

FICHA RETO

Inspección de Tuberías

<p>RETO ¿Cómo + acción + situación problema + objetivo?</p>	<p>¿Cómo podríamos desarrollar una solución de inspección que permita conocer el estado real de las tuberías metálicas de distribución primaria enterradas sin sacarlas de operación por largos periodos, para anticipar fallas, reducir costos de reparación, minimizar riesgos, aumentar la confiabilidad del sistema de acueducto y optimizar el plan de reposición?</p>
<p>OBJETIVO ESTRATÉGICO ¿Cuál es el objetivo estratégico que enmarca el reto?</p>	<p>Impulsar, a través de un proceso de innovación abierta, el diseño y validación de soluciones piloto para inspeccionar las tuberías metálicas de distribución primaria enterradas sin sacarlas de operación por largos periodos, integrando capacidades académicas, empresariales y tecnológicas para anticipar fallas, reducir costos de reparación, disminuir riesgos, aumentar la confiabilidad del sistema de acueducto y optimizar el plan de reposición.</p>
<p>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD <i>Explicar claramente el dolor actual, esa situación problemática que no se ha podido solucionar y que genera unos efectos negativos o también la oportunidad que la empresa desea aprovechar. *Deseado: Datos que midan la magnitud del problema. El costo operacional, financiero, reputacional o de oportunidad que paga la empresa por no solucionar la necesidad</i></p>	<p>El sistema de distribución primaria de acueducto de EPM cuenta con 368 km de tuberías, de las cuales el 90% son metálicas.</p> <p>El dolor actual es que no existen soluciones adaptadas al contexto local que permitan inspeccionar en detalle el estado de estas tuberías sin interrumpir su operación. Las tecnologías disponibles en el mercado exigen adecuaciones costosas, que resultan poco viables en la red existente, o se restringen a diagnósticos parciales (ejemplo: CCTV que solo permite observación visual).</p> <p>Efectos negativos medidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El promedio histórico de daños es de 46 eventos por año, equivalente a 0,17 daños por kilómetro • La interrupción del servicio de acueducto por eventos sobre las tuberías de distribución primaria normalmente genera impacto en la prestación del servicios de acueducto a miles de personas en el Valle de Aburrá y el Valle de San Nicolás, con riesgos reputacionales y sociales relevantes • La falta de soluciones de inspección y diagnóstico preventivo incrementa los costos correctivos, que superan los costos de mantenimiento planificado.

	<p>Mediante un proceso de innovación abierta, EPM busca validar soluciones piloto que integren robótica, sensórica e inteligencia artificial, para lograr inspecciones internas, anticipar fallas y fortalecer los planes de integridad de ductos a partir de diagnósticos confiables. De lograrse, no solo se mitigará un problema de impacto financiero y reputacional, sino que también se abrirá la posibilidad de escalar la solución a otras filiales del grupo y a empresas del sector en Colombia y en el exterior.</p>
<p>ANTECEDENTES <i>¿Qué está generando un problema?</i> <i>¿Cómo se ha intentado solucionar el reto hasta ahora? Detalla las iniciativas ya realizadas que dan información de éxitos y fracasos.</i></p>	<p>El problema surge porque el 90% de las tuberías del sistema de distribución primaria de EPM son metálicas (331 km de los 368 km totales) y se encuentran expuestas a procesos de corrosión y su consecuente pérdida gradual de espesor, lo que acelera su deterioro y compromete la continuidad del servicio.</p> <p>Adicionalmente, el mercado ofrece tecnologías que pueden ser aplicadas al contexto de EPM; sin embargo, la configuración de red la distribución primaria y las altas presiones del sistema restringen la implementación de estas tecnologías. Estas soluciones, requieren adecuaciones importantes y costosas, que las hacen poco costo eficiente para la inspección total y sistemática de la red.</p> <p>Hasta ahora, EPM ha implementado varias iniciativas para abordar este reto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones convencionales: se han realizado diagnósticos puntuales basados en inspección visual y directa en longitudes cortas de reparación, poco representativas de la condición real de todo el tramo de conducción que generalmente es de varios kilómetros. • Inspecciones con CCTV: La inspección visual interna de la red mediante cámaras permite únicamente la observación de imágenes, sin aportar datos críticos que faciliten un diagnóstico preciso sobre el estado estructural de la tubería • Pilotos con proveedores internacionales: Desde el año 2020 se han realizado vigilancias tecnológicas sobre empresas y soluciones que ofrecen servicios de inspección de tuberías. Sin embargo, ninguna de estas se ha adaptado plenamente a las condiciones locales (dimensiones, materiales, interferencias con otras infraestructuras y operación sin interrupción). Actualmente, se están desarrollando pilotos con las tecnologías KenWave y P-Cat. • Estudios de interferencias eléctricas y amenazas naturales: se identificaron 224 cruces vulnerables entre conducciones metálicas sin protección catódica y redes eléctricas, muchos en áreas críticas (ej. río Medellín, Metro, poliductos), así como evaluaciones de amenazas externas como inundaciones y movimientos en masa.

	<p>Estos estudios confirmaron la alta exposición de la red, pero no aportan todavía una solución tecnológica aplicable para anticiparse a los eventos de daños.</p> <p>Los esfuerzos realizados han permitido caracterizar mejor la magnitud del problema y validar parcialmente algunas metodologías, pero aún no existe una solución tecnológica que permita inspeccionar, diagnosticar y proteger de manera integral las tuberías metálicas sin interrumpir el servicio por tiempos prolongados, lo que mantiene vigente la necesidad de innovación y prueba piloto.</p>
<p>¿QUÉ RESULTADOS ESPERA OBTENER? <i>Objetivos a cumplir, beneficios para el público objetivo. Deseado: Datos, cifras, porcentajes que permitan medir la solución. El valor monetario que podrían obtener si solucionan la necesidad.</i></p>	<p>Resultados esperados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar y validar, a nivel piloto, una solución integral de inspección para tuberías metálicas enterradas de la red de distribución primaria del sistema de acueducto. • Obtener diagnósticos confiables sobre el estado real de las tuberías, sin requerir su salida de operación por periodos prolongados. • Diseñar una metodología de inspección escalable, que pueda replicarse en el resto de la red de EPM y, eventualmente, en otras empresas del sector. <p>Se espera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un sensor capaz de medir de manera precisa y continua el espesor de pared de una tubería, instalado en un equipo que se desplace por su interior. • Garantizar que el prototipo robótico y/o sensorico pueda adaptarse a los equipos existentes de desplazamiento interno dentro de la tubería, sin requerir adecuaciones significativas. • Asegurar que el prototipo cuente con todos los accesorios electromecánicos necesarios para su integración al equipo de desplazamiento y para la transmisión confiable de datos. • Contemplar la posibilidad de realizar pruebas en tramos disponibles de la red, que permitan calibrar los equipos en condiciones reales de afectación. • Reducir los tiempos de inspección en comparación con las metodologías actuales, que implican apiques o cierres prolongados. <p>A futuro se espera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de daños: bajar el promedio de 46 eventos por año (0,17 daños/km) en al menos un 30%. Bajar el indicador de daños por km de red, mediante la intervención de los tramos identificados en la inspección preventiva de las redes. • Ahorro económico: disminuir la ocurrencia de eventos críticos que actualmente generan pérdidas de más de \$10.000 millones cada dos años.

	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización de costos de mantenimiento: se espera que el mantenimiento correctivo (altamente costoso) sea reemplazado progresivamente por mantenimiento predictivo, lo generará eficiencias en el presupuesto operativo.
<p>POBLACIÓN IMPACTADA <i>¿Quiénes son las personas que actualmente perciben la necesidad y se ven afectadas por no tener una solución?. Aquí pueden estar involucrados: Proveedores, distribuidores, clientes, roles o áreas internas de la compañía</i></p>	<p>Usuarios finales del servicio de acueducto: La red de distribución primaria abastece a más de 1,4 millones de usuarios en once municipios del Valle de Aburrá y el Valle de San Nicolás. Estos usuarios son los más impactados cuando se presentan fallas críticas en las tuberías, pues sufren interrupciones en el suministro de agua potable, afectando sus actividades domésticas, laborales, comerciales, industriales y comunitarias.</p> <p>Comunidades aledañas a las conducciones vulnerables: La población ubicada en las áreas aledañas a las conducciones puede verse seriamente afectada por la vulnerabilidad de la red frente a interferencias eléctricas. A esto se suman riesgos asociados a inundaciones y movimientos en masa, que incrementan la probabilidad de fallas en la infraestructura. En conjunto, estos factores exponen a las comunidades cercanas a interrupciones en el suministro de agua, afectaciones a la seguridad pública, impactos ambientales y limitaciones en la movilidad.</p> <p>La propia empresa (EPM):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas técnicas y operativas enfrentan limitaciones para contar con información confiable del estado de la red, lo que dificulta la planeación de mantenimientos. • Áreas financieras deben asumir altos costos correctivos: solo en los últimos dos años, cuatro eventos críticos generaron pérdidas por más de \$10.000 millones. • Incremento de los costos de las pólizas de seguros • Reputación institucional: cada interrupción afecta la imagen de EPM como empresa confiable de servicios públicos, lo que repercute en la relación con sus diferentes grupos de interés. <p>El sector público y productivo: Industrias, comercios e instituciones que dependen de la continuidad del suministro de agua potable sufren pérdidas económicas y operativas en cada evento de falla, generando impactos indirectos en la competitividad regional.</p>

ALIADOS CLAVES

¿Quiénes son los actores del ecosistema que pudieran unir esfuerzos en la solución de este reto para lograr mayor alcance e impacto?

1. Actores internos (EPM y Grupo EPM):

- Áreas de operación y mantenimiento de la Gerencia de Acueducto y Alcantarillado y gestión de activos: responsables de la integridad de la red y de la adopción de la solución piloto.
- Áreas de Proyectos: responsables de la instalación de nuevas redes con las protecciones y adecuaciones requeridas para inspecciones futuras y garantizar su vida útil.
- Áreas de innovación y transformación digital: catalizadores del proceso de innovación abierta y del escalamiento futuro de la solución.
- Filiales del Grupo EPM: potenciales beneficiarias de la solución si demuestra ser escalable a otros territorios y servicios.

2. Academia y centros de investigación:

- Universidades locales (ej. Universidad de Antioquia, UPB, EAFIT, Medellín, EIA, entre otras): con capacidades en ingeniería de materiales, robótica, sensórica y análisis de datos.
- Centros de investigación en agua y energía: aportan conocimiento aplicado en integridad de ductos y modelos predictivos.
- SIATA: experiencia en sensórica y desarrollo de drones que podría transferirse a la inspección de tuberías.

3. Empresas tecnológicas y de ingeniería:

- Proveedores con soluciones de inspección y diagnóstico aplicables a la validación del piloto
- Startups y scaleups de robótica, inteligencia artificial y sensórica: con capacidad de co-desarrollar soluciones adaptadas al contexto local.
- Empresas de ingeniería nacional: que pueden realizar adecuaciones en infraestructura, integración tecnológica y soporte operativo.

4. Sector público y regulador:

- Entes territoriales (Alcaldía de Medellín, Área Metropolitana): interesados en la continuidad del servicio de agua y la seguridad de la infraestructura.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio / CRA: con incidencia en la política pública y en la adopción de nuevas tecnologías en acueducto.

5. Comunidad y usuarios organizados:

- Juntas de acción comunal y asociaciones de usuarios: aliados para la validación social del piloto en zonas críticas.
- Sectores productivos (industria, comercio, instituciones): interesados en la confiabilidad del suministro para sus operaciones.

6. Empresas del sector y Gremios:

	<ul style="list-style-type: none"> • Otras empresas del país que operan y mantienen redes de acueducto • ANDESCO como representante de las empresas de servicios públicos de Colombia
<p>BARRERAS ¿Qué restricciones se tienen identificadas que no pueden modificarse con la implementación de la solución?</p>	<p>Condiciones físicas y estructurales de la red existente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El 90% de la red son tuberías metálicas antiguas, muchas con más de 30 años de operación. • El diámetro, material y configuración de las conducciones ya están definidos; no es posible modificarlos en el corto plazo. • Las tuberías están enterradas a una profundidad promedio de 2.5 m <p>Restricciones operativas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las inspecciones deben hacerse con interrupciones mínimas (menores a 24 horas), lo que restringe el tipo de tecnologías aplicables. • La atmósfera al interior de las tuberías vacías es de alta humedad, posible flujo de agua y con presencia de cloro <p>Limitaciones en infraestructura de acceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muchos tramos carecen de puntos de ingreso adecuados para dispositivos de inspección robótica, por lo que será necesario diseñar soluciones adaptadas a entradas limitadas. <p>Interferencias externas inevitables</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estas interferencias no pueden eliminarse ni reubicarse en el corto plazo; la solución debe ser capaz de operar en ese entorno. <p>Aspectos regulatorios y de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • La operación de soluciones robóticas y sensóricas dentro de tuberías de acueducto debe cumplir con estrictas normas de seguridad, salubridad y calidad del agua. La solución no puede comprometer el cumplimiento de la normatividad vigente ni alterar la potabilidad del agua. <p>Limitaciones de cobertura de la solución piloto</p> <ul style="list-style-type: none"> • El piloto se validará en un tramo acotado de la red (ej. 250 metros)
<p>REQUISITOS ¿Cuál es el alcance de la solución? Listar los aspectos mínimos a tener en cuenta en la solución: Técnicos, económicos, de uso,</p>	<p>1. Alcance de la solución: La solución debe validarse en etapa de piloto sobre un tramo representativo de la red de distribución primaria de EPM (aprox. 250 m), con capacidad de inspeccionar tuberías metálicas y generar información confiable sobre su espesor, sin requerir adecuaciones mayores de infraestructura. El piloto servirá como base para escalar la solución a los 368 km de red metálica.</p>

normativos, tiempo de ejecución, entre otros

2. Requisitos técnicos:

- Sensores especializados integrados que sirvan para las mediciones de espesor.
- Procesamiento inteligente mediante algoritmos de inteligencia artificial para análisis automatizado de datos.
- Operación en condiciones con mínima o nula interrupción del flujo de agua.
- Escalabilidad para extenderse a diferentes diámetros, materiales y condiciones de operación.

3. Requisitos de uso y operativos

- Generación de reportes claros y priorización de tramos vulnerables para la toma de decisiones.

4. Requisitos normativos y de seguridad

- Cumplimiento con la normatividad nacional de acueducto, salubridad y calidad del agua potable.
- Garantizar que la operación del dispositivo no altere la potabilidad ni genere riesgos de contaminación del agua.
- Cumplimiento de protocolos de seguridad en zonas de interferencia con otras infraestructuras (eléctrica, Metro, poliductos).

TIPO DE INNOVACIÓN

Mejora proceso, innovación continua, innovación disruptiva

La solución que se busca desarrollar corresponde a una innovación de proceso, en la medida en que permitirá mejorar significativamente la forma en que EPM realiza la gestión de integridad de las tuberías metálicas de distribución primaria. Actualmente, los procesos de inspección se apoyan en metodologías tradicionales (apiques, CCTV, inspecciones visuales puntuales) que generan altos costos, requieren interrupciones prolongadas y no ofrecen información completa sobre el estado real de las conducciones.

Con la implementación del piloto, se introducirán nuevas tecnologías de robótica, sensórica e inteligencia artificial que transformarán el proceso actual en uno más eficiente, predictivo y escalable. Esta innovación permitirá:

- Disminuir los eventos críticos de falla en los tramos inspeccionados.
- Optimizar la planeación de mantenimiento al migrar de esquemas correctivos hacia modelos de mantenimiento predictivo basados en datos

La innovación no sustituye el servicio ni crea un producto completamente nuevo para el mercado, sino que revoluciona la manera en que se ejecutan procesos internos clave en la operación de la infraestructura de acueducto, generando ahorros operativos, mayor confiabilidad y mejor calidad del servicio para los 1,4 millones de usuarios atendidos.

<p>TIPO DE SOLUCIONADORA DESEADA Startup, empresa desarrolladora de producto o servicio, grupo de investigación, consultora</p>	<p>Startups o scaleups tecnológicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con experiencia en robótica, sensorica, inteligencia artificial o IoT aplicados a infraestructura. • Capacidad de prototipar y ajustar soluciones rápidamente para pruebas piloto. • Perfil ágil, con posibilidad de co-desarrollar junto a EPM y escalar el modelo en el mercado local e internacional. <p>Empresas desarrolladoras de productos o servicios tecnológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricantes o integradores de equipos especializados de inspección de ductos (ej. crawlers, sensores de ultrasonido, vibro-acústica). • Capacidad de adaptar sus tecnologías a las condiciones específicas de la red de EPM (diámetros, materiales, ambiente con presencia de cloro, presión del agua, interferencias). • Experiencia en proyectos de campo con infraestructuras críticas. <p>Grupos de investigación y centros de I+D</p> <ul style="list-style-type: none"> • Universidades o centros de investigación con trayectoria en ingeniería de materiales, robótica y análisis predictivo. • Capaces de aportar al diseño metodológico, validación científica y adaptación de tecnologías internacionales al contexto local. • Pueden actuar en alianza con startups o empresas para acelerar el desarrollo.
<p>RANGO DE PRESUPUESTO Permite saber el nivel de detalle y complejidad que se ofrece en la solución</p>	<p>Hasta \$80.000.000 para el piloto, con posibilidades de escalamiento posterior.</p>
<p>RANGO DE TIEMPO Rango de tiempo en el cual la empresa espera tener una solución</p>	<p>Máximo 6 meses para el piloto</p>
<p>PROPIEDAD INTELECTUAL</p>	<p>Propiedad del conocimiento generado en el piloto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los datos, resultados de pruebas e informes técnicos obtenidos en el piloto serán de propiedad de EPM, al ser insumos directos para la gestión de sus activos críticos. • Este conocimiento podrá ser compartido con los solucionadores únicamente para fines de mejora y validación tecnológica. <p>Propiedad de la tecnología base</p> <ul style="list-style-type: none"> • La startup, empresa o grupo de investigación conserva los derechos sobre la tecnología, prototipo o know-how que ya hubiera desarrollado previamente. • En caso de adaptar una solución existente, la propiedad de la innovación original sigue en cabeza del desarrollador.

	<p>Propiedad conjunta de desarrollos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si durante el piloto se generan adaptaciones, mejoras sustanciales o nuevas funcionalidades en la tecnología, estas podrán ser objeto de acuerdos de copropiedad entre EPM y el solucionador. • Se puede establecer un esquema de licencia exclusiva para EPM en el ámbito local y de uso compartido para el desarrollador en otros mercados, incentivando la escalabilidad. <p>Licencias y derechos de uso</p> <ul style="list-style-type: none"> • EPM debe contar con una licencia de uso perpetua y no exclusiva de la solución probada en el piloto, al menos sobre los resultados que se apliquen en su sistema de distribución primaria. • En proyectos exitosos, se puede pactar una licencia preferencial o exclusiva para replicar la solución en las filiales del Grupo EPM. <p>Protección y confidencialidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todo el material técnico, datos de operación y resultados generados estarán sujetos a acuerdos de confidencialidad (NDA). • Se debe establecer claramente qué información es pública (ej. logros de innovación abierta) y cuál es reservada (datos técnicos de la red).
<p>SOLUCIONES QUE NO SE ACEPTARÁN</p>	<p>Soluciones que no integren elementos de robótica.</p> <p>Soluciones que requieran sacar de operación prolongadamente las tuberías</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías que obliguen a vaciar el sistema de distribución primaria o a suspender el servicio de agua por largos periodos (más de 24 horas). • Esto afectaría directamente a los 1,4 millones de usuarios abastecidos y contradice una de las premisas centrales del reto <p>Soluciones que exijan adecuaciones costosas e inviables en la infraestructura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vehículos robóticos de gran tamaño que requieran ampliar cámaras de acceso, romper tramos extensos o modificar la red existente. • Adaptaciones que generen altos costos iniciales sin asegurar la viabilidad del piloto <p>Soluciones que solo aporten inspección visual superficial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías como CCTV tradicionales que únicamente permitan obtener imágenes internas, sin medir espesor de pared. • Este tipo de soluciones ya han sido probadas y demostraron ser insuficientes para diagnosticar la integridad real <p>Soluciones que no cumplan la normatividad de calidad del agua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prototipos que comprometan la potabilidad del agua o generen riesgo de contaminación durante la inspección.

- EPM no puede incorporar tecnologías que pongan en peligro la salud pública.

Soluciones cerradas o sin potencial de escalabilidad

- Propuestas que solo funcionen en un tramo muy específico y que no puedan replicarse en otros diámetros, materiales, presiones o condiciones de operación de la red.

Soluciones sin sustento tecnológico o experimental

- Ideas sin prototipo, sin validación previa o sin un plan técnico claro para implementarse en el piloto.
- El proceso busca validación real en campo, no propuestas meramente conceptuales.