



Aplicación de la inteligencia artificial para identificar las redes a reponer en las cuencas del  
municipio de Medellín

John James Madrigal García

Jessica Alejandra Ortega Arrieta

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Sede Bello (Antioquia)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Mayo de 2025

Aplicación de la inteligencia artificial para identificar las redes a reponer en las cuencas del  
municipio de Medellín

John James Madrigal García

Jessica Alejandra Ortega Arrieta

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

Asesor(a)

Paul Andrés Marino López

Magister

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Sede Bello (Antioquia)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Mayo de 2025

### **Dedicatoria**

A todas las personas que han sido parte de nuestro fundamental proceso académico y personal, queremos dedicar este trabajo con profundo agradecimiento. A nuestra familia, por su apoyo incondicional, amor y paciencia a lo largo de este camino. Gracias por creer en nosotros, incluso en los momentos de duda.

A nuestros profesores y mentores, quienes nos han brindado su conocimiento y orientación, siempre desafiándonos a pensar más allá de los límites. Su enseñanza ha sido clave para alcanzar este logro.

A nuestros compañeros de estudio, por compartir experiencias, desafíos y aprendizajes que han hecho este viaje más enriquecedor.

Este trabajo es el resultado de la colaboración entre la investigación académica y las nuevas tecnologías, y representa un paso más en nuestro desarrollo profesional como Especialista en Gerencia de Proyectos. Confiamos en que el conocimiento generado en esta investigación, sobre la aplicación de inteligencias artificiales para la gestión de las cuencas del municipio de Medellín, contribuirá a soluciones más efectivas y sostenibles en la gestión de recursos hídricos y la mejora de la calidad de vida en la región.

## Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de muchas personas, a quienes queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento.

En primer lugar, queremos agradecer a nuestra familia, por su amor, paciencia y comprensión durante este proceso. Ustedes han sido nuestra mayor fuente de motivación, siempre alentándonos a seguir adelante y recordándonos la importancia de nunca rendirnos. Su apoyo incondicional ha sido fundamental para que hoy podamos presentar este trabajo.

A nuestro profesores y tutores, quienes nos guiaron con su conocimiento y sabiduría a lo largo de todo este proceso. Gracias por compartir sus experiencias y por fomentar nuestra curiosidad intelectual, siempre alentándonos a buscar soluciones innovadoras y a cuestionar el statu que su orientación ha sido clave para el desarrollo de este proyecto.

A nuestros compañeros de la especialización, por los momentos compartidos, las discusiones enriquecedoras y el aprendizaje mutuo. Cada uno de ustedes ha aportado algo único que ha hecho de este viaje académico una experiencia memorable y llena de crecimiento personal y profesional.

A las entidades y personas que facilitaron la información y el acceso a los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Sin su colaboración, este proyecto no habría tenido la profundidad ni el impacto que tiene hoy.

Finalmente, agradecemos a la tecnología y la ciencia por brindarnos las herramientas necesarias para explorar nuevas fronteras en el campo de la gerencia de proyectos, especialmente en lo relacionado con la inteligencia artificial, que ha sido esencial para el análisis y la toma de decisiones en este estudio.

## Contenido

Lista de tablas .....	7
Lista de figuras .....	8
Lista de anexos.....	9
RESUMEN .....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I .....	16
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1 Descripción del problema .....	17
1.1.1 Posibles causas.....	19
1.1.2 Posibles consecuencias .....	20
1.2 Formulación del problema.....	22
CAPÍTULO II .....	23
2 OBJETIVOS.....	23
2.1 Objetivos generales .....	23
2.2 Objetivos específicos .....	23
3 JUSTIFICACIÓN .....	23
3.1 Importancia del proyecto .....	23
3.2 Beneficios esperados .....	23
3.3 Grupo de interés beneficiados.....	24
3.4 Impacto esperado del proyecto.....	25
3.5 ¿Por qué el proyecto se puede hacer? .....	26
3.6 ¿Por qué el proyecto conviene hacerlo? .....	26
4 Marco Referencial.....	27
4.1 Marco conceptual .....	27
4.2 Marco contextual.....	29
4.3 Marco legal .....	31
4.4 Marco teórico .....	32
5 Diseño metodológico .....	33

5.1	Línea de investigación.....	33
5.2	Eje temático .....	33
5.3	Enfoque de Investigación y Paradigma Investigativo .....	34
5.4	Fuentes, Técnicas e instrumentos de recolección de información y datos .....	34
5.5	Análisis y tratamiento de datos. ....	35
5.6	Plan de acción del proyecto.....	35
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	36
6.1	<i>Objetivo 1:</i> Identificar la vida útil de los materiales de las tuberías de las tuberías de alcantarillado en el mercado .....	36
6.1.1	Resultados:.....	36
6.2	<i>Objetivo 2:</i> Analizar los factores críticos que disminuyan la vida útil de las tuberías .....	38
6.2.1	Resultado 2 .....	39
6.3	<i>Objetivo 3:</i> Identificar los tipos de inteligencia artificial para el análisis de datos .....	39
6.3.1	Resultado 3 .....	39
7	CONCLUSIONES.....	40
8	REFERENCIAS.....	42
	Anexos.....	45

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1:</b> .....	<b>24</b>
<b>Tabla 2:</b> .....	<b>31</b>
<b>Tabla 3:</b> .....	<b>35</b>

**Lista de figuras**

Figura 1:.....	17
Figura 2.....	37

### **Lista de anexos**

**Anexo 1.** Interacción con la IA y la base de datos obtenida en los diferentes aplicativos de la empresa prestadora del servicio.

## RESUMEN

Por lo tanto, operar bien el sistema de alcantarillado es clave para asegurar que la ciudad siga creciendo de manera sostenible. En este proyecto, se ha usado la inteligencia artificial (IA) como una herramienta importante para mejorar la forma en que se toman decisiones, dando prioridad al cambio de las redes según el tiempo de vida útil les quede, según los parámetros de la empresa de servicios y las condiciones en que fueron instaladas.

A través del análisis detallado de bases de datos, la IA ha ayudado a detectar los puntos más problemáticos de la red, a planificar mejor los trabajos y a usar los recursos de manera más inteligente, lo que aumenta la eficiencia y disminuye los peligros relacionados con el deterioro de la infraestructura.

*Palabras clave: Inteligencia artificial (IA), tubería, reposición, datos*

## **ABSTRACT**

Therefore, operating the sewer system properly is key to ensuring the city continues to grow sustainably. In this project, artificial intelligence (AI) has been used as an important tool to improve decision-making, prioritizing network replacement based on their remaining useful life, utility parameters, and the conditions in which they were installed.

Through detailed database analysis, AI has helped identify the network's most problematic points, better plan work, and use resources more wisely, increasing efficiency and reducing the risks associated with infrastructure deterioration.

*Keywords:* Artificial intelligence (AI), pipeline, replacement, obsolescence, data.

## INTRODUCCIÓN

En el municipio de Medellín, uno de los problemas más críticos que enfrentan tanto los habitantes como las autoridades locales es la aparición de hundimientos en diferentes sectores de la ciudad, originados por el colapso de las redes de alcantarillado. Esta situación, es derivada de la obsolescencia de gran parte de las infraestructuras existentes, fallas en su instalación original, la creciente demanda sobre el sistema y diversos factores ambientales que afecta directamente la calidad de vida de los ciudadanos y compromete la funcionalidad urbana.

Es importante para la ciudad, identificar de manera oportuna qué tramos de red requieren mantenimiento, rehabilitación o reposición, lo cual es un reto permanente ya que, debido a la antigüedad de muchas de las tuberías, y la ausencia de una base de datos actualizada para estas redes en conjunto con el continuo crecimiento urbano, hace que sea cada vez más complejo anticiparse a fallas estructurales antes de que se manifiesten en forma de colapsos, reboses o hundimientos. Esto representa no solo un riesgo para la infraestructura misma, sino también para la seguridad pública y el bienestar de la comunidad.

La gestión eficiente de las infraestructuras urbanas resulta fundamental no solo para asegurar la operatividad de la ciudad, sino también como un pilar clave en la construcción de un modelo de desarrollo sostenible. Un sistema urbano resiliente debe ser capaz de anticiparse a las fallas, adaptarse a los cambios del entorno y garantizar condiciones de habitabilidad a largo plazo para las futuras generaciones.

Por esta razón, se vuelve indispensable conocer la vida útil de los materiales utilizados en las redes de alcantarillado. Esta información permite realizar análisis más precisos sobre el comportamiento de los distintos tipos de tuberías disponibles en el mercado, y evaluar los factores críticos como lo es identificar

la composición del suelo, la presión interna, el tráfico vehicular, la exposición a contaminantes o la frecuencia de mantenimiento que inciden en la degradación acelerada de las redes.

Para analizar esta información, es fundamental identificar los diferentes tipos de inteligencia artificial disponibles en el mercado. Esta herramienta permite identificar patrones de comportamiento que podrían pasar desapercibidos con métodos de análisis tradicionales, detectar anomalías de forma temprana y procesar grandes volúmenes de información provenientes de múltiples fuentes. En conjunto, convierte a los algoritmos en una herramienta poderosa para anticipar eventos críticos y tomar decisiones informadas que maximicen el impacto de las inversiones públicas.

Por ello, es clave reconocer y aplicar los distintos enfoques de inteligencia artificial según el tipo de análisis requerido, desde modelos supervisados hasta técnicas de aprendizaje profundo. Su aplicación en el ámbito de los servicios públicos, y en particular en la gestión del sistema de alcantarillado, puede ofrecer grandes beneficios.

A pesar de esto existe la limitante, la cual se encuentra en la veracidad de la información de las diferentes bases de datos ya que esta fue levantada topográficamente años después de su instalación ya que para esta época no se contaba con software de modelo de redes en los sistemas de información, adicionalmente se encuentra que las inteligencias del mercado son pagas y limitadas por el volumen de procesamiento de datos.

Este proyecto se desarrolla dentro de la línea de investigación en *Innovaciones Sociales y Productivas*, destacando la relación entre territorio, comunidad y tecnología. La modernización del sistema sanitario de Medellín mediante inteligencia artificial (IA) representa no solo un avance técnico, sino también una estrategia que mejora la calidad de vida y promueve el desarrollo sostenible.

Desde el punto de vista temático, el estudio se inscribe en la sublínea de *manejo de residuos y calidad del agua*, alineada con la Especialización en Gerencia de Proyectos. Su objetivo es mejorar el transporte de aguas residuales hacia las plantas de tratamiento, minimizando riesgos ambientales y fortaleciendo la gestión urbana sostenible.

El enfoque metodológico adoptado es *mixto*, combinando elementos cuantitativos y cualitativos. El componente cuantitativo analiza datos técnicos como longitud, diámetro, profundidad y número de intervenciones en redes, mediante análisis estadístico y correlacional. El componente cualitativo considera la percepción social y territorial respecto a fallas, desbordamientos o impactos humanos, permitiendo priorizar zonas vulnerables.

En cuanto a la recolección de datos, se emplearon tres herramientas principales: HIDRO, para datos técnicos del sistema; máximo, como plataforma de gestión de activos físicos; y G/Net Viewer, como herramienta geoespacial que permite visualizar la infraestructura. La integración de estas fuentes facilitó la consolidación de información operativa, técnica y geográfica del sistema de alcantarillado.

El tratamiento de los datos se realizó inicialmente con Microsoft Excel para depuración y organización, y posteriormente se aplicaron técnicas de inteligencia artificial mediante el sistema JULIOS, con el fin de detectar patrones relevantes. El análisis contempló variables críticas como material, vida útil, longitud y diámetro de las tuberías. Los resultados fueron visualizados mediante gráficos y tablas dinámicas, proporcionando insumos estratégicos para la toma de decisiones en la reposición de redes prioritarias.

La estructura de esta monografía refleja el desarrollo progresivo de la investigación. En el primer capítulo, se expone el problema de estudio, estableciendo las bases conceptuales y empíricas necesarias

para comprender la problemática de la obsolescencia de las tuberías instaladas en el sistema sanitario de la ciudad de Medellín y su impacto sobre la infraestructura urbana.

El segundo capítulo desarrolla el marco referencial, en el que se compilan y analizan teorías, definiciones clave y estudios previos que conforman el andamiaje teórico necesario para abordar el objeto de investigación desde una perspectiva técnica y contextualizada.

En el tercer capítulo, se describe la estrategia metodológica adoptada, detallando los procedimientos utilizados para la recolección, procesamiento y análisis de los datos. Este apartado proporciona claridad sobre el enfoque y las herramientas empleadas para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados.

El cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos y su interpretación. Aquí se analiza la información procesada y se identifican patrones relevantes en el estado de las redes sanitarias, con especial énfasis en las zonas críticas detectadas.

Finalmente, en el quinto capítulo se exponen las conclusiones centrales de la investigación, destacando cómo la aplicación de la inteligencia artificial, a través de la herramienta denominada JULIOS, permitió procesar datos complejos, identificar puntos clave de riesgo y deterioro, y optimizar la asignación de recursos. Esta herramienta demostró ser fundamental para fortalecer la planificación estratégica y mejorar la eficiencia en la gestión del sistema de alcantarillado de Medellín.

## CAPÍTULO I

### 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, el sistema de recolección y transporte de aguas residuales en Medellín ha experimentado una serie de fallas que afectan directamente la calidad de vida de sus habitantes y el funcionamiento adecuado de la ciudad. Entre los problemas más graves se destacan los colapsos en diversos tramos de la red de alcantarillado, tanto en las redes de aguas residuales como en las combinadas, que integran aguas residuales y aguas pluviales. Estos incidentes no solo ponen en riesgo la infraestructura, sino que también generan un impacto negativo en la salud pública y en el bienestar de la comunidad.

Un caso emblemático ocurrió cuando se produjo un hundimiento en un tramo de la vía férrea del sistema metro, causado por el colapso de una red de alcantarillado subterránea. Este incidente, ilustrado en la figura 1, obligó a la interrupción temporal del servicio en la zona afectada, dejando a cientos de usuarios sin transporte y afectando la movilidad en un área clave de la ciudad. Este tipo de eventos subraya la urgencia de abordar los problemas estructurales en el sistema de alcantarillado.

Además de los colapsos, otro desafío recurrente son los desbordamientos de aguas residuales, que en ocasiones han inundado calles, parques y zonas residenciales. Estos desbordamientos son especialmente frecuentes durante la temporada de lluvias, cuando el volumen de agua supera la capacidad de la red de alcantarillado. El sistema, sobrecargado por la cantidad de agua que debe manejar, se ve incapaz de gestionar adecuadamente las aguas pluviales y residuales, lo que genera caos, contaminación y serios riesgos para la salud pública, además de dañar bienes materiales y afectar la calidad de vida de los habitantes. (El Colombiano, 2022)

Estos problemas no solo son una manifestación de la obsolescencia de la infraestructura existente, sino también un reflejo del crecimiento acelerado de la población urbana y los cambios en los patrones climáticos, lo que exige una urgente renovación y adaptación del sistema de alcantarillado para hacer frente a los nuevos retos de la ciudad.

**Figura 1:**  
*Socavación en la vía férrea del metro de Medellín.*



Noticia presentada por el periódico El Colombiano sobre uno de los colapsos de las redes de alcantarillado en el municipio de Medellín.

### 1.1 Descripción del problema

El sistema de alcantarillado es una infraestructura crítica para el funcionamiento de cualquier ciudad, y Medellín no es la excepción. Estas redes están compuestas por una compleja red de tuberías, conductos, pozos de inspección y otras estructuras, que tienen la misión de evacuar las aguas residuales

y pluviales hacia plantas de tratamiento o fuentes hídricas cercanas. Sin embargo, debido a que el sistema de alcantarillado de la ciudad se encuentra desde el año 1920 y su mayor inversión se viene realizando desde el 1955, el sistema en algunos sectores es antiguo (Álvarez Arboleda & Chicangana-Bayona, 2015) y en conjunto con la creciente demanda derivada del aumento poblacional, el sistema de alcantarillado de Medellín ha comenzado a mostrar signos de deterioro y fallas recurrentes. (DANE, 2011)

Los problemas que afectan a la red de alcantarillado no solo comprometen la infraestructura misma, sino que tienen un impacto directo en la vida de los ciudadanos. Los colapsos y desbordamientos de aguas residuales no solo causan daños materiales, sino que también generan riesgos para la salud pública y afectan la calidad de vida de las personas, interrumpiendo la movilidad, contaminando el entorno y afectando la seguridad de los residentes.

En este contexto, las herramientas de inteligencia artificial (IA) emergen como un aliado clave para hacer frente a estos desafíos. Gracias a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos históricos sobre reparaciones, mantenimientos y fallas pasadas, la IA permite identificar patrones y tendencias que de otro modo podrían pasar desapercibidos. Mediante técnicas de minería de datos, es posible detectar tramos de la red que han sufrido fallos repetidos, lo que proporciona información valiosa para priorizar los reemplazos y las intervenciones en esas zonas más vulnerables.

La empresa de servicios públicos que opera en el Municipio de Medellín dispone de un histórico de solicitudes en los aplicativos HIDRO, donde se registran las órdenes de trabajo con cobro al usuario. Por otro lado, en MAXIMO se encuentran las órdenes de trabajo relacionadas con inversiones. Para esta monografía, se emplearán algunas herramientas de inteligencia artificial con el fin de predecir con mayor precisión cuándo y dónde podrían ocurrir futuras fallas. Esto permitirá mejorar la planificación de intervenciones y la asignación de recursos.

### **1.1.1 Posibles causas**

El sistema de alcantarillado de Medellín fue construido hace varias décadas, y muchas de sus redes, tuberías y estructuras han alcanzado el fin de su vida útil. Debido a su antigüedad, es frecuente que se presenten problemas de desgaste, corrosión y deterioro. Las tuberías, que originalmente fueron diseñadas para soportar una carga menor, ya no pueden manejar el volumen de aguas residuales y pluviales actuales, lo que se traduce en fallas frecuentes y colapsos de infraestructura. Este envejecimiento de las instalaciones afecta no solo la eficiencia del sistema, sino también la seguridad y el bienestar de los habitantes que dependen de un servicio confiable para evitar riesgos sanitarios y medioambientales.

Medellín ha experimentado un crecimiento poblacional y urbano significativo en los últimos años. Este aumento, aunque refleja el dinamismo de la ciudad, ha sido, en muchos casos, descontrolado. La falta de una planificación urbana adecuada ha ocasionado que se construyan nuevos desarrollos sin un análisis exhaustivo de las capacidades de la infraestructura existente. La urbanización desmedida genera un aumento en la cantidad de aguas residuales y pluviales que el sistema de alcantarillado debe gestionar, sobrepasando la capacidad de las redes actuales. Este crecimiento acelerado, sin una adaptación adecuada de los sistemas de drenaje, se traduce en desbordamientos, inundaciones y una mayor presión sobre un sistema ya debilitado.

Un factor crucial que contribuye al mal estado del sistema de alcantarillado es la falta de un mantenimiento adecuado y regular. Sin intervenciones constantes, las tuberías pueden acumular sedimentos, generar obstrucciones o sufrir desgastes por el paso del tiempo, lo que aumenta las probabilidades de fallos en el sistema. La falta de un programa de mantenimiento preventivo y la escasez de recursos para hacer frente a estas tareas de forma continua impide detectar y solucionar problemas

antes de que se conviertan en emergencias. Esta carencia de atención proactiva genera una acumulación de problemas que podrían haberse evitado con una gestión adecuada.

A lo largo de los años, ha existido una falta de iniciativas para modernizar la red de alcantarillado, lo que ha perpetuado el uso de materiales obsoletos y no adecuados para las normativas vigentes. Por ejemplo, las tuberías de asbesto-cemento, que fueron comunes en la construcción de redes antiguas, ya no son recomendables por los riesgos que implican tanto para la salud pública como para la integridad del sistema. Además, no se ha realizado un análisis exhaustivo y actualizado del estado de las infraestructuras, lo que limita la capacidad de planificación y toma de decisiones sobre intervenciones urgentes o de largo plazo. La falta de proyectos de modernización impide la adopción de tecnologías más eficientes y sostenibles, lo que agrava los problemas existentes y restringe la capacidad del sistema para enfrentar las demandas actuales y futuras de la ciudad.

### **1.1.2 Posibles consecuencias**

Uno de los efectos más visibles y perjudiciales de los problemas en el sistema de alcantarillado es el aumento en la frecuencia de desbordamientos de aguas residuales. Estos desbordamientos, que suelen ocurrir durante las lluvias intensas o cuando el sistema está sobrecargado, pueden inundar calles, parques y zonas residenciales. Este tipo de inundaciones no solo causa daños materiales considerables a viviendas y vehículos, sino que también interrumpe la vida cotidiana de los habitantes, afectando la movilidad, la actividad comercial y las condiciones de seguridad. La persistencia de estos eventos genera una sensación de inseguridad entre los residentes y reduce la confianza en la capacidad del sistema para gestionar los recursos hídricos de manera adecuada.

Los desbordamientos y fugas de aguas residuales representan un grave riesgo para el medio ambiente. Las aguas contaminadas, al escapar del sistema de alcantarillado, pueden infiltrarse en el suelo,

llegando a contaminar ríos, arroyos y otros cuerpos de agua cercanos. Este vertido de aguas residuales deteriora la calidad del agua y afecta la flora y fauna local, alterando ecosistemas enteros y comprometiendo la biodiversidad de la región. La contaminación de fuentes hídricas también afecta el abastecimiento de agua potable para las comunidades cercanas, creando una cadena de consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud de las personas.

El contacto directo o indirecto con aguas residuales contaminadas es un riesgo significativo para la salud pública. Estas aguas suelen estar cargadas de patógenos como bacterias, virus y parásitos que pueden provocar brotes de enfermedades transmitidas por el agua, como cólera, hepatitis, disentería y otras infecciones gastrointestinales. Los desbordamientos y la exposición a estas aguas no solo afectan a las personas que viven cerca de los puntos de desbordamiento, sino también a aquellos que dependen de fuentes de agua contaminadas. Este tipo de problemas de salud aumentan la presión sobre los sistemas de salud pública y generan costos adicionales para el tratamiento de enfermedades y el control de brotes epidémicos.

La falta de mantenimiento y modernización del sistema de alcantarillado no solo afecta directamente a las redes de drenaje, sino que también tiene consecuencias para otras infraestructuras urbanas. Los desbordamientos frecuentes, las fugas y el colapso de las tuberías pueden dañar pavimentos, calles, edificios y otras estructuras urbanas. Estos daños no solo aumentan los costos de reparación, sino que también interrumpen los servicios básicos y deterioran la calidad de vida de los habitantes. A medida que las redes de alcantarillado envejecen y fallan, el daño se extiende a otras áreas de la ciudad, creando un ciclo de deterioro que requiere inversiones cada vez mayores para restaurar la funcionalidad urbana.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo la IA ayuda a identificar el estado de las redes de alcantarillado en el municipio de Medellín?

## CAPÍTULO II

### 2 OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivos generales

Recomendar la priorización de las redes de alcantarillado a reponer en el municipio de Medellín mediante el uso de inteligencia artificial (IA).

#### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar la vida útil de los materiales de las tuberías de alcantarillado en el mercado
- Analizar los factores críticos que disminuyan la vida útil de las tuberías
- Identificar los tipos de inteligencia artificial para el análisis de datos

### 3 JUSTIFICACIÓN

#### 3.1 Importancia del proyecto

Al utilizar inteligencia artificial para identificar las secciones del alcantarillado que podrían estar en mal estado, el municipio puede anticiparse a los problemas antes de que ocurran. Esto evita que la comunidad enfrente problemas graves como inundaciones o desbordamientos, que no solo son costosos de reparar, sino que también interrumpen la vida diaria de las personas. La tecnología permite detectar las fallas a tiempo, lo que ayuda a reducir el impacto negativo en los vecinos y facilita una respuesta más rápida y eficiente. (Hernández, Cañón, & Torres, 2024)

#### 3.2 Beneficios esperados

Se espera que la empresa prestadora de servicios públicos pueda identificar de manera más precisa las partes del sistema de alcantarillado que necesitan ser renovadas. Permittedole que los

proyectos de renovación se realicen de forma más eficiente y que se garantice que la infraestructura que se construya impacte de manera positiva el sistema. Con la buena planeación se espera que se reduzca el uso innecesario de recursos, ayudando a la ciudad a ser más sostenible y adicionalmente la buena planeación ayuda a tener menos intervenciones en las vías y esto conlleva a proteger el medio ambiente y el impacto social que genera las intervenciones de acueducto y alcantarillado.

Se espera que, al mejorar el sistema de alcantarillado, se presente un mejor servicio para los habitantes, reduciendo las molestias y mejorando su calidad de vida al asegurar un sistema de drenaje más confiable y eficiente.

### 3.3 Grupo de interés beneficiados

En la siguiente tabla podemos observar los beneficiarios tanto directos como indirectos y como se relacionan al proyecto.

**Tabla 1:**

*Grupo de interés del proyecto*

<b>Beneficios directos</b>	<b>Beneficios indirectos</b>	<b>Grupos beneficiado</b>	<b>Descripción</b>
Disminución de las actividades correctivas por año en el área de mantenimiento.	Modernización de la capa vial en el municipio de Medellín	Área de mantenimiento de EPM- zona centro	La empresa responsable del mantenimiento de las redes de alcantarillado tiene un equipo dedicado a estas labores, que se vería favorecido por la reducción de esta actividad.
Disminución de PQR por derrames de alcantarillado	Mejora los indicadores comerciales de EPM y confianza ciudadana	Usuarios del sistema de alcantarillado en el municipio de Medellín y área comercial de EPM	Las peticiones, quejas y reclamos (PQR), es un mecanismo de los usuarios para garantizar una atención al cliente y mejora continua.

Mejoramiento en la sostenibilidad ambiental	Mejor calidad de vida de los habitantes de la ciudad	habitantes y transeúntes del municipio de Medellín	Entre menos impactos negativos al medio ambiente, mejor calidad de vida.
---	---	---	---

En esta tabla se puede observar que los beneficiarios son tanto entes territoriales como los habitantes del municipio de Medellín y su población flotante.

### 3.4 Impacto esperado del proyecto

Los impactos esperados del proyecto "Uso de la inteligencia artificial para identificar las redes de alcantarillado a reponer en el municipio de Medellín" son diversos y abarcan varios aspectos.

- **Mejora en la Eficiencia del Mantenimiento:** La detección Temprana de Problemas con IA permite identificar fallas antes de que se conviertan en problemas mayores con tiempos mínimos de intervención lo que se traduce a menores cierres viales, afectación por actividades operativas.
- **Optimización de Recursos:** La IA puede ayudar a priorizar cuáles tramos de alcantarillado necesitan atención inmediata, asegurando que los recursos se utilicen de manera efectiva ya que a menos intervenciones de emergencia y un enfoque más proactivo pueden resultar en un ahorro significativo.
- **Mayor Satisfacción Ciudadana:** Un sistema de alcantarillado más eficiente y menos propenso a fallas puede aumentar la satisfacción general de los ciudadanos.
- **Sostenibilidad y Protección Ambiental:** Al detectar y reparar fugas oportunamente, se pueden minimizar los impactos ambientales negativos, como la contaminación del agua. Ya que al mejorar el manejo del alcantarillado puede contribuir a una gestión más sostenible del agua en la ciudad.

- Impacto en la Salud Pública: Un sistema de alcantarillado eficiente puede reducir el riesgo de problemas de salud relacionados con el saneamiento y la contaminación. Contribuyendo al bienestar general de la población.

### **3.5 ¿Por qué el proyecto se puede hacer?**

El proyecto puede realizarse debido a que se cuenta con la disponibilidad de datos, como los registros de fallas y reparaciones sectorizadas, facilita este proceso. Además, los avances tecnológicos han hecho que las herramientas de inteligencia artificial sean accesibles, permitiendo abordar problemas complejos en la gestión y análisis de grandes volúmenes de información sobre la infraestructura sanitaria.

Medellín cuenta con profesionales capacitados en ingeniería, tecnología de la información y análisis de datos. Asimismo, las colaboraciones académicas enriquecen la investigación, aportando conocimiento y recursos.

Actualmente, existe un interés gubernamental y políticas públicas que apoyan los objetivos de desarrollo sostenible, especialmente el objetivo 6 (agua limpia y saneamiento), lo que refuerza el respaldo a este sector.

### **3.6 ¿Por qué el proyecto conviene hacerlo?**

El proyecto conviene hacerse porque es necesario modernizar el sistema actual, porque el aumento de las quejas por colapso y otras fallas está generando una caída en los indicadores de calidad, afecta el servicio y genera inconformidades a los usuarios del sistema de alcantarillado.

La inteligencia artificial ofrece la capacidad de detectar problemas de manera temprana, lo que no solo disminuye la necesidad de reparaciones de emergencia, sino que también puede reducir

significativamente los costos asociados. Esto permite una mejor planificación financiera y mejora el flujo de caja en áreas como mantenimiento y operación.

Un sistema de alcantarillado más eficiente no solo eleva la calidad del servicio, sino que también contribuye al bienestar de los ciudadanos y a la salud pública, al prevenir inundaciones y contaminación, garantizando así un entorno más seguro y saludable para todos. Además, esta modernización puede impulsar la sostenibilidad ambiental y promover el uso responsable de los recursos hídricos.

## 4 Marco Referencial

### 4.1 Marco conceptual

**Persona prestadora del servicio:** Se refiere a las entidades o personas encargadas de ofrecer un servicio público, conforme a lo establecido en la Ley 142 de 1994, o según las disposiciones legales que la modifiquen, adicionen o sustituyan. Estas personas prestadoras son responsables de la operación y prestación del servicio dentro de un sistema determinado. (Ministerio de ambiente y desarrollo, 2017)

**Agua residual:** El término agua residual hace referencia a cualquier tipo de agua cuya calidad se ha visto afectada negativamente por la actividad humana, lo que la hace inadecuada para su uso inmediato sin tratamiento previo. Estas aguas pueden provenir de diferentes fuentes, como los hogares (aguas negras o grises), la industria, la agricultura o el escurrimiento superficial urbano (Eddy & Metcalf, 2015)

**Sistemas de alcantarillado:** Los sistemas de alcantarillado son infraestructuras esenciales dentro de las ciudades modernas, ya que permiten la recolección, transporte y disposición adecuada de las aguas residuales y pluviales, protegiendo así la salud pública y el medio ambiente. Estos sistemas forman parte integral del ciclo urbano del agua y están diseñados para evitar la acumulación de aguas contaminadas en las zonas habitadas, previniendo enfermedades y reduciendo el impacto ambiental (Eddy & Metcalf, 2015)

**Inteligencia artificial:** La inteligencia artificial (IA) es una rama de la informática que se enfoca en el desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que tradicionalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, la percepción, el razonamiento y la toma de decisiones (Vedapradha, Hariharan, & Rajan, 2019) Su aplicación ha transformado múltiples sectores, incluyendo la salud, la educación, la industria, la seguridad y, más recientemente, la planificación y gestión de ciudades inteligentes. (Joanna & Tom , 2022)

**Vida útil:** Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución de este; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento (Ministerio de ambiente y desarrollo, 2017)

**Materiales:** Los materiales utilizados en los sistemas de alcantarillado desempeñan un papel fundamental en la durabilidad, eficiencia y sostenibilidad de las redes sanitarias. La elección del material adecuado para las tuberías y componentes del sistema depende de factores técnicos, económicos, ambientales y operativos, como el tipo de fluido transportado, la presión del sistema, la vida útil esperada, el entorno geotécnico y los costos de mantenimiento (Ministerio de ambiente y desarrollo, 2017). El estado de los materiales es fundamental en la predicción de fallas técnicas (López-Kleine, Hernández, & Torres)

**Rehabilitación:** La rehabilitación consiste en la ejecución de proyectos orientados a recuperar la infraestructura de servicio existente que, debido a su deterioro, no permite una operación adecuada del sistema. El objetivo principal es mejorar su funcionamiento y restablecer las condiciones originales de capacidad, calidad y continuidad para las cuales fue diseñada (Ministerio de ambiente y desarrollo, 2017). Este tipo de intervención no implica necesariamente el reemplazo total de la infraestructura, ya que puede enfocarse en restaurar su operatividad mediante acciones parciales o específicas. Para el caso de redes antiguas existe la rehabilitación por medio de tecnologías sin Zanja. (LAMSTT, 2023)

**Reposición:** La reposición consiste en sustituir un activo de infraestructura que, debido a su estado, ya no cumple de manera adecuada con su función. Esta situación puede deberse a que el activo ha alcanzado el final de su vida útil, presenta deficiencias operativas, o las condiciones tecnológicas actuales evidencian que su funcionamiento no es eficiente para la prestación del servicio público domiciliario correspondiente (Ministerio de ambiente y desarrollo, 2017). El objetivo de la reposición es garantizar la continuidad y calidad del servicio mediante el uso de soluciones más eficaces y actualizadas. (Asociación Ibérica de tecnología sin zanja, 2024)

**Vulnerabilidad:** Predisposición intrínseca de un sistema de ser afectado o de ser susceptible a sufrir daños o pérdida de su función, como resultado de la ocurrencia de un evento que caracteriza una amenaza. (Ministerio de ambiente y desarrollo, 2017).

**Sistema de alcantarillado:** Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la recolección, conducción y evacuación hacia las plantas de tratamiento y/o cuerpos receptores de agua, de las aguas residuales y/o lluvias producidas en una ciudad o municipio. También se incluyen las obras requeridas para el transporte, tratamiento y disposición final de estas aguas. (EPM, 2012)

**Tecnologías de información:** Es un término que agrupa todo lo relacionado con la computación, programas, comunicaciones y equipos que sirven para administrar y analizar las grandes cantidades de información que el mundo moderno usa a diario. (Mehdi, Frédéric, De Massiac, & Le Gauffre, 2015)

## 4.2 Marco contextual

El municipio de Medellín, capital del departamento de Antioquia, se caracteriza por una topografía compleja y una alta densidad urbana, factores que inciden directamente en la gestión de sus recursos hídricos y en la infraestructura de redes de acueducto y alcantarillado. La ciudad está dividida en múltiples cuencas hidrográficas urbanas que recogen y canalizan las aguas lluvias y residuales hacia el río Medellín y sus afluentes.

Donde uno de los problemas más críticos que enfrentan tanto los habitantes como las autoridades locales es la aparición de hundimientos en diferentes sectores de la ciudad, a causa, del mal estado de las redes sanitarias que se encuentra instalada en toda el área de asentamiento de la ciudad.

Por lo tanto, se plantea desde la línea de Innovaciones Sociales y Productivas, ya que reconoce la estrecha relación entre el territorio, sus habitantes y el uso estratégico de la tecnología como elementos fundamentales en la construcción de ciudad.

Iniciando desde la identificación de la vida útil de los materiales y obtención de los datos históricos de la empresa prestadora de servicio, conforme a las normatividades vigentes en las cuales interviene la comisión reguladora de servicios públicos domiciliarios (CRA), la superintendencia de servicios públicos y las leyes Colombianas principalmente la resolución 0330 del 2017 y también apoyándose en las recomendaciones de los fabricantes de tuberías utilizadas en el transporte de aguas residuales.

Como resultados se tiene que las herramientas basadas en inteligencia artificial constituyen un recurso altamente eficaz para el análisis de grandes volúmenes de datos, ya que permiten su procesamiento con alta velocidad, precisión y capacidad de detección de patrones complejos. Además, facilitan la generación de representaciones gráficas claras que optimizan la comprensión y el soporte a la toma de decisiones.

Se evidencia que la vida útil indicada por el fabricante de las tuberías es una referencia teórica que puede variar significativamente según las condiciones reales de instalación, operación y entorno. En este sentido, la normativa vigente establece que la vida útil debe ser definida por cada empresa prestadora del servicio, con base en criterios técnicos específicos que consideren factores como el tipo de material, las condiciones del terreno, el nivel de carga hidráulica, y el historial de fallas, entre otros.

Dentro de los factores críticos que inciden en la vida útil de las tuberías, se destacan aspectos ambientales, técnicos y de fabricación y por último se encuentra los aspectos técnicos de instalación.

### 4.3 Marco legal

**Tabla 2**  
*Documentos legales del proyecto*

<b>Documento</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Tema</b>
Resolución 0330 - 2017	PDF-Digital	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009. (Ministerio de ambiente y desarrollo, 2017)
Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.	PDF-Digital	Fijar criterios básicos, requisitos mínimos, valores específicos y mínimos, metodologías y tecnologías que se deben tener en cuenta para el correcto diseño de los sistemas de alcantarillado (EPM, 2012)
Resolución No. SSPD - 20101300048765	PDF-Digital	Resolución No. SSPD - 20101300048765 del 14 de diciembre de 2010 (Resolución Compileria relacionada con las solicitudes de información al Sistema Único de Información - SUI para los servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado)

Resolución	PDF-Digital	Comisión reguladora de agua potable y saneamiento básico que estipula la vida útil de los sistemas de recolección y transporte de los sistemas de alcantarillado
CRA 287 de 2004		

Se puede observar que el marco legal se centra en las leyes que rigen a las entidades prestadoras de servicios públicos y la Norma de EPM, se rige a las condiciones técnicas de obligatorio cumplimiento para los municipios operados por esta entidad y los contratos celebrados por la misma.

#### 4.4 Marco teórico

La infraestructura de alcantarillado es un componente esencial de los sistemas urbanos, cuya función principal es recolectar y transportar aguas residuales y pluviales para su tratamiento adecuado, con el fin de proteger la salud pública y el medio ambiente (Área metropolitana Valle de Aburrá, 2025).

Uno de los retos más críticos es la identificación oportuna de tramos de red que presentan un mayor riesgo de falla, debido a factores como antigüedad del material, condiciones hidráulicas adversas, interferencias con otras infraestructuras, o eventos naturales como movimientos del terreno. Para afrontar este reto, el uso de tecnologías emergentes ha cobrado protagonismo, particularmente aquellas asociadas a la digitalización y a la aplicación de la inteligencia artificial (IA). (Joanna & Tom , 2022)

A pesar que actualmente existen programas para definir la priorización de las redes a reponer son tediosas a la hora de su aplicación, demoradas y subjetivas por quien las realice, es por ello que con La IA y sus subcampos, como el aprendizaje automático (machine learning), permiten una homologación de criterios que ayudan a analizar grandes volúmenes de datos operacionales, históricos y geoespaciales, generando modelos predictivos que anticipan fallos, calculando la vida útil remanente de las tuberías y optimizan la priorización de intervenciones. ( Huaricallo Vilca, y otros, 2023)

Esta capacidad de análisis predictivo fortalece la planificación proactiva del mantenimiento, reduce la ocurrencia de emergencias, mejora el uso de los recursos técnicos y financieros, y minimiza los impactos negativos sobre la comunidad.

## **5      Diseño metodológico**

### **5.1    Línea de investigación**

Este proyecto se enmarca en la línea de investigación de Innovaciones Sociales y Productivas, ya que reconoce la estrecha relación entre el territorio, sus habitantes y el uso estratégico de la tecnología como elementos fundamentales en la construcción de ciudad. En este sentido, la modernización del sistema sanitario del municipio de Medellín, a través de la aplicación de inteligencia artificial, no solo representa un avance técnico, sino también una oportunidad para generar impactos positivos en la calidad de vida de la población. La incorporación de soluciones tecnológicas innovadoras en la gestión de redes hidráulicas contribuye al desarrollo sostenible del territorio y refuerza los vínculos entre innovación, bienestar social y productividad urbana

### **5.2    Eje temático**

El trabajo, conforme al programa de Especialización en Gerencia de Proyectos, se inscribe dentro de la sublínea manejo de residuos y calidad de agua. El proyecto propone una solución orientada al mejoramiento del sistema de transporte de aguas residuales hacia las plantas de tratamiento, reduciendo así el riesgo de vertimientos no controlados en cuerpos de agua naturales. Al optimizar la identificación y reposición de redes deterioradas, se contribuye a prevenir la contaminación de fuentes hídricas y a

preservar la calidad del recurso hídrico, alineándose con los principios de sostenibilidad ambiental y eficiencia en la gestión sanitaria urbana. (Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2025)

### **5.3 Enfoque de Investigación y Paradigma Investigativo**

El enfoque del proyecto es mixto, ya que la investigación presenta una convergencia entre el enfoque cualitativo y cuantitativo.

En el enfoque cuantitativo tenemos datos numéricos como la longitud, diámetro y cantidad de reparaciones(profundidad) de las redes de alcantarillado que obtenemos de la analítica de datos y el análisis de correlación de las diferentes bases de datos que existen de los sistemas de alcantarillado y con respecto al enfoque cualitativo tenemos la percepción sobre el estado de redes y la afectación por eventos externos como desbordamiento, deslizamientos y afectaciones humanas (sectores que se deben priorizan.)

### **5.4 Fuentes, Técnicas e instrumentos de recolección de información y datos**

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron tres aplicativos claves. En primer lugar, HIDRO, un sistema especializado en la gestión de información técnica y operativa del sector de acueducto y alcantarillado. En segundo lugar, Máximo, una plataforma de Enterprise Asset Management (EAM) implementada por EPM, que permite gestionar de manera integral los activos físicos de la organización, incluidos los relacionados con los sistemas de energía y aguas. V (EPM, 2025). Como fuente cartográfica complementaria, se utilizó el aplicativo G/Net Viewer, el cual proporciona una representación geoespacial detallada del estado y la cantidad de redes del sistema de acueducto y alcantarillado administrado por Empresas Públicas de Medellín (EPM, 2025)La integración de estos sistemas permitió consolidar y analizar información técnica, operativa y geográfica fundamental para la identificación de redes prioritarias a intervenir.

## 5.5 Análisis y tratamiento de datos.

Los datos recopilados fueron inicialmente filtrados, depurados y organizados utilizando el software Microsoft Excel, con el fin de tener una información organizada y que sea compatible para ser analizada. Una vez consolidados, los datos fueron procesados mediante técnicas de inteligencia artificial, orientadas a identificar patrones, tendencias y correlaciones significativas entre las variables técnicas de las redes de acueducto y alcantarillado. El análisis contempló variables críticas como el material del tramo de tubería, su vida útil estimada, así como la longitud y el diámetro de cada segmento. Los resultados obtenidos se representaron a través de gráficos y tablas dinámicas, facilitando así la visualización e interpretación de la información para la toma de decisiones estratégicas sobre la reposición de redes

## 5.6 Plan de acción del proyecto

**Tabla 3**

*Plan de acción para la ejecución del proyecto*

Objetivo	Actividades	Fuentes	Técnicas	Resultados
Identificar los tipos de inteligencia artificial para el análisis de datos	-Búsqueda de empresas de IA -Búsqueda de artículos	libros especializados, artículos académicos y recursos de empresas de software	Revisión documental sobre algoritmos de IA	Definir la IA a utilizar
Identificar la vida útil de los materiales de las tuberías de alcantarillado en el mercado	-Revisar los diferentes tipos de materiales con catálogos de proveedores	Normativas técnicas, investigaciones industriales, y reportes de fabricantes especializados	Revisión documental	Certificado de calidad de los diferentes materiales
Analizar factores críticos que disminuyan la vida útil de las tuberías	-Revisar las fichas técnicas de las diferentes tuberías -Revisar información sobre	Normativas técnicas, artículos científicos y reportes de	Revisión documental	Matriz de factores críticos para redes de alcantarillado

	los diferentes tipos de suelo y ver ensayos de densidades	fabricantes especializados		
Descargas históricas de la empresa de servicios públicos que opera en la ciudad de Medellín	-Descargar históricos	Aplicativos MAXIMO e HIDRO	Revisión documental	Consolidados de históricos
Analizar con la IA el consolidado de históricos	-Descargar análisis	Aplicativos IA	Análisis de datos	Informes

## 6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 **Objetivo 1:** Identificar la vida útil de los materiales de las tuberías de las tuberías de alcantarillado en el mercado

### 6.1.1 Resultados:

Para identificar la vida útil de los diferentes materiales utilizados para la recolección y transporte se identificaron las normas que se mencionan a continuación, las cuales aplican para las empresas de servicios públicos que operan los diferentes sistemas de alcantarillado en Colombia.

Conforme a lo establecido en la Resolución No. SSPD - 20101300048765 del 14 de diciembre de 2010 (Resolución Compileria relacionada con las solicitudes de información al Sistema Único de Información - SUI para los servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado) y considerando que un tramo de red constituye un activo, su vida útil se determina con base en las siguientes definiciones:

- Vida Útil Máxima: Corresponde al número máximo de años asignado a la vida útil de un grupo específico de activos. Cabe mencionar que un activo puede tener una vida útil

mayor a la que el fabricante indica si aquella se encuentra protegida o a su vez se somete a las condiciones mínimas de desgaste

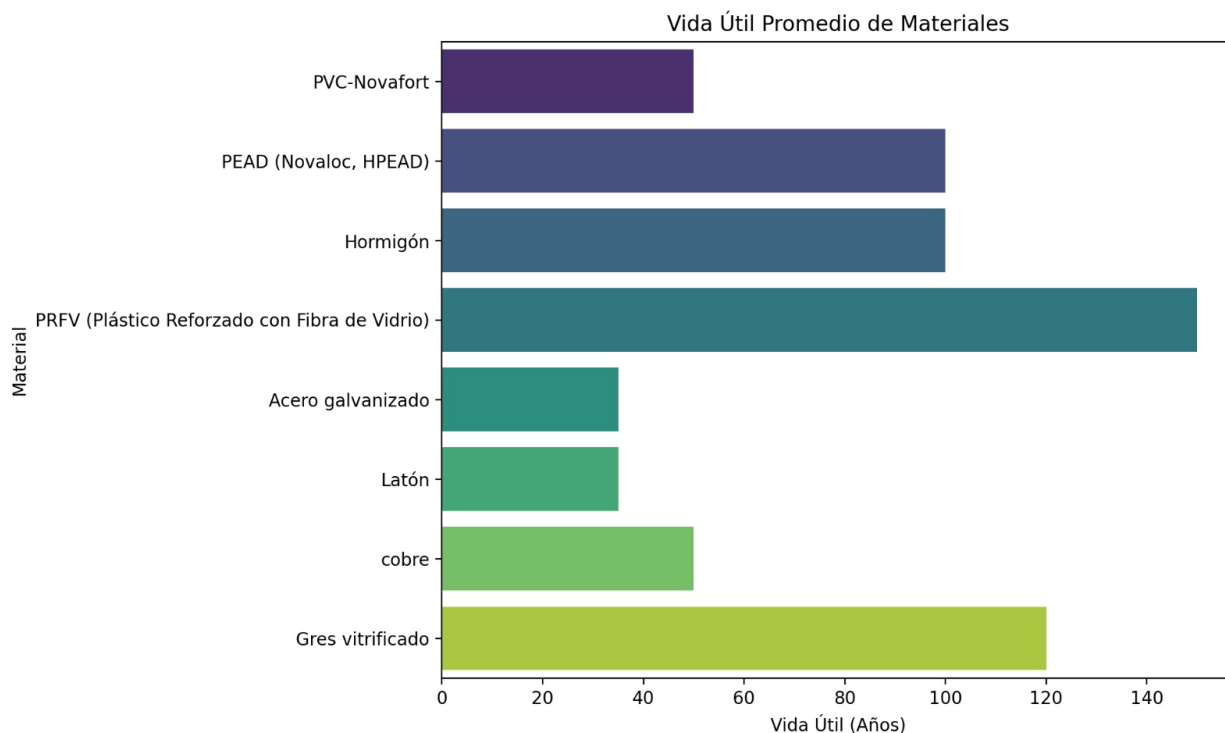
- **Vida Útil Mínima:** Hace referencia al número mínimo de años asignado a la vida útil de un grupo determinado de activos. Cabe mencionar que un activo puede tener una vida útil menor a la que indica el fabricante cuando constructivamente no se instalan correctamente, cuando se encuentra a cargas mayores a las recomendadas por el fabricante o cuando en la zona instalada se expone a fenómenos externos que generen desgaste.
- **Vida Útil Definida:** Representa el promedio ponderado de la duración estimada, en años, para un conjunto de activos. (CRA, 2004)

En la Resolución CRA 287 de 2004 con que respecta a los sistemas de alcantarillado, específicamente en el subsistema de recolección y transporte de aguas residuales, y dentro de la actividad de recolección y transporte, se establece que los activos correspondientes a tuberías y accesorios deben contar con una vida útil de 45 años.

Como resultado de la búsqueda bibliográfica se establece la siguiente tabla en la que podemos observar el promedio de la vida útil en años por cada material conforme a los diferentes catálogos de los fabricantes y análisis de diferentes trabajos de investigación.

**Figura 2**

*Vida útil de los diferentes materiales que se utilizan para el transporte de aguas residuales*



Esta tabla es el resultado de la revisión bibliográfica que se utilizó para la identificar la durabilidad de los diferentes materiales que se encuentran en el sistema de alcantarillado de la ciudad. Para el caso de las tuberías más utilizadas se encuentra como material principal el PVC y en este se encuentran diferentes fabricantes como Pavco, denominadas Novafort (Pavco, 2025), Gerfor (Gerfor, 2025), Acuatubos , entre otros. Adicionalmente, en zonas de inestabilidad económica se utilizan materiales mas resistentes como el PEAD (Tecnopipe, 2025) de igual forma se encuentra los demás materiales como el PRF (Chakraverty, Sambhabana, Maharana, Beura, & Mohanty, 2020). Todos estos materiales son regulados por el reglamento técnico de Tuberías y accesorios en Colombia. (Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio, 2018)

**6.2 Objetivo 2:** Analizar los factores críticos que disminuyan la vida útil de las tuberías

### **6.2.1 Resultado 2**

En la Resolución 0330 de 2017, en el artículo 8 numeral 5 diagnóstico y evaluación de sistemas existentes para identificar las zonas críticas que pueden requerir rehabilitación de la infraestructura se de tener en cuenta criterios con la edad, causales frecuentes de reparación, expansión del sistema y la incidencia de factores externos.

Finalmente, según lo dispuesto en el artículo 2.2.4.3 del Plan General de Contabilidad Pública, expedido por la Contaduría General de la Nación, la vida útil de un activo depreciable debe ser *determinada por el ente público* en función del servicio esperado. Para tal fin. (Contaduría general de la nación, 2025)

### **6.3 Objetivo 3:** Identificar los tipos de inteligencia artificial para el análisis de datos

#### **6.3.1 Resultado 3**

En la búsqueda de herramientas basadas en inteligencia artificial para el análisis de datos en formato Excel, se identificaron diferentes aplicaciones. Sin embargo, al implementar estas soluciones con la base de datos del proyecto, se evidenció una limitación importante: debido al tamaño y peso del archivo el cual para las otras un peso de 50 MB, muchas de estas herramientas no lograron procesar adecuadamente los datos ni generar los análisis esperados.

La única que permitió procesar los datos fue la IA Julios de forma gratuita con un peso de 50 mb, las demás solicitaban adicionalmente comprar un paquete que se encontraba desde los 20 (USD) hasta 1000 (USD), teniendo paquetes semanales hasta anuales. Para este trabajo se presenta en el anexo 1, como se presentan los resultados mediante la IA y como ayuda a la evaluación de los tramos a reponer

## 7 CONCLUSIONES

Se concluye que las herramientas basadas en inteligencia artificial constituyen un recurso altamente eficaz para el análisis de grandes volúmenes de datos, ya que permiten su procesamiento con alta velocidad, precisión y capacidad de detección de patrones complejos. Además, facilitan la generación de representaciones gráficas claras que optimizan la comprensión y el soporte a la toma de decisiones. No obstante, se identificó que muchas de las soluciones de IA de acceso gratuito presentan limitaciones en cuanto a la capacidad de procesamiento y manejo de archivos de gran tamaño, lo que restringe su aplicabilidad en contextos con bases de datos extensas. Por ello, se considera necesaria una inversión en plataformas especializadas o licencias comerciales que permitan el tratamiento eficiente y escalable de información masiva.

De acuerdo con lo investigado en esta monografía, se evidencia que la vida útil indicada por el fabricante de las tuberías es una referencia teórica que puede variar significativamente según las condiciones reales de instalación, operación y entorno. En este sentido, la normativa vigente establece que la vida útil debe ser definida por cada empresa prestadora del servicio, con base en criterios técnicos específicos que consideren factores como el tipo de material, las condiciones del terreno, el nivel de carga hidráulica, y el historial de fallas, entre otros. Esta flexibilidad normativa permite una estimación más precisa y contextualizada de la durabilidad de los activos, ajustada a la realidad operativa de cada territorio.

Dentro de los factores críticos que inciden en la vida útil de las tuberías, se destacan aspectos como el nivel de protección mecánica y química del sistema, la exposición a minerales agresivos presentes en el suelo, así como la ocurrencia de fenómenos externos que pueden generar procesos de degradación acelerada, (FSO international , 2025) tales como sobrecargas estructurales o presiones

inferiores/superiores a las especificadas por el fabricante (Gerfor, 2025). Asimismo, las malas prácticas constructivas, como una instalación inadecuada, deficiente compactación del terreno o uniones incorrectas, pueden comprometer significativamente la integridad del sistema desde etapas tempranas de operación.

## 8 REFERENCIAS

Huaricallo Vilca, Y., Benites Villanueva, J., Guerra Chavez, D., Jara, J., Lloclla Mamani, J., Miranda Horna, C., & Poma Arriguel, D. (2023). Drinking water treatment based on Artificial Intelligence.

Álvarez Arboleda, C., & Chicangana-Bayona, Y. (2015). Inicios del alcantarillado en Medellín (Colombia), 1920-1955.

Área metropolitana Valle de Aburrá. (2025). Obtenido de

<https://www.metropol.gov.co/area/Paginas/obras-metropolitanas/saneamiento.aspx>

Asociación Ibérica de tecnología sin zanja. (2024). *Ibstt*. Obtenido de

<https://tecnologiasinzanja.org/quienes-somos/tecnologias-sin-zanja/>

Chakraverty, A., Sambhabana, D., Maharana, H., Beura, S., & Mohanty, U. (2020). A novel investigation on durability of GRE composite pipe for prolonged sea water transportation.

Contaduría general de la nación. (2025). *Resolución 634 de 2014*. Obtenido de

<https://www.contaduria.gov.co/plan-general-de-contabilidad-publica>

Corporación Universitaria Minuto de Dios. (2025). *Uniminuto*. Obtenido de

<https://www.uniminuto.edu/pcis-lineas-de-investigacion>

CRA. (2004). *Resolución CRA 287 de 2004*.

DANE. (2011). *Demografía*.

Eddy, & Metcalf. (2015). *Wastewater Engineering, Treatment*.

El Colombiano. (2022). ¿Por qué se están hundiendo las calles de Medellín? . pág. 2.

EPM. (2012). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado de las Empresas públicas de Medellín E.S.P.*

EPM. (2025). Obtenido de <https://www.epm.com.co/>

EPM. (2025). Obtenido de

<https://grupoepm.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=591f5234f4a544e38bfe-f36d564320e0>

FSO international . (2025). Obtenido de <https://www.fsointernacional.com/factores-que-afectan-la-durabilidad-de-las-tuberias-y-como-solucionarlos/>

Gerfor. (2025). Obtenido de <https://gerfor.com/wp-content/uploads/2022/03/MN-DD-010-MANUAL-TECNICO-ALCANTARILLADO-CORRUGADO.pdf>

Hernández, N., Cañón, M., & Torres, A. (2024). Prediction of failures in sewer networks using various machine learning classifiers.

Joanna , B., & Tom , C. (2022). A Discussion of Artificial Intelligence in Visual Art Education.

LAMSTT. (2023). *Latin American Society for Trenchless Technology - Asociación Latinoamericana de Tecnologías Sin Zanja*. Obtenido de <https://lamstt.org/es/tecnologia-sin-zanja>

López-Kleine, L., Hernández, N., & Torres, A. (s.f.). Physical characteristics of pipes as indicators of structural state for decision-making considerations in sewer asset management.

Mehdi, A., Frédéric, C., De Massiac, J.-C., & Le Gauffre, P. (2015). Influence of available data on sewer inspection program efficiency.

Ministerio de ambiente y desarrollo. (2017). *Resolución 0330* .

Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio. (2018). *Resolución 0115 - 2018*. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico-reglamento-tecnico-sector-reglamento-tecnico-de-tuberias-y-sus-accesorios>

Pavco. (2025). *Pavco wavin*. Obtenido de <https://pavcowavin.com.co/manuales-tecnicos>

Tecnopipe. (2025). *Manual tècnico de Tuberia estructurada PEAD*. Obtenido de <https://www.comercializadorasye.com/tecnopipe/wp-content/uploads/2021/09/MANUAL-ALCANTARILLADO-ED8-2021.pdf>

Vedapradha, R., Hariharan, R., & Rajan, S. (2019). Artificial Intelligence: A Technological Prototype in Recruitment.

## **Anexos**

**Anexo 1.** Interacción con la IA y la base de datos obtenida en los diferentes aplicativos de la empresa prestadora del servicio.