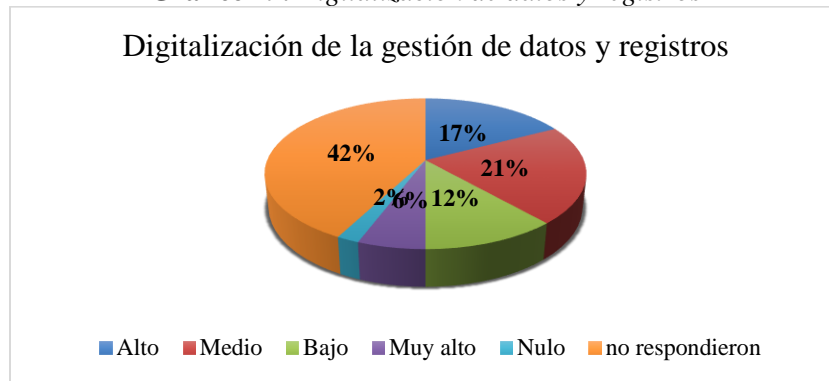


Fuente: elaboración propia

En la pregunta sobre el aprovechamiento de datos y análisis digitales para la toma de decisiones en la prestación de servicios, el 42% de las empresas optó por no responder a la consulta, lo que puede indicar una falta de comprensión o una desconexión con el valor de utilizar datos digitales en la toma de decisiones, el 21% muestra el alto nivel de aprovechamiento de datos y análisis digitales informado por las empresas, el 17% de las empresas informan un grado de uso medio, lo que indica que, si bien utilizan datos digitales para la toma de decisiones, estos son inconsistentes o no están completamente optimizados; El 10% de las empresas muestra una mala utilización de estos recursos, lo que puede ser un indicio de una infraestructura tecnológica inadecuada, una falta de experiencia o un menor valor otorgado a la digitalización a la hora de tomar decisiones, solo el 8% de las empresas indican niveles de uso muy altos. El 2% de las empresas informan un 0% de utilización, lo que puede sugerir que no han comenzado a utilizar el análisis de datos en su proceso de toma de decisiones.

Esto muestra que, si bien una cierta proporción de empresas está comenzando a incorporar estos datos digitales en la prestación de sus servicios, una parte considerable de las empresas todavía no está aprovechando estos recursos. (Ver gráfico 18).

**Gráfico 19.** *Digitalización de datos y registros*

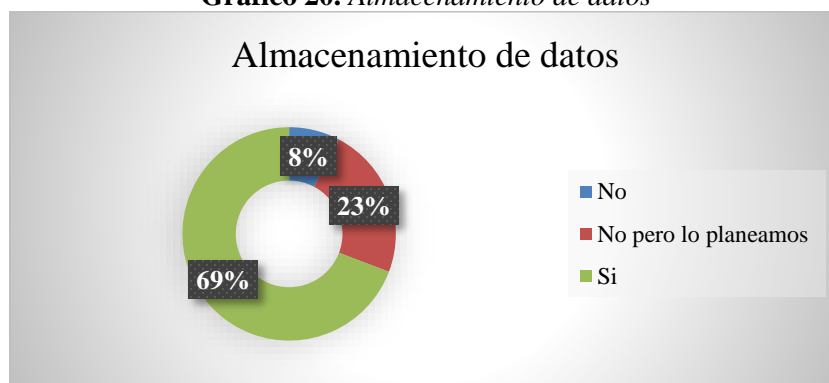


Fuente: Elaboración propia

El análisis de la pregunta sobre la digitalización de la gestión de datos y registros en las empresas de servicios muestra que 9 del 17% de las empresas indican un alto nivel de digitalización, herramientas y procesos digitales para gestionar datos y registros; 11 organizaciones, o el 21% de todas las empresas, indican un nivel medio de digitalización. Un 12% de las empresas (6 empresas) indican un bajo nivel de digitalización. 3 organizaciones, o el 6% de todas las empresas, afirman tener un nivel muy alto de digitalización, lo que indica una integración avanzada y probable de las tecnologías digitales en la gestión de datos y registros. Sólo una empresa, o el 2% de todas las empresas, reporta un grado cero de digitalización y finalmente 22 empresas, o el 42% del total, no respondieron a la pregunta.

Los hallazgos descritos anteriormente indican que, si bien un número considerable de empresas están iniciando el proceso de digitalización de sus datos y registros, muchas más se encuentran en las etapas iniciales o no lo han comenzado en absoluto. (Ver gráfico 19).

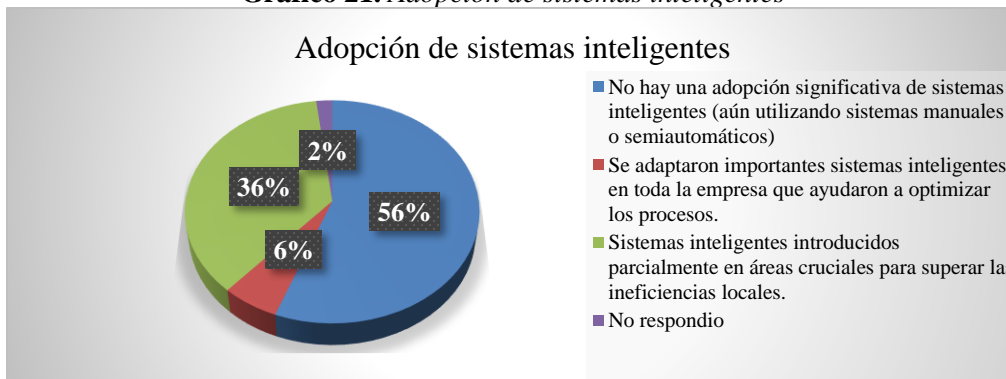
**Gráfico 20.** *Almacenamiento de datos*



Fuente: elaboración propia

El almacenamiento de estadísticas es utilizado por el 69% de las empresas, o 36 empresas, de esta muestra analizada, Esta gran proporción sugiere que la mayoría de las empresas ya han incluido opciones de almacenamiento de datos en sus marcos de TI. Sin embargo, como lo demuestran las 12 empresas que representan el 23% de las empresas restantes, el almacenamiento de datos no se está utilizando en la actualidad y por último, cuatro empresas, o el 8% restante de las empresas, no utilizan ni planean utilizar almacenamiento de datos. Este último grupo que no hace uso de estas tecnologías puede enfrentar desafíos que incluyen financiación inadecuada, infraestructura tecnológica obsoleta o una falta general de percepción de prioridad con respecto al almacenamiento de datos. La mayoría de las empresas comprenden el valor del almacenamiento de datos y lo han implementado actualmente o tienen planes de hacerlo. (Ver gráfico 20).

**Gráfico 21.** *Adopción de sistemas inteligentes*

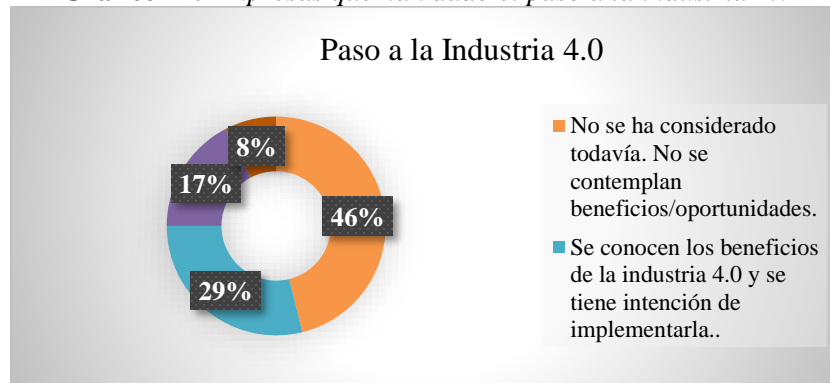


Fuente: elaboración propia

En cuanto a la pregunta sobre la adopción de sistemas inteligentes para abordar ineficiencias en los procesos, El 56% de las empresas respondió afirmando que no han adoptado en sus empresas sistemas inteligentes de manera significativa, lo que significa que todavía utiliza métodos manuales. El 36% de las empresas ha implementado parcialmente sistemas inteligentes y el 2% de las empresas no respondió a esta pregunta.

Muchas empresas aún no han implementado tecnologías inteligentes en mayor medida, lo que indica un retraso significativo en la automatización de procesos. Sin embargo, los principales obstáculos para una adopción de sistemas inteligentes radican en la falta de información y los gastos asociados para la migración (Ver gráfico 21).

**Gráfico 22.** *Empresas que han dado el paso a la industria 4.0*

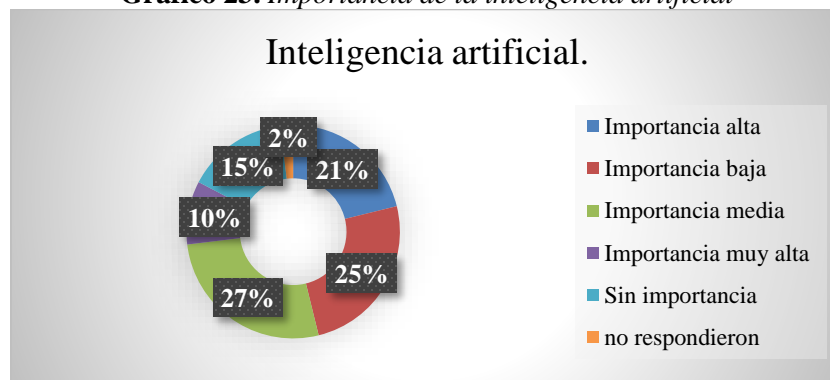


Fuente: elaboración propia

En cuanto a la ambición estratégica de la organización con respecto al paso a la industria 4.0 muestra que el 46% de las empresas (24 empresas) ni siquiera han pensado en la transición a la Industria 4.0. El 29% de las empresas (15 empresas) son conscientes de los beneficios de la Industria 4.0 y tienen previsto ponerla en práctica, pero aún no lo hacen. El 17% restante de las empresas (9 empresas) ha pensado en pasarse a la Industria 4.0 pero no sabe cómo empezar. El 8% de las empresas (4 empresas) han iniciado el proceso de implementación de la Industria 4.0.

Los datos antes mencionados muestran que más de la mitad de las empresas no han pensado en hacer la transición a la Industria 4.0, lo que indica probablemente que desconocen o no están interesados. No obstante, un número considerable de empresas están interesadas en implementar la Industria 4.0 en diversas etapas y se están preparando para implementarla, y una pequeña proporción ya lo ha hecho. (Ver gráfico 22).

**Gráfico 23.** *Importancia de la inteligencia artificial*

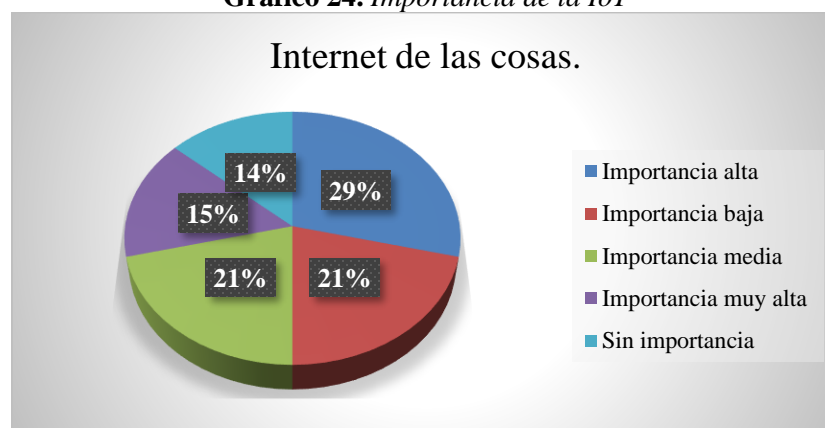


Fuente: elaboración de las cosas

La pregunta referente a la importancia que las organizaciones atribuyen a la inteligencia artificial (IA) indica que el 21% de las organizaciones valoran mucho la IA y todo lo que se puede extraer a través de su implementación. Por el contrario, el 25% de las organizaciones otorgan un valor bajo a la IA, esto puede deberse posiblemente a las preocupaciones derivadas sobre la aplicabilidad actual de la tecnología. El 27% de las organizaciones otorga un valor medio a la IA, lo que indica que todavía se encuentran en las primeras etapas de evaluación o implementación. El 25% de las organizaciones representan el 10% de todas las organizaciones, le dan a la IA una alta prioridad, lo que indica que estas empresas están considerando invertir ampliamente en IA actualmente o ya lo están haciendo. El 15% de las empresas cree que la IA no influye en sus operaciones y finalmente, el 2% de los comercios optó por no responder, lo que puede ser un signo de incertidumbre o desconocimiento sobre el tema.

Los resultados del análisis indican que, si bien una mayor proporción de organizaciones reconocen la importancia de la inteligencia artificial, un notable cuarenta por ciento de ellas la considera baja o no esencial. Esto sugiere que las opiniones sobre la utilidad de la IA difieren, lo que puede deberse a variaciones en los avances tecnológicos, la apertura a nuevas ideas y los requisitos específicos de la industria. (Ver gráfico 23).

**Gráfico 24.** *Importancia de la IoT*



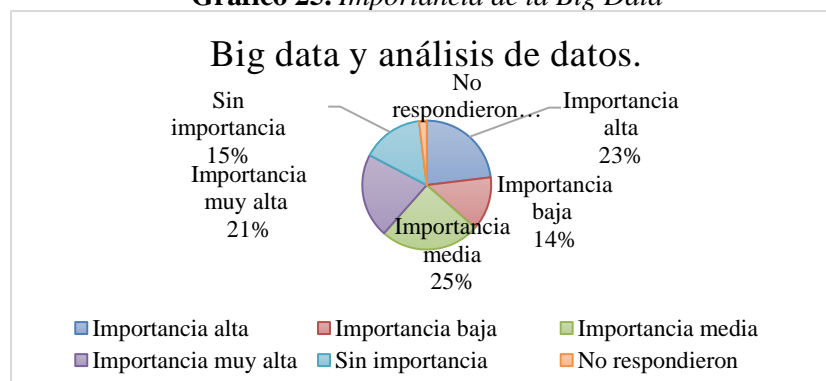
Fuente: Elaboración propia

Sobre la importancia del internet (IoT) de las cosas en las organizaciones la encuesta aplicada da como resultado que el 29% de las empresas valoran mucho el IoT porque ven su potencial para vincular dispositivos, agilizar las operaciones y mejorar la toma de decisiones

mediante el uso de datos en tiempo real; El 21% de las empresas considera que IoT es de baja relevancia, lo que puede indicar que, si bien se reconoce, no se considera una prioridad estratégica o que las aplicaciones existentes no han mostrado un retorno sustancial de la inversión en sus operaciones; El 21% de las empresas considera que la IoT es medianamente importante, lo que puede significar que todavía se encuentran en las primeras etapas de adopción o evaluación de efectos y aún no la consideran esencial para sus operaciones; sin embargo, El 15% de las empresas califican la IoT como extremadamente importante, lo que demuestra que ya están firmemente dedicadas a su adopción y probablemente estén cosechando los beneficios de su conectividad y automatización; Por el contrario, el 14% de las empresas cree que el IoT no es importante. Esto podría deberse a una falta de alineación con sus requisitos comerciales actuales o limitaciones relacionadas con la infraestructura o el conocimiento tecnológico.

Según lo antes mencionado, el 44% de las empresas ven al IoT como una tecnología con alta o muy alta importancia, lo que demuestra la creciente utilidad de la tecnología en la optimización de procesos y la eficiencia operativa. Sin embargo, un porcentaje considerable (35%) cree que tiene poca o ninguna relevancia, lo que indica que su adopción aún puede encontrar obstáculos en algunos sectores o industrias o que puede que no haya una necesidad apremiante. La variedad de respuestas muestra que, si bien la IoT está adquiriendo mayor importancia, su adopción aún es desigual y su utilidad varía según las circunstancias particulares de cada industria y organización (Ver gráfico 24).

**Gráfico 25. Importancia de la Big Data**



Fuente: Elaboración propia

Referente a la importancia del Big Data y análisis de datos en las organizaciones el gráfico 25, muestra que el 23% de las empresas otorgan un gran valor al big data y al análisis de datos.

Del mismo modo, el 21% de las empresas atribuye una importancia muy alta a estas tecnologías, lo que indica una fuerte apuesta por la integración del Big Data en sus procesos críticos, muy probablemente para mejorar la eficiencia y la competitividad. Sin embargo, el 25% de las empresas encuestadas cree que el big data tiene una relevancia media y por el contrario, el 14% de las empresas le otorga un valor bajo, indicando que, si bien son conscientes de su existencia, no creen que sea necesario para sus operaciones actuales. Esto podría deberse a una falta de financiación, infraestructura o experiencia técnica. El 15% de las empresas también opina lo mismo. Esto puede ser el resultado de barreras tecnológicas que dificultan la implementación o de la percepción de que gestionar cantidades masivas de datos no es necesario. Existe una pequeña discrepancia porque el 2% de los encuestados no respondió a esta pregunta, producto probablemente del desconocimiento de la temática

Tras la presentación de los resultados obtenidos a partir de la encuesta, se procederá a exponer los hallazgos en función de los objetivos establecidos al inicio de esta investigación. A continuación, se presentará cada objetivo de manera organizada:

### **5.1 Recolectar Documentación Existente Referente al Proceso Actual de la Gestión de Proyectos de Obras Civiles de Acueducto y Alcantarillado en las Empresas de Medellín**

Realizar la recolección de información existente del proceso actual de la gestión de proyectos de obras civiles de acueducto y alcantarillado en las empresas de Medellín es fundamental para establecer una base sólida de conocimiento que nos permita identificar estrategias y oportunidades de mejora mediante el uso de tecnologías en este sector de interés.

Basado en la revisión realizada a nivel global y local frente a la gestión de proyectos en las obras de acueducto y alcantarillado se puede inferir que las tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Big data y ciencia de datos) han demostrado realizar un aporte significativo en la gestión de proyectos, pero su integración ha tenido más aceptación a nivel global. En Colombia aún no ha sido adoptada completamente, por lo cual se convierte en un desafío para la mejora significativa de la gestión de proyectos. Así mismo, se ha demostrado que con la implementación de metodologías BIM (Building Information Modeling) desde la fase de diseño en los diferentes

proyectos, se pueden obtener proyectos más acoplado a la realidad, lo que generaría a la población cercana menos incomodidad en el desarrollo y ejecución de proyectos, logrando con esto ser más acertados con cronogramas y costos en este tipo de obras.

De manera adicional a la información detallada a lo largo de esta investigación , también se encontró el Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado de 2022 en Colombia, donde se ofrece la consolidación de los esfuerzos desarrollados asociado a la prestación de servicios de acueducto y alcantarillado, donde se le permite a las empresas optimizar sus operaciones y mejorar la calidad del servicio prestado a la ciudadanía y a su vez sirven como base para el aumento de la cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado en las zonas urbanas del país. Sin embargo, sigue siendo un desafío para las empresas llegar con esta cobertura a las zonas de difícil gestión debido a que no se encuentran incluidas en el POT (Plan de Ordenamiento Territorial).

## **5.2 Desarrollar Estrategias Desde las Tecnologías Emergentes que Ayuden a la Mejora de los Procesos Realizados Dentro en la Gestión de Proyectos Enmarcados En las Obras Civiles de Acueducto y Alcantarillado en las empresas de Medellín.**

La articulación de las tecnologías emergentes en las obras de acueducto y alcantarillado nos facilitan el acceso a datos en tiempo real. Esta información es útil para la operación de las redes de acueducto y alcantarillado, porque nos permite realizar mantenimiento preventivo y atacar problemas antes de que ocurran daños importantes en las redes, de igual manera con esta articulación creamos diseños más precisos y adaptados a los requisitos particulares de cada proyecto. Las empresas que se encuentran dentro de esta industria deben adoptar estrategias que conlleven al desarrollo de tecnologías emergentes que soporte una gestión adecuada de los proyectos.

Entre las estrategias que se sugiere adoptar para las empresas de este sector, se dan a conocer las siguientes:

**Implementación de Inteligencia Artificial para la Planificación:** Los proyectos de acueducto y alcantarillado pueden beneficiarse de la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en

la planificación lo que representa significativamente disminución de costos y aumento en los indicadores de la prestación de servicios. Para llevar a cabo dicha estrategia las empresas de acueducto y alcantarillado pueden introducir de manera progresiva el uso de IA por medio del establecimiento de algoritmos que les ayude a recopilar datos grandes y constantes como el flujo del agua, la presión de esta, el clima, y el rendimiento de la infraestructura que compone el proyecto teniendo como base la información recopilada a partir de la IoT y Big Data.

**Optimización del Cronograma de Trabajo con IA:** Actualmente, la inteligencia artificial nos permite ajustar los cronogramas de un proyecto considerando variables interesantes como lo son, clima y rendimiento del personal. Lo que brindaría a las empresas trabajos eficientes y cumplimiento de cronogramas. Para desarrollar dicha estrategia las empresas pueden establecer un análisis de datos históricos del proyecto relacionados con retrasos, productividad, condiciones climáticas y materiales que le permitan diseñar modelos que ayuden a identificar puntos claves que puedan afectar el desarrollo de los proyectos que se estén ejecutando o que se vayan a ejecutar a futuro.

**Optimización del Diseño y Construcción con Modelado de Información de Construcción (BIM):** El uso de esta metodología nos permite considerar modelos 3D, para facilitar su visualización, análisis e interacción con el entorno y los sistemas existentes. Contribuyendo a la disminución de error, reprocesos, costos y calidad en la ejecución de los proyectos. Para implementar la estrategia las empresas deberían crear modelos 3D que ayuden a facilitar la visualización y simulación de la obra antes que esta comience su ejecución permitiendo encontrar fallos, errores y nuevas alternativas que permitan tener un mayor control del proceso de diseño, desarrollo y ejecución de las obras.

**Automatización y Control de Procesos mediante IoT:** Incorporar el internet de las cosas al monitoreo y gestión de las obras de acueducto y alcantarillado, porque a través de sensores y dispositivos interconectados se puede obtener información sobre fallos, obstrucciones y mejorar el mantenimiento preventivo, lo que ayuda a reducir los tiempos de inactividad y los costos. Para ejecutar esta estrategia se espera que las empresas puedan instalar sensores durante algunos puntos críticos de la obra de acueducto y alcantarillado con la finalidad de monitorear el caudal, presión, nivel de sedimentos, fugas y obstrucciones.

**Aprovechamiento de Big Data en las empresas:** Haciendo uso de Big Data en los diferentes proyectos de acueducto y alcantarillado se puede recopilar, almacenar y analizar grandes volúmenes de datos de referentes a nivel global, lo que ayuda a reducir riesgos, mejorar la eficiencia y tomar decisiones precisas. Por ejemplo, usar el análisis de datos para lograr una mayor efectividad al momento de asignar los diferentes recursos que se necesitan para la ejecución de los proyectos como son material, personal y de maquinaria y equipo, este análisis puede ser relevante en áreas donde se presentan mayores problemas con el proceso.

**Gestión de Proyectos con Plataformas Colaborativas en la Nube:** Las plataformas facilitan una colaboración fluida entre los diferentes equipos y las partes interesadas de un proyecto. Estas herramientas facilitan la gestión de documentos, la comunicación y la coordinación, asegurando que la información se encuentre disponible en el tiempo real. Para implementar esta estrategia las empresas pueden utilizar una única plataforma en la nube para subir toda la documentación que se relaciona con cada una de las obras que se están desarrollando para que cada una de las áreas involucradas cuente con información real y al instante del desarrollo del proyecto, dentro de estas plataformas se encuentran Microsoft Team o BIM 360.

**Uso de Drones para la Inspección y Monitoreo de Obras:** Los drones con cámaras y sensores pueden ser utilizados para inspeccionar áreas de difícil acceso, supervisa avances de obras que se estén ejecutando y hasta obtener levantamientos topográficos de alta precisión, que contribuyan a diseños de obras de acueducto y alcantarillado más precisos. Esto no solo ahorra tiempo y costos, sino que también mejora la seguridad al reducir la necesidad de que los trabajadores ingresen a zonas peligrosas. Para esto las empresas pueden adquirir por medio de alquiler o compra drones que cuenten con las capacidades necesarias para visionar los proyectos de la empresa, para esto es necesario que estos cuenten cámaras de alta resolución y sensores específicos que permiten tener una captura de calidad del terreno, se hace necesario que los drones se encuentren conectados con el centro de control del proyecto.

**Mejora en la Toma de Decisiones con Ciencia de Datos:** La Ciencia de Datos proporciona a los gestores y líderes de proyecto la extracción de grandes cantidades de datos referente a la temática de interés, evaluando las diferentes variables alrededor de los proyectos, Tomando decisiones efectivas y eficientes. Para esto las empresas pueden implementar algoritmos

de análisis que les permitan describir e identificar patrones en el rendimiento, fallas recurrentes o ineficiencias operativas en el desarrollo de los proyectos, lo que ayudará a que la toma de decisiones sea más rápida ya que se cuentan con datos reales y confiables en el momento.

**Gestión Inteligente de la Calidad del Proyecto con Ciencia de Datos:** La Ciencia de Datos nos ayuda a analizar, supervisar y controlar la calidad de los entregables en cada etapa del proyecto, detectando cualquier desviación que se pueda generar en el camino. Asegurando que el proyecto cumpla con las especificaciones técnicas y normativas de principio a fin. Para implementar la estrategia las empresas pueden diseñar o adaptar plataformas que le ayuden a centralizar la información de calidad en tiempo real, ayudando a los directores de proyecto en la supervisión del progreso de las obras en cada una de sus fases, desde el diseño hasta la entrega final.

### **5.3 Implementar Estrategias de la Mano de las Tecnologías Emergentes que Contribuyan a la Mejora de La Gestión de Proyectos de Obras Civiles de Acueducto y Alcantarillado en las Empresas de Medellín**

La implementación de tecnología emergentes en las empresas parece no ser de gran importancia en estos momentos, pues al querer conocer cómo se encuentra la adopción de tecnología en la automatización para la entrega de servicio y en el proceso de producción la gran mayoría de empresas encuestadas no ofreció respuesta a este interrogante (58% de los encuestados). Por otra parte, un 63% de dichas empresas afirman estar implementando servicios en la nube y almacenamiento de datos, mostrando una importancia media en el uso e implementación de IA y de IoT.

### **5.4 Discusión**

En los hallazgos encontrados en la presente investigación se estableció que el sector de acueducto y alcantarillado de Medellín se encuentra en la fase inicial de implementar las tecnologías emergentes como Big Data, Inteligencia Artificial y la ciencia de datos en la toma de decisiones y en la planificación de los proyectos que tengan las empresas de este sector, a diferencia de lo establecido por (Jaimes-Quintanilla, Zabala-Vargas, & Jiménez-Barrera, 2023),

donde argumentan en su investigación que para las empresas del sector las tecnologías emergentes mencionado ya son una clara alternativa en las empresas en el desarrollo, aplicación e implementación de la gestión de proyectos, permitiendo optimizar la planificación y la predicción en los proyectos.

Así mismo, se determinó que es importante recopilar, almacenar y analizar la información que se está generando en tiempo real en los proyectos que se están ejecutando en las empresas por medio de la implementación de la estrategia aprovechamiento de Big Data en las empresas, con la finalidad de reducir riesgos, mejorar la eficiencia y tomar decisiones precisas, así como establecen en su investigación (Zhijia & Chen, 2019) quienes describen tener los procesos informatizados puede ser de gran ayuda para las empresas en las cuales se maneja un gran número de datos al momento de recopilarlos y analizarlos en tiempo real para de esta manera ser de gran ayuda en la toma de decisiones al interior de las organizaciones.

Finalmente, (Buitrago Mora, 2023), determinó que en cuanto a la logística en la gestión de proyectos las tecnologías emergentes son de gran ayuda para organizar todo el procesos de logística en cuanto al suministro de los diferentes elementos para que los proyectos se lleven a cabo, sin embargo en la investigación realizada a las empresas en Medellín se puede ver que para estas empresas las tecnologías como inteligencia artificial, big data y ciencia de las cosas, aún no es relevante el uso de estas tecnologías, pero también es cierto que hay muchas empresas que se encuentra en proceso de desarrollo y con una importancia alta para poder implementar estas tecnologías en un futuro próximo.

## 6 CONCLUSIONES

La aplicación de tecnologías emergentes en la gestión de obras de acueducto y alcantarillado en Medellín representa un avance significativo hacia una gestión más eficiente, sostenible y resiliente de la infraestructura urbana. Si bien existen desafíos que deben ser abordados, los beneficios superan con creces las dificultades, asegurando un desarrollo urbano que responde a las necesidades presentes y futuras de la ciudad.

El uso de tecnologías emergentes tiene muchas ventajas, hacerlo exige grandes inversiones en infraestructuras y formación. Para que las empresas de Medellín se mantengan a la vanguardia de la gestión de obras de agua y alcantarillado, deben seguir realizando inversiones de recurso en la formación de su personal y en actualizaciones tecnológicas.

Es de resaltar que la gestión eficiente con un claro componente de lo preventivo y predictivo de las obras de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Medellín, permiten sin dar lugar a dudas, estimaciones precisas de los costos y tiempos, así como la coordinación efectiva de los diferentes actores que intervienen en el proceso, dando alcance a las fases de planificación, diseño y ejecución de las obras de acueducto y alcantarillado; en esa línea mitigando las situaciones problemáticas que se pudiesen presentar y el gasto enmarcado en pérdidas. Ahora bien, lo anterior tiene como marco procesos de integración efectiva de tecnologías como el uso de drones para la supervisión de obras, la implementación de sensores de internet para el monitoreo de infraestructuras y la aplicación de diferentes diseños y construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado.

Además, el uso de estas estrategias donde el monitoreo es la innovación, en tiempo real ha revolucionado la supervisión de obras, permitiendo una inspección detallada y continua de los proyectos sin necesidad de interrumpir las actividades en campo. Esta capacidad de obtener datos precisos y actualizados en todo momento ha mejorado la toma de decisiones y ha permitido una respuesta más rápida ante posibles problemas.

La implementación de tecnologías emergentes como Big Data, IoT e Inteligencia Artificial, son de gran importancia para la mejora de potencial los procesos en la gestión de proyectos de

obras civiles y de alcantarillado, ya que por medio de ellas se puede mejorar el control de los proyectos, la toma de decisiones y las acciones dentro de las cuales se puede mencionar la reducción de costos, la prevención de fallos o errores y la optimización de la eficiencia operativa, facilitando una gestión más precisa y eficiente de los diferentes recursos que intervienen en el desarrollo, implementación y ejecución de proyectos de acueducto y alcantarillado.

Adicionalmente, la digitalización de la gestión de proyectos ha permitido recopilar, archivar y analizar mejor los datos, lo que ha dado lugar a decisiones más estratégicas y bien informadas logrando así las empresas ser competitivas en el mercado. La eficiencia de los proyectos aumenta cuando las empresas pueden basar sus decisiones en datos precisos y actuales gracias a las soluciones de gestión de proyectos y análisis de datos.

Sin embargo se encontró que la implementación de tecnologías emergentes aún no es una prioridad para las empresas del sector, lo que sugiere buscar una mayor capacitación y sensibilización de los beneficios que esta puede ofrecer para las empresas especialmente en la planificación y diseño de cronogramas de trabajo, razón por la que las estrategias que deseen implementar las empresas deben ir encaminadas al fortalecimiento de estas tecnologías con la finalidad de maximizar el impacto en la mejora continua que le permita garantizar una mayor competitividad y calidad en las obras de acueducto y alcantarillado.

Por lo anteriormente expuesto, hoy Medellín, se evidencia como una ciudad vanguardista que incorpora estrategias innovadoras para la planeación e implementación de obras de acueducto y alcantarillado, contribuyendo a la mejora de la gestión de proyectos, dando alcance a los factores de tiempo y costos dentro de las obras civiles asociadas a la ingeniería en las empresas de la ciudad.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ahmad, A., Saba, T., Ayman, A., Amjad, R., & Mahyar, K. (2020). Ingeniería inversa viral mediante Inteligencia Artificial y big data Infección por COVID-19 con Memoria de Largo Plazo y Corto Plazo (LSTM). *Ingeniería inversa viral mediante Inteligencia Artificial y big data Infección por COVID-19 con Memoria de Largo Plazo y Corto Plazo (LSTM)*. Universidad Príncipe Sultán de Arabia Saudita, Arabia Saudita. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186421001796?via%3Dihub>
- Alcaldía de Medellín. (2024). *Plan de desarrollo 2024-2027*. [https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2022/07/Anteproyecto\\_Plan\\_Desarrollo\\_2024\\_2027\\_29022024.pdf](https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2022/07/Anteproyecto_Plan_Desarrollo_2024_2027_29022024.pdf)
- Álvarez Arboleda, C. A., & Chicangana-Bayona, Y. A. (2015). Inicios del alcantarillado en Medellín (Colombia), 1920-1955. *Revista de Historia Regional y Local*, 7(14). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/historelo/article/view/47022/pdf>
- Alzate, D., Ortiz, J., Londoño, C., & Quintero, D. (2023). *El contador publico y la inteligencia artificial: un paso hacia la innovacion*. Medellin: Articulo de investigacion. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/agora/article/view/1598/1750>
- Amaro Rosales, M., & Robles Belmont, E. (2020). Medir la innovación en el contexto de las tecnologías emergentes y convergentes: algunas reflexiones metodológicas. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, 10(18), 1-22. <https://www.scielo.org.mx/pdf/prts/v10n18/2007-3607-prts-10-18-e415.pdf>
- Barahona, J. (2023). *El derecho al debido proceso frente al uso de la Inteligencia Artificial en el proceso jurisdiccional*. Medellin: Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Derecho Procesal. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/37948/2/BarahonaJuan\\_2023\\_DebidoProcesoInteligenciaArtificial.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/37948/2/BarahonaJuan_2023_DebidoProcesoInteligenciaArtificial.pdf)
- Begnini Domínguez, L. F., Lecaro Lavayen, A. C., & Shauri Romero, J. D. (15 de 07 de 2022). Ventajas de la automatización de la gestión por procesos. *Polo de conocimiento*, págs. 5-13. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9043001.pdf>

- Beltrán-Rodríguez, L. N., Larrahondo, J. M., & Cobos, D. (2018). Emerging technologies for tailings disposal: opportunities for Colombian practice. *Revista Boletín de Ciencias de la Tierra*(44), 5-20. <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n44/0120-3630-bcdt-44-00005.pdf>
- Buitrago Mora, E. A. (2023). *aplicaciones, tendencias, problemáticas y retos de la inteligencia artificial en la logística de distribución*. Artículo de especialización, Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/45949/BuitragoMoraEdwinArtruro2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabero Almenara, J., & Puentes Puente, A. (2020). La realidad aumentada: tecnología emergente para la sociedad del aprendizaje. *AULA, Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, 66(2), 35-51. <https://revistas.unphu.edu.do/index.php/aula/article/view/138/388>
- Calderón Ospina, M. F. (2022). *Revisión y seguimiento al diagnóstico, diseño y reposición de redes de acueducto en asbesto cemento del circuito Altavista Sur y un proyecto menor de alcantarillado de la zona noroccidental de Medellín*. Trabajo de pregrado, Universidad de Antioquia. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26087/1/CalderonMaria\\_2022\\_ReposicionRedesAcueducto.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26087/1/CalderonMaria_2022_ReposicionRedesAcueducto.pdf)
- Calle Pérez, D. L. (2023). *Riesgos que se pueden presentar en las etapas de planificación y ejecución, en los proyectos de infraestructura de servicios públicos de acueducto en el municipio de Rionegra, Antioquia*. Trabajo de especialización, Corporación Universitaria Minuto de Dios. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/18007/1/TE.GP\\_CalleP%c3%a9rezDiegoLe%c3%b3n\\_2023.pdf](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/18007/1/TE.GP_CalleP%c3%a9rezDiegoLe%c3%b3n_2023.pdf)
- Caro Moreno, B. A. (2021). *Estudio de aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil*. Trabajo de pregrado, Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184178>
- Castellanos, R. (2022). *Inteligencia artificial en el sector de la Justicia*. Bogotá: Trabajo de grado para obtener el título de Magíster en Derecho, Gobierno y Gestión de la Justicia.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/2c698c48-5e8e-4dc5-a63a-d29b978c35a5/content>

Cely Calixto, N. J., Bonilla Granados, C. A., & Carrillo Soto, G. A. (2022). *Tratamientos de aguas residuales* (Primera ed.). Ecoe Ediciones S.A.S.  
<https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/6727>

Congreso de Colombia. (1994, 11 de julio). *Ley 142 de 1994*. D.O. No. 41.433.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>

Congreso de Colombia. (2014, 13 de mayo). *Ley 1715 de 2014*. D.O. No. 49150.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

Correa Cadavid, C. M., Gallego Castaño, J. A., Monroy Herrera, J. G., & Vivanco Julio, D. I. (2020). Elementos para el diagnóstico e insumos para una política pública sectorial: el caso de acueducto, alcantarillado y aseo en Medellín. *Administracion & Desarrollo*, 50(2), 89-107. <https://revistas.esap.edu.co/index.php/admindesarro/article/view/524>

Correa Cadavid, C. M., Gallego Castaño, J. A., Monroy Herrera, J. G., & Vivanco Julio, D. I. (2020). Elementos para el diagnóstico e insumos para una política pública sectorial: El caso de acueducto, alcantarillado y aseo en Medellín. *Administración & Desarrollo*, 50(2), 89-107. <https://revistas.esap.edu.co/index.php/admindesarro/article/view/524/484>

Del Río Cortina, A. A., & Cárdenas Quintero, B. G. (2018). Dinámica de sistemas: una forma de optimizar la gestión del riesgo. *Revista EAN*, 125-143.  
<https://www.redalyc.org/journal/206/20657725007/20657725007.pdf>

Domínguez Osuna, P. M., Oliveros Ruiz, M. A., Coronado Ortega, M. A., & Valdez Salas, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0. *Innovación Educativa*, 19(80), 15-32. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v19n80/1665-2673-ie-19-80-15.pdf>

El Congreso de Colombia. (1993, 22 de diciembre). *Ley 99 de 1993*. D.O. No. 41146.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

El Presidente de la República de Colombia. (2022, 16 de mayo). *Decreto 767 de 2022*.  
[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=186766](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=186766)

Empresas Públicas de Medellín E. S. P. (2013). *Normas de diseño de sistemas de acueducto de las Empresas Públicas de Medellín E. S. P.*  
<https://www.epm.com.co/content/dam/epm/proveedores-y-contratistas/documentos/normas-diseno-acueducto-2013.pdf>

Empresas Públicas de Medellín E. S. P. (2013). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín E. S. P.*  
[https://www.epm.com.co/content/dam/epm/institucional/documentos/todos/Norma\\_Diseño\\_Alcantarillado\\_2013.pdf](https://www.epm.com.co/content/dam/epm/institucional/documentos/todos/Norma_Diseño_Alcantarillado_2013.pdf)

Feria, H., & Matilla, M. (18 de 08 de 2020). LA ENTREVISTA Y LA ENCUESTA: ¿MÉTODOS O TÉCNICAS DE INDAGACIÓN EMPÍRICA? *Revista Didasc@lia*, págs. 11-18.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7692391.pdf>

Fernández Morales, F. H. (2023). La inteligencia artificial y la escritura de artículos científicos. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 13(2).  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2027-83062023000200221](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-83062023000200221)

Grable, J. E., & Lyons , A. C. (2018). Una introducción al Big Data. *Revista de Profesionales de servicios financieros*, 72(5).

Guamán Flores, P. F. (2022). *Propuesta de un sistema de alcantarillado para La Parroquia Pancho Negro del Cantón La Troncal*. Trabajo de pregrado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5585/1/T-ULVR-4535.pdf>

Haug, K. (2024). *Estudio bibliográfico sobre la aplicación de la inteligencia artificial y análisis big data en la gestión de calidad en proyectos de ingeniería civil*. Tesis de maestría, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/203508/%281%29\\_Huang%20-%20Estudio%20bibliografico%20sobre%20la%20aplicacion%20en%20inteligencia%20artificial%20y%20analis%20de%20big%20da....pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/203508/%281%29_Huang%20-%20Estudio%20bibliografico%20sobre%20la%20aplicacion%20en%20inteligencia%20artificial%20y%20analis%20de%20big%20da....pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- Hernandez, E., Duque, N., & Moreno, J. (2017). *Big Data: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de aplicación*. Manizales: Convocatoria de Investigación. <https://www.redalyc.org/journal/3442/344251476001/html/>
- Hernández-Leal, E. J., Duque-Méndez, N. D., & Moreno-Cadavid, J. (2017). Big Data: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de aplicación. *TecnoLógicas*, 20(39). <https://www.redalyc.org/journal/3442/344251476001/html/>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativas, cualitativa y mixta*. McGrawHill Education. [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf)
- Hilbert, M. (2015). BIG DATA PARA EL DESARROLLO: UNA REVISION DE PROMESAS Y DESAFIOS. *Development Policy Review*.
- Illin, I., Voronova, O., Pavlov, D., Kochkarov, A., Tick, A., & Khusainov, B. (2023). Sistema de Gestión de Proyectos en un Centro Médico como instrumento para la implementación de la Innovación Abierta. *system*. Universidad Politécnica de San Petersburgo Pedro el Grande, Rusia. <https://www.mdpi.com/2079-8954/11/4/182>
- Jaimés-Quintanilla, M., Zabala-Vargas, S., & Jiménez-Barrera, M. H. (2023). Big Data, ciencia de datos e inteligencia artificial para la gestión de proyectos en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción: una revisión sistemática. *European Public & Social Innovation Review*(13). <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/12/2944>
- Kreisler Joly, D. J. (2018). *Análisis del impacto de las principales revoluciones científicas y tecnológicas en la sociedad: de la primera revolución industrial a la industrial 4.0*. Trabajo de pregrado, Universidad Pontificia Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/22693/TFG%20-%20Kreisler%20Joly%20c%20Diego%20JoseI%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lasse, R. (2018). *INTELIGENCIA ARTIFICIAL*. España: Editorial Planeta S.A.

- Lengua Cantero, C., Bernal Oviedo, G., Flórez Barboza, W., & Velandia Feria, M. (2020). Tecnologías emergentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje: hacia el desarrollo del pensamiento crítico. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 23(3), 83-98. <https://revistas.um.es/reifop/article/view/435611/287771>
- Martínez, R., Palma, A., & Velásquez, A. (2020). *Revolución tecnológica e inclusión social: reflexiones sobre desafíos y oportunidades para la política social en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/d2c473f1-04a2-415a-a79b-48c72e1ac06e/content>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2020). *Marco de la Transformación Digital para el Estado Colombiano*. [https://mintic.gov.co/portal/715/articles-149186\\_recurso\\_1.pdf](https://mintic.gov.co/portal/715/articles-149186_recurso_1.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico*. [https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-k\\_18-septiembre-2020.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-k_18-septiembre-2020.pdf)
- Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio. (2017). *Resolución 501 de 2017*. D.O. No. 50328. [https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion\\_minviviendact\\_0501\\_2017.htm#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20expiden,acueducto%20y%20alcantarillado%2C%20as%2C3%AD%20como](https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minviviendact_0501_2017.htm#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20expiden,acueducto%20y%20alcantarillado%2C%20as%2C3%AD%20como)
- Molano, M., & Cardenas, M. (15 de 04 de 2021). Estado del arte del método mixto en la investigación: método cualitativo y método cuantitativo. *Revista semillas del saber*, págs. 2-8. <https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/semillas/article/download/317/179>
- Momade, M., Durdyev, S., Dixit, S., Shahid, S., & Alkali, A. (2022). Modelado de costes laborales mediante herramientas de inteligencia artificial. *Revista internacional de patología y adaptación de la construcción*. Emerald Publishing, Malasia. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJBPA-05-2022-0084/full/html>

- Moreno Martínez, N. M., López Meneses, E., & Leiva Olivencia, J. J. (2018). El uso de las tecnologías emergentes como recursos didácticos en ámbitos educativos. *Revista International Studies on Law and Education*, 131-146. [http://www.hottopos.com/isle29\\_30/131-146moreno.pdf](http://www.hottopos.com/isle29_30/131-146moreno.pdf)
- Morris Molina, L. H. (2020). Entre ingeniería, tecnología y productividad. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(28), 7-9. <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v14n28/1909-8367-ecei-14-28-7.pdf>
- Ochoa Velásquez, D. M. (2021). *La construcción del nuevo sistema de alcantarillado de la ciudad de Medellín 1950-1970*. Trabajo de pregrado, Universidad de Antioquia. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/19330/1/OchoaDiana\\_2021\\_ConstruccionNuevpAlcantarillado.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/19330/1/OchoaDiana_2021_ConstruccionNuevpAlcantarillado.pdf)
- Ojeda, A. (2022). *Plataformas tecnologicas en la Agricultura 4.0: Una mirada al desarrollo en Colombia*. Barranquilla: Articulo de investigacion científica. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/CESTA/article/view/3975/4007>
- Orellana Daube, D. F. (2020). El efecto global de la actual revolución tecnológica, 4ta revolución industrial y la industria 4.0 en acción. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones y Negocios)*, 7(2), 1-24. <https://revistageon.unillanos.edu.co/index.php/geon/article/view/194/211>
- Osorio-Rivera, M. A., Carrillo-Barahona, W. E., Negrete-Costales, J. H., Loor-Lalvay, X. A., & Riera-Guachichullca, E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento*, 6(3), 228-245. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>
- Otzen, T., & Manterola, c. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *universidad de la frontera*, 228. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Ovalle, J., Romero, F., & Uribe, C. (2023). *Tecnologías emergentes para el agro y su aplicación en Colombia*. Mosquera: profesional en el area Institucional. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/38661/Ver\\_Documento\\_38661.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/38661/Ver_Documento_38661.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

- Pacanchique Quilaguy, N. C., & Rodríguez Olaya, R. C. (2021). *El Impacto de la Inteligencia Artificial en el Trabajo*. Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/20588/EI%20Impacto%20de%20la%20Inteligencia%20Artificial%20en%20el%20Trabajo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Perdomo, H. A. (2023). *Estado del arte de tecnologías emergentes y metodologías tradicionales para la evaluación de la calidad de pavimentos flexibles*. Trabajo de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/45764/PerdomoLopezHenryArmando2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez-Vidal, A., Amézquita-Marroquín, C. P., & Torres-Lozada, P. (2024). Identificación y priorización de peligros como herramientas de la gestión del riesgo en sistemas de distribución de agua potable. *Revista Ingeniería y Universidad*, 16(2), 449-469. <https://research-ebSCO-com.ezproxy.uniminuto.edu/c/7boqt4/viewer/pdf/gm456ah5iz>
- Presidencia de la República. (1984, 26 de junio). *Decreto 1594 de 1984*. D.O. No. 36700. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>
- Presidencia de la República de Colombia. (2010, 25 de octubre). *Decreto 3930 de 2010* (Vol. D.O No. 47873). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=40620>
- Presidente de la República de Colombia. (2007, 9 de mayo). *Decreto 1575 de 2007*. D.O. No. 46623. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>
- Ramirez, C. (2016). *Guía técnica acueducto y alcantarillado*. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14128/1/Guia%20Tecnica%20Acueducto.pdf>
- Ramos Cuchala, J. M. (2024). *Aplicación de tecnologías de IA en la gestión de proyectos de ingeniería civil : creación de una base de datos relacional y un asistente de búsqueda potenciado con GPT*. Trabajo de pregrado, Universidad de Antioquia. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38888/4/RamosJefferson\\_2024\\_AplicacionTecnologiasIngenieria.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38888/4/RamosJefferson_2024_AplicacionTecnologiasIngenieria.pdf)

- Romero Guillén, G., Frías Hernández, J. A., Terán D Armas, J. L., & Cedeño Carpio, X. A. (2023). Habilidades del lider en el era de la inteligencia artificial en el contexto de organizaciones de ingeniería. *Gestión I+D*, 9(2). [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_GID/article/view/28890/144814494432](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_GID/article/view/28890/144814494432)
- Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177-191. <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768132019/553768132019.pdf>
- Soler-González, R., Varela-Lorenzo, P., Oñate-Andino, A., & Naranjo-Silva, E. (2018). La gestión de riesgo: el ausente recurrente de la administración de empresas. *Revista Ciencia Unemi*, 11(26), 51-62. <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661257005/582661257005.pdf>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2023). *Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado*. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-sectorial-de-acueducto-y-alcantarillado-2022.pdf>
- Tamayo Saborit, M., Gonzalez Capote, D., Mata Varela, M. d., Fonet Batista, J. D., & Cabrera Álvarez, E. N. (2020). *La gestión de riesgos: herramienta estratégica de gestión empresarial*. Editorial Universo Sur. <http://3.222.48.140/bitstream/67000/114/1/La%20gestion%20de%20riesgos.pdf>
- Tenés Trillo, E. (2023). *Impacto de la tecnología artificial en las empresas*. Trabajo de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/75532/>
- Uribe, F. (2023). *Inteligencia artificial en la administración de justicia y la funcion publica*. Socorro: “Trabajo de grado para optar al título Magister en Derecho Administrativo”. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/29204/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas Supelano, J. C., & Rey Duque, L. A. (2024). *Lineamientos de transformación digital en la gestión documental para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - ESP*. Trabajo de Maestría, Universidad de la Salle.

[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1132&context=maest\\_gestion\\_documento](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1132&context=maest_gestion_documento)

Vicuña, A. (2024). *Incidencia de la inteligencia artificial en los procesos de revisoria fiscal*. Medellín: Trabajo de grado presentado para optar al título de Contador Público. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/40351/6/Vicu%c3%b1a%20Ana\\_2024\\_InteligenciaArtificialRevisoria.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/40351/6/Vicu%c3%b1a%20Ana_2024_InteligenciaArtificialRevisoria.pdf)

Villalba Ortiz, C. C., & Masmela Bedoya, F. C. (2019). *Diagnóstico de la gestión de proyectos de obra civil en la Empresa de Servicios Públicos de Chaparral Tolima aplicando las herramientas que ofrece la guía PMBOK V-6*. Trabajo de especialización, Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/bed64465-7758-4456-9fdf-218e74f75cd9/content>

Wauters, M., & Vanhoucke, M. (2016). *Estudio comparativo de métodos de Inteligencia Artificial para la previsión de la duración de proyectos*. Belgica: Science Direct. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417415006958?via%3Dihub>

Wauters, M., & Vanhoucke, M. (2016). Estudio comparativo de métodos de Inteligencia Artificial para la previsión de la duración de proyectos. *Expert System With Applications*(46). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417415006958?via%3Dihub>

Yongchang, Z., Panpan, G., CB, S., & Bala, A. (2021). Sistema de alerta temprana de riesgo de incendio basado en big data e inteligencia artificial para ciudades inteligentes. *Tecnología y evaluaciones de energía sostenible*. Fundación de Ciencias Naturales de la Universidad de la Provincia de Jiangsu, china. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138820314144?via%3Dihub>

Zhijia, T., & Chen, W. (2019). Un marco para la informatización basada en datos de la empresa constructora. *Informática Avanzada en Ingeniería*, 39. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034618304919>

## Anexos

### Anexo 1. Formato de encuesta a aplicar

G21-NRC 737-Encuesta identificación uso tecnologías emergentes en la gestión de proyectos

#### Objetivo:

Conocer el nivel de apropiación de la Inteligencia artificial en la gestión de proyectos asociados a factores de alcance, tiempo y costos dentro de las obras civiles en las Empresas de Servicios Públicos de Medellín

#### Autor:

Equipo de investigación Especialización en Gerencia de Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

#### Declaración

#### inicial:

La presente encuesta hace parte del Proyecto de investigación: Cómo las tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos), pueden contribuir a la mejora de la gestión de proyectos en los factores de alcance, tiempo y costos dentro de las obras civiles asociadas a la ingeniería de la Empresa de Servicios Públicos de Medellín; 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.

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

Si

No

2. Nombre o razón social
3. NIT o identificación equivalente
4. Número de empleados
  - Menos de 10
  - Entre 11 y 50
  - Entre 51 y 200
  - Mas de 200
5. Nombre de quién presenta la encuesta
6. Posición dentro de la organización de quién presenta la encuesta

7. Correo electrónico corporativo de contacto
8. Teléfono móvil
9. De acuerdo a la afirmación seleccione cuál nivel representa mejor la organización
  - Nulo
  - Existe la iniciativa
  - En desarrollo
  - En implementación
  - En acción
10. ¿Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección?
  - Nulo
  - Existe la iniciativa
  - En desarrollo
  - En implementación
  - En acción
11. ¿Cuenta con indicadores para medir nivel de transformación digital?
  - Nulo
  - Existe la iniciativa
  - En desarrollo
  - En implementación
  - En acción
12. ¿Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital?
  - Nulo
  - Existe la iniciativa
  - En desarrollo
  - En implementación
  - En acción
13. Alguno de sus procesos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos)
  - Nulo
  - Existe la iniciativa
  - En desarrollo

En implementación

En acción

14. Reconoce la importancia que tiene el uso y análisis de información

Nulo

Existe la iniciativa

En desarrollo

En implementación

En acción

15. Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante

Nulo

Existe la iniciativa

En desarrollo

En implementación

En acción

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

Nulo

Existe la iniciativa

En desarrollo

En implementación

En acción

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

Nula inversión

Pequeña inversión

Mediana inversión

Gran inversión

¿En qué área de su empresa ha invertido en los dos últimos años?

18. Inversión y desarrollo

Nula inversión

Pequeña inversión

Mediana inversión

Gran inversión

19. Producción de productos o servicios

Nula inversión

Pequeña inversión

Mediana inversión

Gran inversión

20. Sistemas de información (herramientas software)

Nula inversión

Pequeña inversión

Mediana inversión

Gran inversión

¿En qué área de su empresa proyecta invertir en los próximos 5 años?

21. Producción de productos y servicios

Nula inversión

Pequeña inversión

Mediana inversión

Gran inversión

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

22. Implementa sistemas de información (herramientas software para la gestión de proveedores

No se realiza

En algunos casos

En la mayoría de los casos

Se realiza permanentemente

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

23. Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

**Anexo 2.** Link de aplicación de la encuesta

<https://forms.office.com/r/JbRqM4mwUL>