

# Revista

Publicación especializada en la gestión de servicios públicos



No. 25 | Enero - Diciembre 2025

Bienestar  
y desarrollo  
de las comunidades

Compromiso con el  
**cuidado**  
del ambiente

Solidez,  
**innovación**  
y liderazgo



años  
**Juntos**

**Servicios**  
de calidad





energía | gas natural | aguas

**Revista EPM No.25**  
**Enero - Diciembre 2025**  
**ISSN: 2145-1524**

**Grupo Directivo EPM:**

**Jhon Alberto Maya Salazar**

Gerente General

**Carlos Alejandro Duque Restrepo**

Vicepresidente Gobierno Corporativo Y Secretaría General

**Aida Duque Botero**

Director-Directora Corporativa Soporte Gerencia General

**Humberto José Iglesias Gómez**

Vicepresidente Negocios EPM

**María Patricia Giraldo Velásquez**

Vicepresidente Talento Humano Y Arquitectura Empresarial

**Jorge Antonio Yepes Vélez**

Vicepresidente Regulación

**Ana Cathalina Ochoa Yepes**

Vicepresidente Corporativo Estrategia

**Luis Fredy Mejía Betancur**

Gerente Territorio Urabá

**Hernán Andrés Ramírez Ríos**

Gerente Territorio Oriente Antioqueño

**Carlos Andrés Puerta Silva**

Gerente Servicios Técnicos

**William Giraldo Jiménez**

Gerente Proyecto Ituango

**Diego Humberto Montoya Mesa**

Gerente Planeación Empresarial

**Santiago Wilches Yepes**

Gerente Acueducto Y Alcantarillado

**Diana Oliva Rua Jaramillo**

Vicepresidente Corporativo Finanzas Y Riesgos

**Alberto Mejía Reyes**

Gerente Generación Energía

**Jorge Enrique Cerezo Restrepo**

Gerente Transmisión Y Distribución Energía

**Luisa María Pérez Fernández**

Gerente Gas

**Santiago Ochoa Posada**

Vicepresidente Corporativo Negocios Agua Y Saneamiento

**Margarita María Salazar Henao**

Vicepresidente Corporativo Negocios Energía

**Alejandro José Jaramillo Arango**

Vicepresidente Suministros Y Alianzas Estratégicas

**Natalia Andrea Ramírez Ángel**

Gerente Talento Humano Y Organización

**Juan Carlos Giraldo Gómez**

Gerente Abastecimiento Y Logística

**Gabriel Jaime Velásquez Restrepo**

Gerente Jurídico

**Luisa Paulina Ortiz González**

Jefe-Jefa Área Juzgamiento Procesos Disciplinarios

**Elizabeth Betancur Soto**

Jefe-Jefa Departamento Instrucción Procesos Disciplinarios

**Mónica Julieta Pinzón Bueno**

Vicepresidente Reputación Y Relaciones Corporativas

**John Faber Calle Hurtado**

Gerente Finanzas Y Riesgos

**Gustavo Alejandro Gallego Hernández**

Vicepresidente Auditoría Corporativa

**Edición y coordinación de la Revista EPM:**

**Margarita María Lopez Segura**

Área Gestión Talento Humano y Organización

**María Elizabeth Pérez Arango**

Profesional Desarrollo Humano

**Evelyn Correa Zabala**

Profesional Desarrollo Humano

**Paola Andrea Valencia Valencia (E)**

Gerencia Comunicaciones Y Relaciones Externas

**Equipo editorial Biblioteca EPM**

**Amparo Eliza Peña Peña**

**Dahianna Elisey Moreno**

**Alejandro Ruiz Bonilla**

**Stevens Aguirre Pérez**

**Alejandra Acevedo Sánchez**

**Elkin Gabriel Parra Calderón**

Periodicidad: semestral

Solicitud de Canje a:

Biblioteca EPM

Carrera 54 No.44-48 Plaza de Cisneros

Teléfono: 3807500

[bibliotecaepm@epm.com.co](mailto:bibliotecaepm@epm.com.co)

Medellín – Colombia

Empresas Públicas de Medellín E.S.P.

Carrera 58 No. 42 – 125 Apartado 940

E-mail: [epm@epm.com.co](mailto:epm@epm.com.co)

Tel: 3808080

Medellín – Colombia

[www.epm.com.co](http://www.epm.com.co)

## Presentación

# 70 años juntos, para seguir vibrando por la gente



Que esta sea la oportunidad para hacer un llamado: pensemos por un momento en lo que representa EPM. No solo desde el punto de vista económico o técnico como prestador de servicios públicos, sino lo que ha significado su valor social para

los antioqueños y para los colombianos como grupo empresarial. Es una empresa pública, que reúne gran parte de los servicios esenciales que requieren los seres humanos para tener calidad de vida, que se ha mantenido en el tiempo, siendo responsable con su entorno y generando utilidades que se devuelven en proyectos y programas para la gente que más los necesita. Es un verdadero motor del desarrollo, que vibra gracias a la inspiración que le inyectan sus clientes y usuarios.

El crecimiento de los ingresos en el año 2024 permitió que EPM generara un valor agregado por 13.2 billones de pesos, de los cuales el 70% se destinó a la sociedad por medio de inversiones en las comunidades y la protección del ambiente, la generación de empleo, las transferencias a su dueño el Distrito de Medellín y por transferencias del sector

eléctrico a 8 departamentos, 3 autoridades ambientales y 2 parques nacionales, y para el resto de los municipios donde tiene presencia en el pago de impuestos. A lo largo de su historia, EPM ha sido un buen vecino de los territorios en los que ejecuta sus proyectos. Por eso es motor de desarrollo y un actor relevante en la generación de empleo en el que privilegia la mano de obra local y promueve la contratación social a través de las Juntas de Acción Comunal.

Pensemos por ejemplo en la gestión del conocimiento a través de espacios tan maravillosos como la Biblioteca EPM, especializada en ciencia, tecnología y servicios públicos, pero en la que los usuarios encuentran las obras de Édgar Allan Poe, García Márquez o Marguerite Yourcenar, y al mismo tiempo pueden hacer cursos de Excel, escritura o diseño de una hoja de vida para insertarse en el mundo laboral. El Museo del Agua, el único en el mundo especializado en este recurso vital, es un lugar mágico con salas interactivas que abre sus puertas de manera gratuita para los estratos 1, 2 y 3 con solo presentar la factura de servicios públicos de EPM. O las UVA (Unidades de Vida Articulada) que cambiaron la manera de habitar el espacio público alrededor de los tanques de Agua de la empresa en barrios de Medellín y dos en Itagüí y Bello, respectivamente, en las plantas de

tratamiento de aguas residuales San Fernando y Aguas Claras.

Por eso, quiero destacar el compromiso de la Organización con el desarrollo de los territorios, la sostenibilidad y el bienestar de millones de personas, a través de la prestación de servicios públicos con calidad, en una historia que se ha construido junto a la comunidad estos 70 años. Hoy, somos un poco más de 8 mil trabajadores comprometidos con el buen uso de los recursos, sabemos que nuestro actuar es sinónimo de calidad de vida y debemos ser exigentes en mantener una conducta pulcra con rigor técnico. Cargamos la responsabilidad que conlleva el honor y el orgullo de ser funcionarios EPM, por eso en estos últimos dos años nos dimos a la tarea de recuperar la confianza y encauzar la empresa en lo que siempre ha sido, sirviendo, siendo solidaria y empática, compenetrándonos con lo que necesita y siente el otro para encontrar las soluciones más innovadoras como las redes de acueducto y alcantarillado aéreo, que hemos implementado en zonas de difícil acceso en el Urabá antioqueño y algunos barrios de ladera de Medellín.

El rigor técnico es otra de las cualidades de esta empresa, y en este sentido quiero poner como ejemplo a la generación de energía. Pasamos de producir 10 megavatios, con la central Guadalupe 1, a Hidroituango que en la actualidad genera 1.200 megavatios con sus primeras cuatro unidades, pero que tendrá una capacidad de 2.400 megavatios cuando entren a operar sus ocho unidades. Lo que equivale al 17% de la energía de Colombia. Ese mismo rigor técnico es el que nos ha llevado a sanear el río Aburrá - Medellín a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales San Fernando y Aguas Claras, una tarea que históricamente se consideró imposible, y que también nos permitió incursionar en la producción de

biogás. El valor que le hemos dado al aspecto técnico nos permitió crear el Parque Eólico Jepírachi, que funcionó por 20 años en la alta Guajira, y el Parque Solar Tepuy en La Dorada, Caldas, con sus 200 mil paneles bifaciales y su potencia nominal de 83 megavatios.

En la celebración de los 70 años de EPM, pensemos en todo lo que representa. Seamos conscientes de que es una empresa pública que hay que quererla y defenderla porque no es un secreto que en el presente enfrenta amenazas que ponen en riesgo su integridad, por eso hay que rodearla, seguir creciendo y caminando de su mano para abrir caminos de oportunidades. Son 70 años juntos, y queremos que sean muchos más vibrando por la gente.

**John Maya Salazar**  
**Gerente EPM**

# Contenido



## 70 años juntos. Historias transformadoras de territorios que nos llenan de orgullo

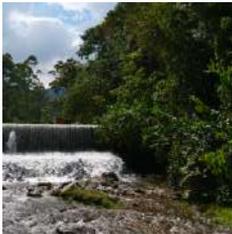
PÁG 7



## Biblioteca EPM: 20 años iluminando el conocimiento desde el Parque de las Luces

EPM Library: 20 years illuminating knowledge from the Parque de las Luces

PÁG 22



## Rejilla coanda en captaciones de fondo

Coanda screen in tyrolean type intakes

PÁG 42



## Fondos de Capital Privado como Catalizadores de la Innovación en Servicios Públicos: El Caso Programa Ventures EPM en el Ecosistema de Innovación Antioqueño

Private Equity Funds as Innovation Catalysts in Public Utilities: The Case of Ventures EPM Program in the Antioquia Innovation Ecosystem

PÁG 60



## Rol de pequeños reactores modulares en la transición energética de la generación eléctrica en Colombia

Role of small modular reactors in the energy transition of electricity generation in Colombia

PÁG 73



## Estimación de costos socioambientales en proyectos con tecnología sin zanja

Socio-Environmental costs estimation in trenchless technology projects

PÁG 82



**70**  
años  
**Juntos**

**Historias transformadoras de territorios que nos llenan de orgullo**



**Impacto en la comunidad y desarrollo social**

Desde que nacimos, hemos estado donde más nos necesitan:

en los barrios, en las escuelas, en las montañas, en las veredas... Donde hay una comunidad por crecer, ahí está EPM.

Hemos sido esa pieza que suministra desde servicios básicos hasta la participación en proyectos que han transformado vidas en cada rincón del territorio.

**Más que obras, son historias de esperanza, transformación y esfuerzo compartido.**

La tecnología ha transformado los servicios:

porque en cada avance, en cada nuevo paso, hay una historia de crecimiento que vale la pena conocer.

**Cada innovación que impulsa EPM es una promesa cumplida con el planeta, con las nuevas generaciones y con los territorios que hoy florecen.**



**Innovación tecnológica y sostenibilidad**



## Crecimiento o presencia en Latinoamérica

Adaptarnos, conectar culturas, unir territorios.

Así ha sido el viaje de EPM a lo largo de Latinoamérica. Una historia que además de expansión, nos habla de confianza, servicio y cercanía tanto en los municipios de Antioquia, como en los departamentos de San Andrés y Chocó y los países donde estamos presentes.

Porque cada paso que damos más allá de nuestras fronteras, también nos acerca más a las personas.

**Hemos aprovechado cada oportunidad de servir y escribir una nueva página de la historia que nos une.**



## Visión de futuro y liderazgo

Desde 1955, EPM no solo prestó servicios públicos:

soñó en grande, se adelantó al tiempo y marcó el rumbo de una región.

Hoy, seguimos construyendo el futuro con innovación, sostenibilidad y liderazgo.

Porque ser líderes no es tener la respuesta, es hacerse la pregunta correcta antes que los demás.

**Nuestra visión siempre ha estado clara, crear un mundo mejor para todos.**



## Guardianes del ambiente

**Somos guardianes del ambiente porque entendemos que sin él, no hay futuro.**

**Y esas historias de cuidado, resiliencia y transformación... también merecen ser contadas.**

Desde siempre, EPM ha sido un aliado clave en la protección y preservación del ambiente.

No solo entregamos energía, gas y agua; también cuidamos y protegemos los recursos que nos presta la naturaleza.

Cada proyecto, cada decisión, ha sido pensada para cuidar el equilibrio de los territorios.

Porque para crecer, debemos estar en armonía.



70 historias

epm 70 años



Escanea y conoce las historias de #70AñosJuntosEPM



Escanea y conoce el documental de Hidroituango

epm<sup>®</sup>

70  
años  
Juntos



Cuadrilla servicio de teléfonos - 1966.



Plan piloto construcción de alcantarillado Junín con La Playa - 1969.



Obras de acueducto conducción Pedregal - 1973.



Mantenimiento de hidrantes - 1975.



Plan piloto construcción de alcantarillado-Calle Ayacucho - 1969.



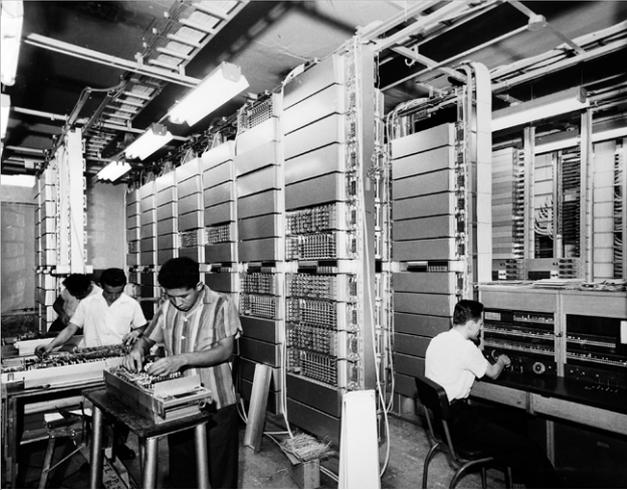
Pavimentación - 1970.



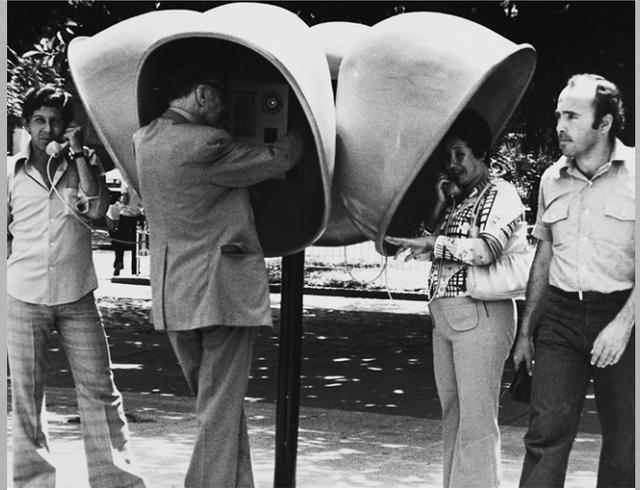
Alumbrado EPM - 1973.



Prueba de equipos para reparar fugas de alcantarillado - 1974.



Interior planta de teléfonos  
Centro - 1970.



Teléfonos públicos Parque  
de Bolívar - 1985.



Obras acueducto y alcantarillado  
en el sector Guayaquil - 1985.



Teléfonos información al público - 1985.





Atención al cliente Edificio Miguel de Aguinaga - 1979.



Equipo de bombeo Pedregal - 1980.



Túnel de construcción de la central de energía Guadalupe IV - 1985.



Oficina de daños acueducto y alcantarillado - 1988.





Planta de teléfonos  
Villa Hermosa - 1977.



Revisión contadores  
de energía - 1995.



Plan de expansión del sistema de  
acueducto - 1995.



Montaje alumbrado navideño - 1997.





Planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando - 2001.



Aguas de Urabá, una empresa del Grupo EPM desde 2006.



Energía prepago - 2007.



Electrificación rural municipio de Arboletes - 2009.





| Biblioteca EPM - 2005.



| Edificio EPM - 2007.



| Navidad en Medellín - 2010.



| Aguas de Malambo-Atlántico, empresa del Grupo EPM desde 2011.





Museo del Agua - 2012.



Conservación ambiental - 2013.



Labores de rescate arqueológico  
Proyecto Nueva Esperanza - 2013.



Parque eólico Los Cucuros  
Chile - 2014.





Construcción Proyecto  
Hidroeléctrico Ituango - 2014.



UVA Los Sueños - 2014.



Video mapping navidad - 2014.



Brigada comunitaria EPM - 2015.





Inauguración estación de Gas Natural Vehicular de EPM para la flota de Emvarias - 2015.



Nuevo servicio Agua Prepago - 2015.



Vehículo solar - 2015.



Aguas de Antofagasta ADASA Chile, empresa del Grupo EPM - 2015.





Actividad Personal Unidad Operaciones Playas.



Ampliación de red de gas.



Energía solar.



Gente EPM.





Gas Natural Vehicular de EPM.



Planta de tratamiento de aguas residuales - Aguas Claras.



Primer bus eléctrico de EPM.



Proyecto hidroeléctrico Ituango.

**EPM**, 70 años comprometidos  
con el bienestar y la transformación  
de los territorios





# Biblioteca EPM: 20 años iluminando el conocimiento desde el Parque de las Luces

EPM Library: 20 years illuminating knowledge from the Parque de las Luces

**Andrés Felipe  
Corrales**

Coordinación, Biblioteca EPM

[andres.corrales.jaramillo@fundacionepm.org.co](mailto:andres.corrales.jaramillo@fundacionepm.org.co)

Este 2025 celebramos dos décadas desde que la Biblioteca EPM abrió sus puertas en el Parque de las Luces de Medellín, consolidándose como un espacio que transforma, conecta e inspira. Lo que comenzó como un centro de consulta

para funcionarios de Empresas Públicas de Medellín en 1967, se ha convertido hoy en un referente nacional e internacional en acceso al conocimiento, educación sostenible e inclusión social.

## De archivo técnico a referente de ciudad

La Biblioteca EPM surgió en 1967 como un modesto centro de consulta técnica exclusivo para empleados EPM. En los años noventa, su traslado al primer piso del Edificio Inteligente de EPM, que marcó un paso hacia la apertura y la diversidad de sus colecciones. No obstante, fue en 2005 cuando la visión de una

biblioteca pública, especializada y empresarial se materializó con su construcción en el corazón de la ciudad, destacada por su diseño arquitectónico, la calidad de sus espacios y sus áreas de especialidad (Grupo Editorial Revista EPM, 2020, p. 112).



**Figura 1.** Construcción de la Biblioteca.

Esta transformación, de un modelo cerrado a uno abierto e inclusivo, ha puesto el conocimiento al alcance de toda la ciudadanía y ha consolidado su papel como un espacio de servicio público de alto impacto.

El 2 de junio de 2005, la Biblioteca EPM nace en la Plaza de Cisneros con una arquitectura simbólica pensada como una pirámide del conocimiento. Su estructura de 10.000 m<sup>2</sup>,

diseñada por el arquitecto Juan Felipe Uribe de Bedout, se basa en la metáfora de que los libros son las columnas que sostienen el conocimiento. Este concepto se tradujo en una organización espacial ascendente, desde lo general hasta lo especializado, lo cual permite al visitante ascender simbólicamente en el conocimiento a medida que recorre la biblioteca (Grupo Editorial Revista EPM, 2020, p. 112).



**Figura 2.** Nuestra biblioteca EPM.

El edificio alberga zonas de lectura, salas de internet, cubículos, auditorios, salas infantiles, una cinemateca, cafetería, espacios para exposiciones y colecciones especializadas en ciencia, industria, tecnología y medio ambiente. Su construcción no solo transformó la plaza, sino que también se convirtió en una declaración del compromiso de EPM con el conocimiento, la cultura y la ciudadanía.

La distribución por niveles responde a esta lógica ascendente del saber:

- **Semisótano:** alberga la Cinemateca, Sala Ciudad, la Sala Infantil, las áreas técnicas, administrativas, cuartos técnicos y el ingreso y salida de la Biblioteca.
- **Primer piso:** incluye Sala de Lectura General, Internet, Audio y Video, la cafetería y algunos

locales comerciales, Galería de Arte, Galería de Arte Digital, y uno de los ingresos a la biblioteca.

- **Segundo piso:** ofrece Salas de Lectura Especializada, colecciones técnicas, Auditorios, Salas de Formación, salas de estudio individual y balcón de estudio.
- **Tercer piso:** concentra la Hemeroteca Especializada, áreas de consulta y espacios de estudio.
- **Terraza:** funciona como un espacio de investigación y reuniones, pensado para el trabajo colaborativo, el estudio en profundidad y la huerta para realizar actividades con la comunidad (Grupo Editorial Revista EPM, 2020, p. 116).



**Figura 3.** Sala de formación especializada.

## Hitos por periodos

Desde su nacimiento en el Parque de las Luces, la Biblioteca EPM ha experimentado una evolución marcada por avances institucionales, logros significativos, consolidación de servicios, fortalecimiento de procesos educativos y reconocimientos nacionales e internacionales

que la posicionan como un referente bibliotecario especializado a nivel mundial. Cada etapa ha dejado huellas clave en su desarrollo, que se ven reflejadas en los hitos más representativos a lo largo del tiempo.

2005

## Apertura de la Biblioteca

2006

Creación del equipo de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva



2007

Creación del espacio "Taller Infantil"



2009

Creación del programa "Eureka Radio"



2010

La Fundación EPM inicia su administración de la Biblioteca EPM



2011

Surge el programa de Promoción de Lectura Premio Ambiental Educación para la Sostenibilidad / proyecto Radial Eureka Evento Una Semana para TIC (USPTIC) Creación del Club de Lectura



2012

Mención Honorífica de la Asociación Colombiana de Comunicación Gráfica Premio de Red de Ideas, Red de Bibliotecas de Medellín Festival Internacional de Cortometrajes de Medellín (FICME)



2013

Nace la Galería Urbana. Nace el Festival de los Libros Nace el Concurso Nacional del Cuento BEPM Semana de la Robótica y la Innovación Creación del Club de Escritura



2015

Creación de la Biblioteca Tacuá en Proyecto Hidroeléctrico Ituango Implementación del programa ALFIN Estrategia educativa en Robótica Creación del espacio PuntoInfo Jornadas del Conocimiento



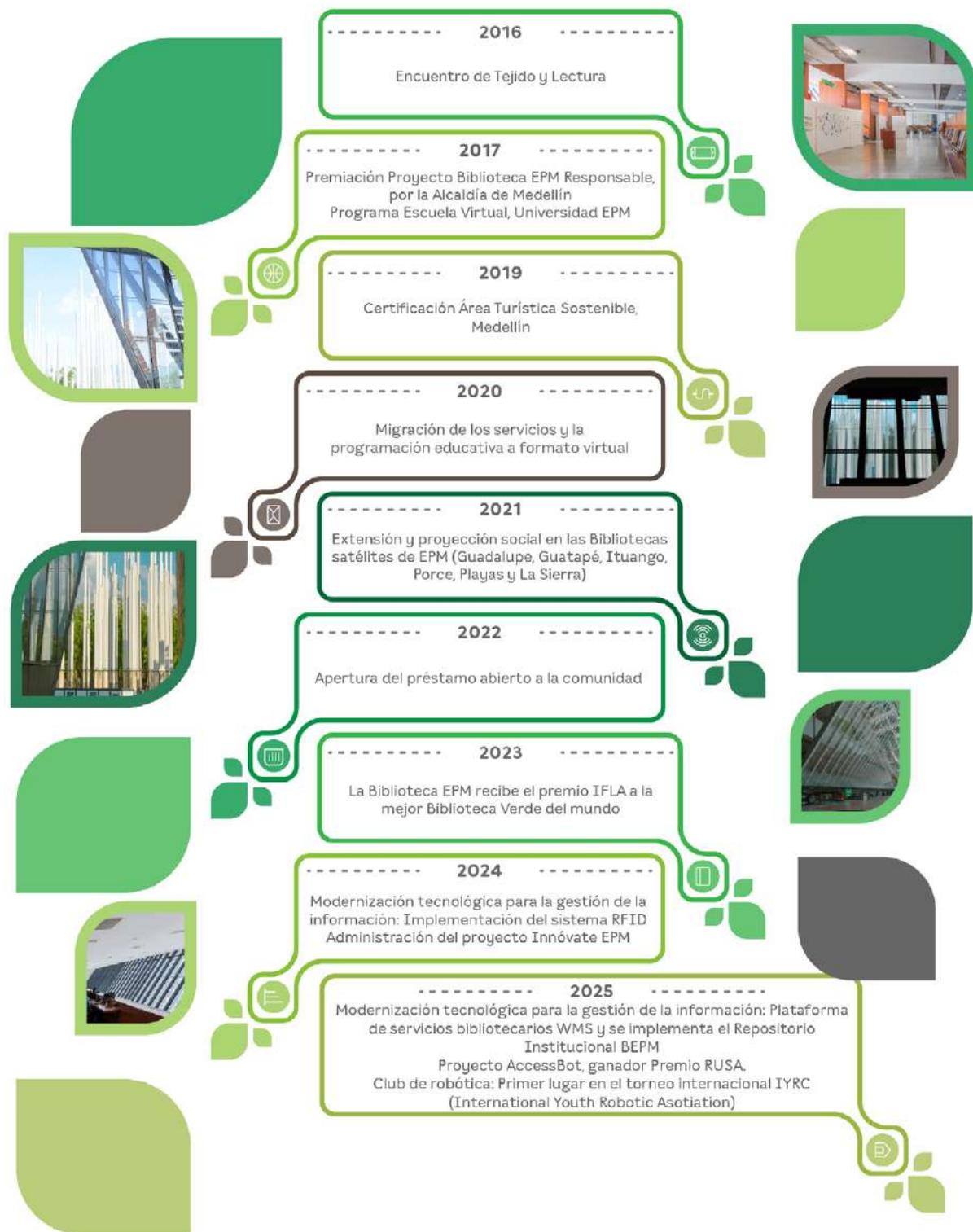


Figura 4. Hitos de la Biblioteca EPM desde sus inicios.

## 2005 – 2010:

En esta primera etapa, tras su inauguración, la Biblioteca fue administrada mediante un convenio interadministrativo por cuatro entidades fundamentales que aportaron su experiencia y capacidades para consolidar el modelo público-especializado:

- 1. Biblioteca Pública Piloto:** contribuyó con su experiencia en la gestión de servicios bibliotecarios públicos, aportando metodologías y lineamientos clave.
- 2. Escuela de Bibliotecología de la Universidad de Antioquia:** aportó conocimiento académico y formación profesional, asegurando una base sólida para la gestión de la información y los procesos técnicos.
- 3. Corporación Interuniversitaria de Servicios (CIS):** estuvo a cargo de la contratación del personal que operó la Biblioteca EPM en sus primeros años, asegurando perfiles adecuados para una atención especializada.
- 4. Empresas Públicas de Medellín (EPM):** proporcionó los recursos financieros y la visión estratégica empresarial que permitieron materializar este proyecto como una iniciativa de alto impacto social. Lo cual permitió que se posicionara rápidamente como un espacio innovador, con servicios gratuitos, modernos y abiertos a toda la ciudadanía. Fue un periodo clave para sentar las bases de su vocación pública y especializada, con la creación de una infraestructura robusta para el acceso a la información, el inicio de programas educativos y el fomento de la lectura como estrategia de inclusión y participación ciudadana.

## 5. La estrategia de vigilancia estratégica

entró en marcha durante el año 2006 para apoyar los procesos de investigación e innovación del Grupo EPM, convirtiéndose en eje fundamental para la toma de decisiones en los nuevos proyectos de la organización y un referente a nivel nacional.

## 2011 – 2015:

Desde 2010, la Fundación EPM asume directamente la administración de la Biblioteca, consolidando su gestión institucional. A partir de entonces, la Biblioteca fortaleció sus procesos internos, implementó planes estratégicos sostenidos y amplió su oferta cultural y educativa. También, consolidó alianzas con entidades académicas y sociales, y abrió nuevas líneas de atención dirigidas a públicos específicos. Con estos avances, logró posicionarse como un espacio confiable para el aprendizaje, la creatividad y el diálogo comunitario.

## 2016 – 2020:

Este periodo estuvo marcado por el fortalecimiento de los procesos de innovación. El Club de Robótica consolidó su papel como una de las principales apuestas para el desarrollo de competencias STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) en niños y jóvenes. La programación digital ganó protagonismo y las modalidades de formación incorporaron nuevos enfoques centrados en la cuarta revolución industrial. En este escenario, la Biblioteca EPM asumió un rol activo dentro del ecosistema de innovación educativa de Medellín.



**Figura 5.** Curso de automatización de huertas.

### **2021:**

El programa de Bibliotecas Viajeras nació como una actividad exclusiva del Grupo EPM apuesta por la proyección territorial y la equidad, amplia su cobertura y lleva colecciones itinerantes, actividades pedagógicas y formación lectora a zonas rurales donde el Grupo EPM tiene

presencia, generando un impacto positivo en comunidades como Guadalupe, Guatapé, Ituango y Playas. A su vez, se fortalecen las bibliotecas satélites, lo que promueve la descentralización de los servicios y garantiza el acceso a la información en zonas de difícil acceso.



**Figura 6.** Actividad educativa en institución educativa Medias Faldas. Zona de influencia Unidad Operaciones Porce III.

## 2022:

En alianza con la Embajada de Dinamarca y la empresa Novo Nordisk, la Biblioteca EPM lanza el concurso nacional *Las cosas posibles en mi futuro sostenible*, una convocatoria dirigida a niños y niñas para que imaginen, mediante piezas creativas, cómo construir un mundo más consciente frente al cambio climático. Esta iniciativa refuerza el compromiso de la Biblioteca con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además, por primera vez se habilita el servicio de préstamo al público en general, facilitando el acceso libre a más de 35.000

recursos de información y promoviendo la apropiación social del conocimiento.

## 2023:

La Biblioteca EPM recibe el premio IFLA a la mejor Biblioteca Verde del mundo, en reconocimiento a su compromiso con la sostenibilidad ambiental, social y económica. Como parte de estas acciones, entra en funcionamiento un sistema de 450 paneles solares que abastecen cerca del 39% de su consumo energético (IFLA, 2023).

## 2024:

La Biblioteca EPM avanza en la modernización tecnológica con la implementación del sistema RFID, que automatiza los procesos de préstamo y seguridad de colecciones. Asume también la administración de Innóvate, un laboratorio de experiencias orientado al desarrollo de ideas en economía circular, transición energética, innovación y descarbonización.

## 2025:

La Biblioteca EPM consolida su modernización tecnológica con la migración de su sistema integrado de gestión bibliotecaria (ILS) OLIB

a la plataforma de servicios bibliotecarios (LS) WMS, tras más de 25 años de uso. Este cambio representa una transformación estructural en los procesos de gestión bibliotecaria, permitiendo mayor eficiencia operativa, trabajo colaborativo en la nube y mejores capacidades de descubrimiento de información. Como parte de esta transición, se implementa CONTENTdm, el primer repositorio institucional de la Biblioteca EPM, plenamente interoperable con el sistema de descubrimiento integrado de WMS, lo que amplía el acceso a recursos digitales y colecciones institucionales.



**Figura 7.** Colecciones de la Biblioteca.

En el ámbito de la innovación, la Biblioteca recibe el premio RUSA por su proyecto AccessBot, una solución de robótica inclusiva diseñada para personas con discapacidad (Meléndez, 2025). Además, el Club de Robótica obtiene el

primer lugar en el torneo internacional IYRC (International Youth Robotic Association), logrando la clasificación a la final mundial en Corea del Sur.

## La Fundación EPM: motor estratégico

Desde 2010, la Fundación EPM ha sido un pilar en el desarrollo, sostenibilidad y consolidación de la Biblioteca EPM. Su liderazgo ha permitido implementar estrategias integrales, fortalecer al equipo humano y establecer alianzas institucionales que han elevado el impacto de la biblioteca, dentro y fuera de la ciudad. Al operar directamente este espacio, la Fundación EPM ha articulado sus acciones con los programas educativos, ambientales y culturales del Grupo

EPM, garantizando su pertinencia y cercanía a la ciudadanía.

Bajo su línea de educación para el desarrollo sostenible, ha impulsado iniciativas como la Escuela Virtual Universidad EPM, el Ecosistema de Experiencias Sostenibles y la estrategia Me llamo Tierra, que han posicionado a la Biblioteca como un actor clave en la agenda educativa del país.

## Más que libros: impacto social y educativo

La Biblioteca EPM se ha consolidado como un ecosistema educativo y cultural que articula espacios, programas y servicios orientados al aprendizaje, la participación ciudadana y la apropiación social del conocimiento. A lo largo de sus 20 años, ha impactado a públicos diversos—niños, jóvenes, adultos, así como comunidades rurales y académicas— mediante la creación de ambientes físicos especializados, el desarrollo de actividades formativas y la implementación de iniciativas que promueven el pensamiento crítico, el acceso a la tecnología, la lectura y la construcción de comunidad. Algunos de estos componentes siguen activos; otros han evolucionado o culminado, pero todos han contribuido a posicionar la Biblioteca como un referente de transformación educativa y cultural.

- **Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica:** servicio especializado para el Grupo EPM, orientado a la toma de decisiones estratégicas, que produce información clave para las unidades de negocio mediante el monitoreo de tendencias, tecnologías emergentes y análisis comparativo de mercados y regulaciones. Esta línea ha contribuido a fortalecer procesos de innovación empresarial.
- **Sala Infantil:** espacio para la estimulación temprana a la lectura, con programas como Universo de Historias, La Hora del Cuento, Desenchufados y Relax Literario, que integran juego, narración oral, arte y escritura creativa.

- **Taller infantil:** es un espacio dedicado a actividades educativas diseñadas especialmente para público infantil y juvenil. En este, se ha promovido el aprendizaje activo y creativo en diversas áreas de Biblioteca, integrando juegos, experimentos,

narración y proyectos artísticos. Estas actividades fomentan la curiosidad, el pensamiento crítico y la expresión cultural, acompañando a los niños y jóvenes en su proceso de apropiación del conocimiento y la lectura.



**Figura 8.** Celebración del día del niño.

- **Cinemateca:** desde sus inicios, en este espacio se han promovido ciclos de cine con enfoque educativo y cultural. El primer crítico de cine que tuvo la Biblioteca para contribuir a su programación fue Orlando Mora, quien diseñó y dirigió ciclos temáticos que acercaron el cine de autor, el documental y el cine nacional e internacional a públicos diversos. También, nacieron proyectos como la Cuarta Pared y el FICME (Festival internacional de Cine de Medellín).
- **Espacios expositivos:** la Biblioteca cuenta con cuatro áreas destinadas a exposiciones artísticas, científicas y tecnológicas. Destaca la exposición permanente de poliedros donada por el matemático Mario Marín, que desde hace más de 18 años promueve el pensamiento lógico y estético en los visitantes.



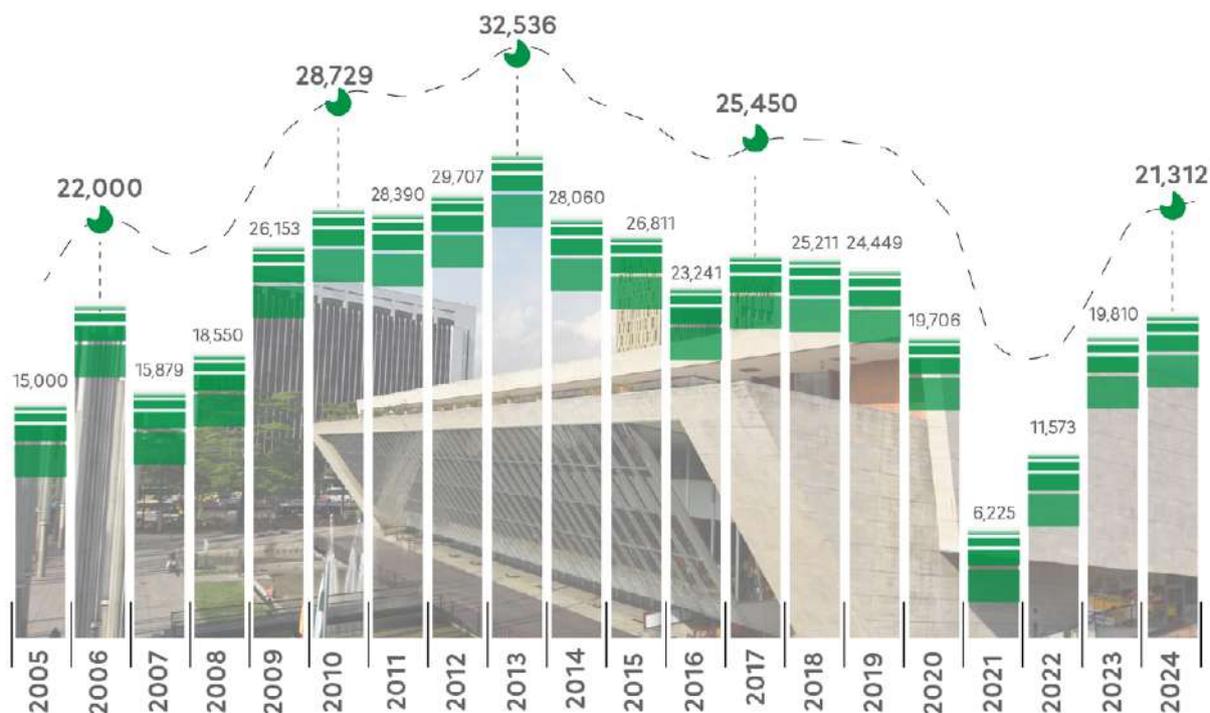
Figura 9. Retreta.

- **Visitas guiadas:** a lo largo de los años, la Biblioteca ha ofrecido recorridos pedagógicos dirigidos a estudiantes, grupos comunitarios, visitantes institucionales y turistas. En su momento, estas visitas incluyeron experiencias, portales educativos que integraban tecnología, aprendizaje y exploración.
- **Gestión y desarrollo de colecciones:** la Biblioteca se ha destacado por la rigurosidad de sus procesos técnicos. Cuenta con un tesoro temático robusto y una estructura documental que permite un tratamiento técnico especializado del conocimiento en sus áreas estratégicas.

A lo largo de estos 20 años, el préstamo de libros impresos ha sido un reflejo de la cercanía de la Biblioteca con sus comunidades. Como se observa en la Figura 11, durante más de una

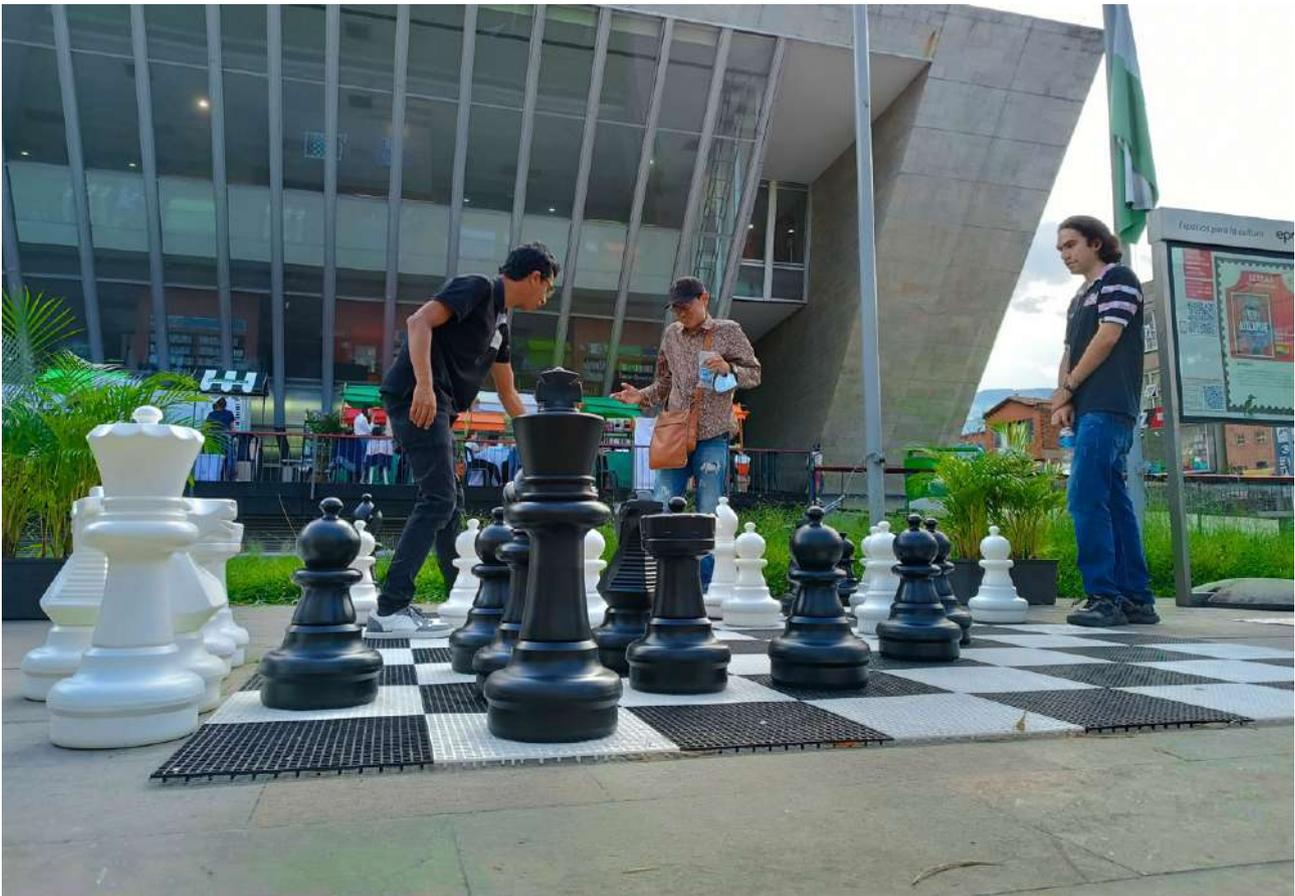
década la circulación de materiales se mantuvo en niveles altos, demostrando un vínculo sólido con la lectura directa con los libros. La llegada de la pandemia trajo consigo una caída drástica en estos registros, pero también impulsó nuevas formas de interacción. En los últimos años, las cifras muestran una recuperación significativa, aunque todavía lejos de los picos históricos, lo que revela cómo la Biblioteca se ha ido adaptando a las nuevas realidades y necesidades, combinando lo mejor de sus colecciones físicas con una creciente oferta digital.

Estos datos no solo cuentan la historia de los libros prestados, sino también la historia viva de una Biblioteca que evoluciona junto a su gente, siempre abierta a transformar sus servicios para seguir siendo un espacio cercano, relevante y vibrante para las comunidades que acompañamos y servimos.



**Figura 10.** Histórico de estadísticas de colecciones.

- Servicios especializados:** la Biblioteca ofrece una gama de servicios diseñados para responder a las necesidades específicas de sus públicos, facilitando el acceso a información actualizada, pertinente y de alto valor. Estos servicios han fortalecido la toma de decisiones informadas, el trabajo investigativo y el desarrollo profesional de sus usuarios. Entre ellos se destacan:
  - Alerta al día:** boletines temáticos con información relevante y actualizada para los usuarios especializados.
  - DSI (Difusión Selectiva de Información):** servicio personalizado que responde a los perfiles de información de usuarios internos y externos.
  - Conmutación bibliográfica:** permite localizar y acceder a documentos no disponibles localmente, fortaleciendo el acceso a publicaciones científicas.
  - ARMY:** fue un programa dirigido al público juvenil que combinó actividades en torno a la cultura pop, el pensamiento crítico y la construcción de comunidad. Aunque ya no está activo, marcó una generación de jóvenes usuarios.
  - Radio Eureka:** iniciativa lanzada en 2009, transmitida todos los jueves a las 2:00 p.m. en Radio Bolivariana (AM). Abordó temas de ciencia, tecnología, medio ambiente e industria, convirtiéndose en un puente entre el conocimiento técnico y la



**Figura 11.** Actividad lúdica en el Parque de las Luces.

ciudadanía. Aunque actualmente no está activa, dejó un legado como canal radial de divulgación científica accesible, así mismo fue reconocido con el segundo puesto del Premio Ambiental Metropolitano, Educación para la Sostenibilidad, en la categoría Organización de la Sociedad Civil durante el año 2011 (Grupo Editorial Revista EPM, 2020, p. 118).

- **Jornadas Académicas:** evento institucional que nació con motivo del décimo aniversario de la Biblioteca. Aunque hoy se ha transformado en el programa BiblioTech, fue un espacio clave de reflexión sobre bibliotecas, educación y sostenibilidad, donde participaron académicos, investigadores y líderes del sector cultural.

- **USPTIC – Una Semana para TIC:** iniciativa orientada a fomentar la apropiación crítica de las tecnologías de la información y la comunicación. Mediante actividades presenciales e híbridas, promovió el aprendizaje digital en distintos públicos. Actualmente, sus aprendizajes y objetivos se integran en el programa BiblioTech.
- **Cátedras EPM:** encuentros de formación y diálogo que ofrecían temáticas estratégicas para el Grupo EPM y la comunidad en general. Actualmente, su enfoque ha sido absorbido por nuevas dinámicas formativas dentro del portafolio educativo de la Biblioteca, integrando contenidos en eventos como BiblioTech o ciclos especializados.

- **Café de Letras:** encuentros literarios que promueven la conversación en torno a libros, autores y temas de interés social y cultural.
- **Teatro de las Sombras:** programa escénico que aprovecha la capacidad instalada de la

Biblioteca y el talento de sus colaboradores para narrar historias que estimulan la imaginación, la sensibilidad artística y la participación familiar.



**Figura 12.** Actividad de promoción de lectura.

- **Festival de los libros:** concebido como una celebración del libro, los lectores y la experiencia de leer, este evento convocaba varios días a públicos diversos alrededor de la palabra escrita. Reunía a las librerías más representativas de la ciudad y ofrecía un espacio para dialogar con escritores del contexto nacional e internacional, ampliando el horizonte del texto hacia el mundo del lector. Hoy, su objetivo se integró al

programa BiblioTech, fortaleciendo así la oferta educativa y cultural de la Biblioteca.

- **BiblioTech:** nacido de la fusión entre las Jornadas Académicas, USPTIC y el Festival de los Libros, es hoy el evento institucional más completo de la Biblioteca EPM. Integra la tecnología, el pensamiento crítico, la creatividad y el libro como detonante de ideas, experiencias y soluciones sostenibles.



Figura 13. Festival de los libros.

- **Robot Zumo:** el programa más reciente dentro del ecosistema de robótica. Se estructura a partir del trabajo formativo en los semilleros de robótica, que se desarrollan durante todo el año. Su producto final es una competencia entre robots diseñados por jóvenes, donde se aplican conocimientos en ingeniería, programación y diseño.
- **Concurso Nacional de Cuento:** en su versión XIII, continúa promoviendo el arte, la cultura y el conocimiento. Es una iniciativa

abierta a la creatividad literaria, que invita a todas las personas con vocación de escritura a construir nuevos mundos y narrativas con sentido.

Ha sido escenario de educación digital, de formación ciudadana, de integración familiar, de acceso a la información y de innovación social. Su impacto se extiende más allá de Medellín, llegando a comunidades rurales, instituciones educativas, empresas y eventos nacionales e internacionales.

## Desafíos, aprendizajes y futuro

Desde su apertura en 2005, la Biblioteca EPM ha enfrentado transformaciones tecnológicas, sociales y educativas que han exigido constante adaptación e innovación. Hoy proyecta su futuro con una mirada estratégica hacia la equidad, la sostenibilidad, la accesibilidad universal y el fortalecimiento de sus capacidades como espacio para el desarrollo humano y la cohesión social.

Estos 20 años han sido un proceso continuo de aprendizaje: adaptación a la era digital, fortalecimiento de servicios inclusivos, innovación pedagógica y sostenibilidad operativa. La Biblioteca EPM ha sabido reinventarse sin perder su esencia: ser un puente entre el conocimiento y la gente.

Con la mirada puesta en el futuro, reafirma su compromiso con el desarrollo humano, la transición ecológica y la equidad educativa. Su desafío es mantenerse relevante en un mundo cambiante, como un ecosistema abierto de aprendizaje, tecnología y cultura.



**Figura 14.** Actividad recreativa en Escuela el Machete en Guadalupe.

## Conclusión conmemorativa

Celebrar los 20 años de la sede en el Parque de las Luces es reconocer el poder transformador del conocimiento. La Biblioteca EPM es un testimonio vivo de cómo la visión empresarial, el compromiso social y el amor por la educación pueden cambiar una ciudad. Que vengan muchos años más para seguir iluminando vidas.

Este recorrido histórico demuestra que las bibliotecas del siglo XXI son mucho más que repositorios de libros: son plataformas vivas

para la transformación social, motores de desarrollo sostenible y espacios donde se construye el futuro de las comunidades. Con su singular combinación de especialización técnica y compromiso social, la Biblioteca EPM sigue escribiendo una historia inspiradora para Medellín y para el mundo bibliotecario global.



Figura 15. Foto del cumpleaños de la Biblioteca.

## Referencias

- IFLA (6 de September de 2023). 8th IFLA Green Library Award 2023 Results. <https://www.ifla.org/news/8th-ifla-green-library-award-2023-results/>
- Grupo editorial Revista EPM. (2020). Biblioteca EPM, una biblioteca con el sello de pública y especializada. Memoria e historia en sus 15 años. Revista EPM (16), 110-153.
- Meléndez, K. (2 de mayo de 2025). Biblioteca EPM recibe premio internacional por innovación educativa inclusiva. Caracol Radio. <https://caracol.com.co/2025/05/02/biblioteca-epm-recibe-premio-internacional-por-innovacion-educativa-inclusiva/>

### Cómo citar este artículo:

Corrales , A. (2025). Biblioteca EPM: 20 años iluminando el conocimiento desde el Parque de las Luces. *Revista EPM*, (25), 22-41



# Rejilla coanda en captaciones de fondo

## Coanda screen in tyrolean type intakes

**Andrés Camilo  
Cardona Zapata**

Unidad de Desarrollo de  
Intervenciones de Inversión, EPM

[andres.camilo.cardona@epm.com.co](mailto:andres.camilo.cardona@epm.com.co)

### Resumen

La estimación de las cantidades de agua extraída y sedimento filtrado es importante para obtener la máxima eficiencia de una estructura de toma. El propósito de este estudio es verificar el porcentaje de obstrucción para tomas de tipo Coanda, en captaciones de fondo para dos casos de estudio. Las ecuaciones utilizadas para la comprobación son las consignadas en Design Guidance for

coanda – effect screens. U.S. Department of The Interior Bureau of Reclamation. Las tomas se probaron en dos tipos de configuraciones (coanda box y modulares). El programa Flow 3D y las mediciones tomadas a partir de macromedidores instalados inmediatamente aguas abajo de cada bocatomas son utilizados para calibrar y validar el modelo computacional.

#### Palabras clave:

Captación de fondo, Efecto Coanda, Obstrucción, Calibración.

#### Keywords:

Tyrolean intake, Coanda effect, Obstruction, Calibration.

## Introducción

En los proyectos relacionados con recursos hídricos, hay una creciente demanda de sistemas de cribado para eliminar y recuperar residuos finos y pequeños organismos acuáticos. Esto plantea desafíos importantes para las tecnologías de cribado convencionales. A medida que se reduce el tamaño de los materiales que se desean filtrar, por lo general es necesario disminuir las aberturas de la criba y aumentar su superficie para lograr un flujo adecuado de agua. En la mayoría de los casos, el esfuerzo de mantenimiento requerido para mantener las cribas libres de obstrucciones aumenta considerablemente cuando se filtran materiales más pequeños, incluso si se mantienen bajas las velocidades del flujo. Un tipo de criba que ofrece la posibilidad de filtrar materiales finos de manera eficiente, con mínimas obstrucciones y un bajo mantenimiento, es la criba de efecto Coanda,

también conocida como criba o rejilla inclinada estática. Este tipo de rejilla autolimpiante, sin partes móviles, ha demostrado su eficacia para excluir desechos y peces en diversos sitios prototipo. Por lo general, se instala en la cara aguas abajo de un vertedero de desbordamiento. Se han reportado capacidades de cribado de 90 a 140 l/s por metro de longitud de vertedero.

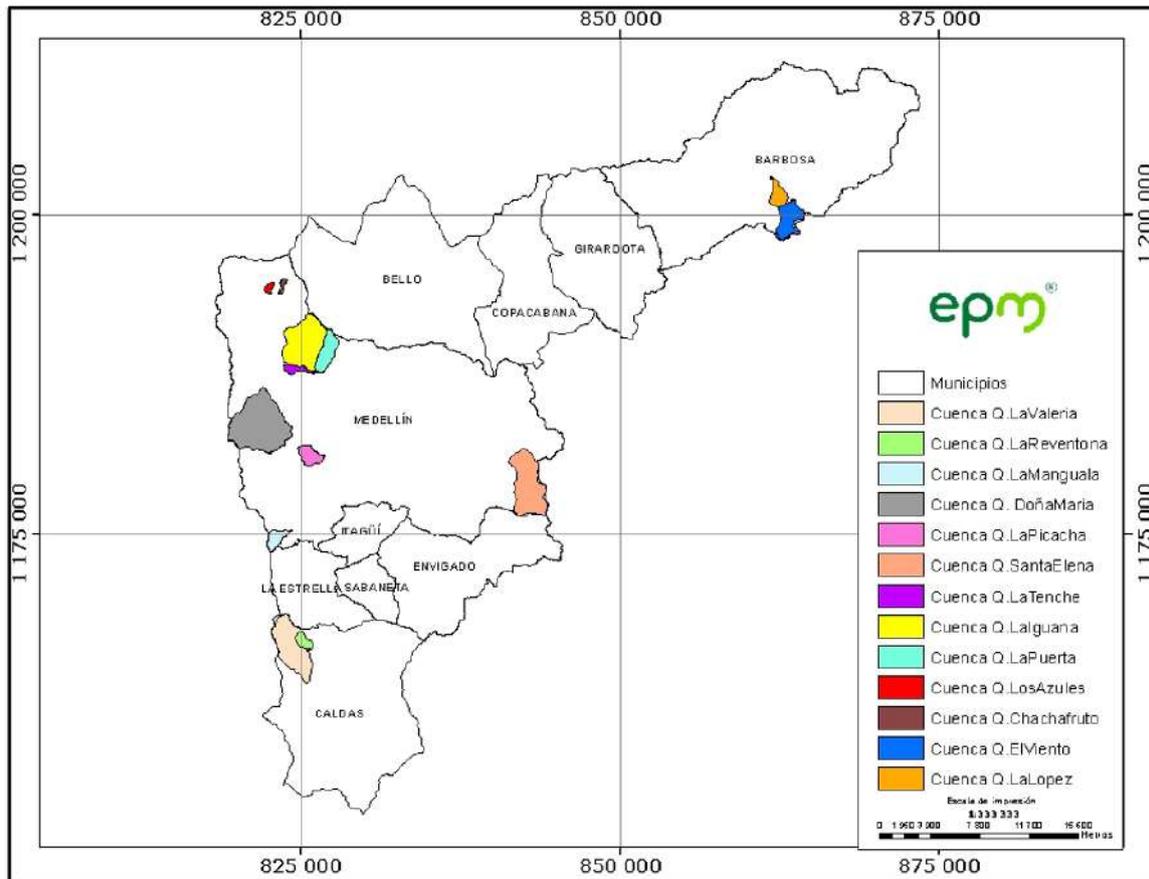
Este informe de investigación presenta los resultados generados en el software FLOW 3D a partir de la calibración de los valores tomados del macromedidor para dos bocatomas específicamente, bocatoma La Valeria y La Reventona, ubicadas en el municipio de Caldas, dentro del departamento de Antioquia, utilizando dos tipos de rejilla coanda (coanda box y modular) en aperturas de rejilla, 0.5 mm y 1 mm.



## Antecedentes del proyecto

La captación de agua cruda en fuentes menores ha proporcionado el abastecimiento en zonas donde no se encuentra el sistema

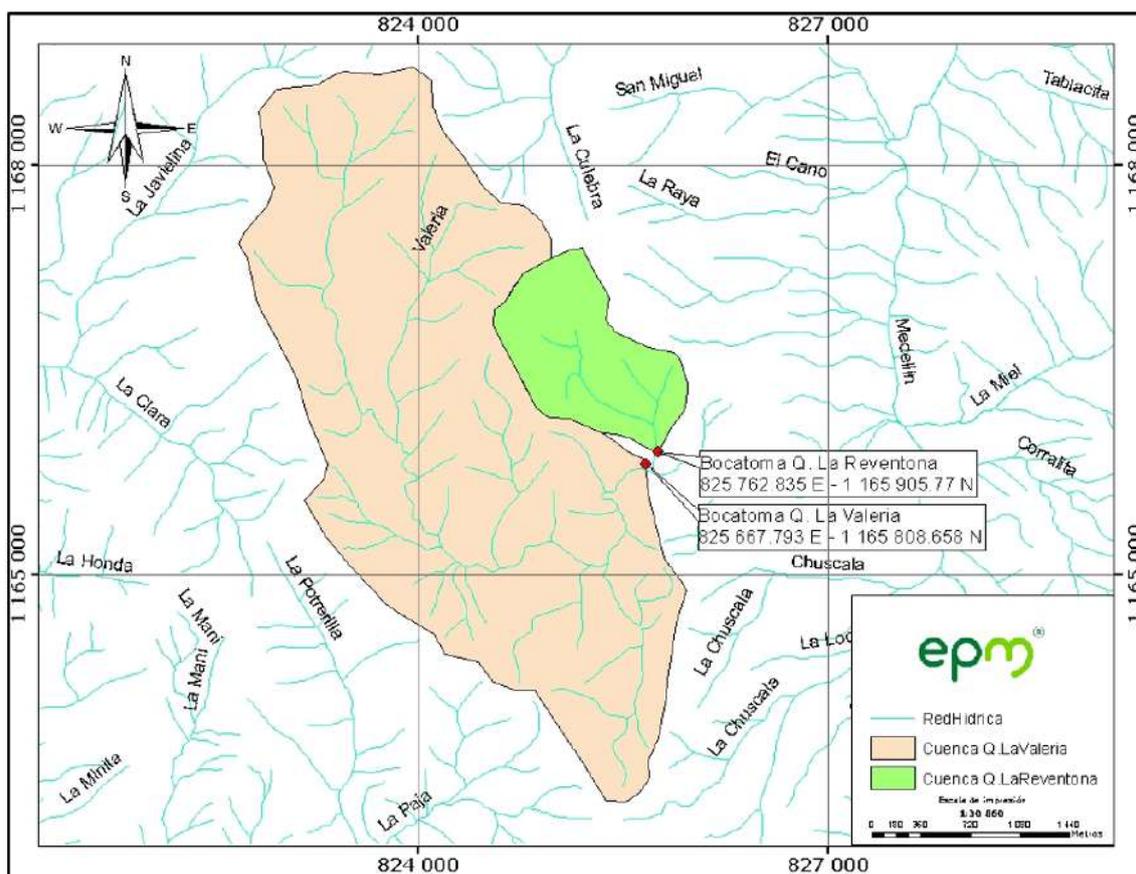
interconectado de abastecimiento por embalses. Las fuentes menores se encuentran localizadas en toda el área metropolitana.



**Figura 1.** Localización general de las cuencas abastecedoras de fuentes menores (EPM, 2021).

La Planta de Potabilización de agua Potable (PTAP) de Caldas trata agua cruda proveniente de dos cuerpos de La quebrada La Valeria y

La Reventona ubicadas al noroccidente del municipio.



**Figura 1.** Localización de la quebrada La Valeria y La Reventona al punto de interés.

Determinar los parámetros morfométricos de una cuenca hídrica es crucial para comprender su comportamiento hidrológico y gestionar de manera eficiente los recursos hídricos. Estos parámetros, como el área de la cuenca, el perímetro, la forma, la pendiente y la longitud de los ríos, permiten evaluar el tiempo de concentración, el caudal de escorrentía y la respuesta ante eventos de lluvia. Además, ayudan a identificar zonas de riesgo de

inundación, a optimizar la planificación de infraestructuras hidráulicas, y a predecir los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico. Conocer estos parámetros facilita la toma de decisiones informadas sobre el uso del suelo, la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente, contribuyendo a un manejo sostenible de las cuencas hidrográficas.

No	Bocatoma	Área de Cuenca (km <sup>2</sup> )	Longitud canal principal (m)	Cota máxima de la cuenca (msnm)	Cota de nacimiento (msnm)	Cota de salida (msnm)	SLP* (%)	Ancho promedio de la cuenca (m)	Longitud de la cuenca (m)	Pendiente promedio de la cuenca (%)
1	La Valeria	8.86	6541	2600	2575	1847	11.13%	1845	6672	11.29%
2	La Reventona	1.18	1380	2350	2150	1849	21.81%	831	1810	27.68%

**Tabla 1.** Parámetros morfométricos de la cuenca.

Adicionalmente, es importante conocer las dimensiones de la infraestructura existente (captación y aducción) para determinar

y optimizar los costos de instalación de infraestructura nueva sobre la captación y determinar rangos de operación.

Resumen	Reja		Conducción		Cota		Material	Caudal máximo infraestructura (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad (m/s)	Pérdidas (m)
	Bocatoma	Longitud	Ancho	Longitud	Diámetro	Reja				
La Valeria	8	0.6	18.584	0.9	1827.17	1826.86	Concreto	1170	1.84	0.096
La Reventona	0.872	0.406	6.7	0.2	1833.445	1832.935	Acero	74.73	2.38	0.152

**Tabla 2.** Dimensiones rejilla y aducción, caudal máximo de infraestructura.

No	Bocatoma	Caudales mínimos (l/s)	Caudal concesionado (l/s)	Caudal máximo (l/s)
1	La Valeria	37.58	114.8	1170.26
2	La Reventona	4.87	10.32	74.73

**Tabla 3.** Rango de caudales.

## Rejilla tipo coanda

La malla o criba tipo coanda es una rejilla autolimpiante que se usa como separador de sólidos. La forma de rejilla provee al líquido un efecto llamado efecto *Coanda*, que se refiere a la tendencia de un fluido a pegarse a una superficie sólida lo cual hace autolimpiante y muy eficiente el separar sólidos. Además de esta rejilla, se tiene una placa de aceleración previo a la rejilla coanda, la cual es en acero inoxidable.

El flujo atraviesa la pantalla mediante la combinación de dos mecanismos. Primero, los alambres inclinados cortan capas finas del flujo en el fondo de la columna de agua y las dirigen hacia la pantalla. En segundo lugar, la presión del agua contra la pantalla obliga al flujo a pasar a través de las ranuras, actuando como simples orificios. Ambos procesos ocurren simultáneamente en diferentes grados, dependiendo de las propiedades de la superficie de la pantalla y las características del flujo. La acción de corte está mayormente

vinculada al ángulo de inclinación del alambre y la velocidad del flujo a través de la pantalla.

A medida que la velocidad aumenta, la acción de corte se vuelve más predominante. Por otro lado, el comportamiento de los orificios depende principalmente de la porosidad o el porcentaje de área abierta de la pantalla (es decir, el ancho de la ranura en relación con el grosor del alambre), así como de la presión contra la superficie de la pantalla, que es proporcional a la profundidad del flujo. En el caso de pantallas curvas, la presión también se incrementa debido a la fuerza radial que actúa sobre el flujo, obligándolo a seguir la superficie curva (si se trata de una pantalla cóncava).

Esta fuerza radial está relacionada con la profundidad del flujo, el cuadrado de la velocidad del flujo y el grado de curvatura. Existen otros factores que también afectan en menor medida la capacidad de la pantalla, como los efectos del número de Reynolds. Los parámetros

adimensionales claves que describen la influencia relativa de los componentes de corte y orificio son las relaciones  $F2/(2+F2)$  y  $2/(2+F2)$ , respectivamente, donde  $F$  representa el número de Froude del flujo. Es útil tener presente el concepto de que el flujo a través de la pantalla se compone de dos partes: un componente de corte y un componente de flujo de orificio. A medida que analizamos la influencia de diferentes parámetros de diseño, este concepto se ilustrará de manera continua y ayudará a explicar cómo varía la sensibilidad de la capacidad de la pantalla frente a diferentes parámetros de diseño, conforme cambian las condiciones del flujo.

La carga hidráulica en la cresta se puede estimar utilizando la ecuación del vertedero,  $Q=CLH^{1,5}$ , donde  $Q$  es el caudal de entrada,  $C$  es el coeficiente de descarga,  $L$  es la longitud de la cresta y  $H$  es la altura sobre la cresta del vertedero.

La propuesta consiste en controlar el agua que se capta de las fuentes por medio de un medidor que contabilizará el caudal que está siendo captado en todo momento y con una válvula que se abrirá a determinadas horas del día al 100% e inmediatamente se regulará de tal manera que se garantice primero el 25% del caudal que se debe quedar en la fuente,

y segundo que no se exceda el volumen concesionado. Tanto la válvula como el medidor estarán instalados en la tubería que conduce el agua cruda de la bocatoma al desarenador.

Varios parámetros de diseño influyen en la capacidad de una estructura de pantalla de efecto Coanda. Algunos de estos parámetros están principalmente relacionados con la estructura de la pantalla:

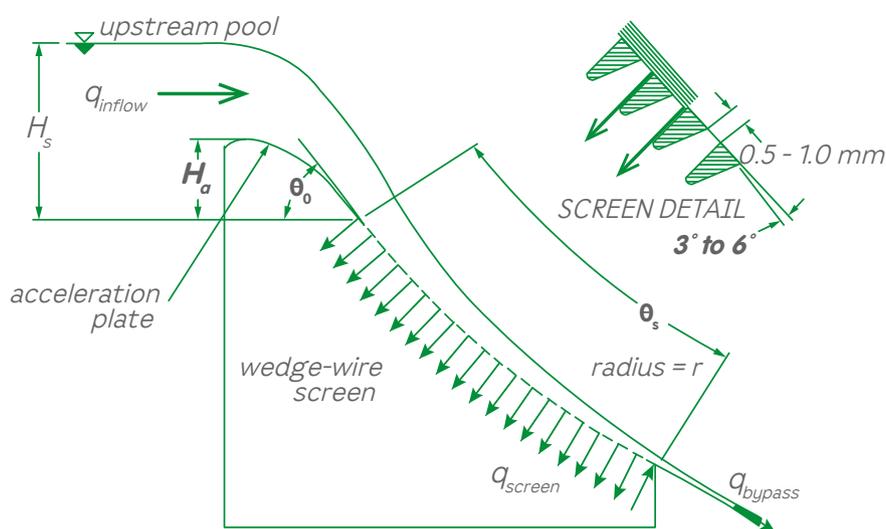
- La altura de caída desde arriba hasta el inicio de la pantalla (o desde la cresta del vertedero aguas arriba hasta el comienzo de la pantalla).
- La pendiente de la pantalla.
- La curvatura (radio del arco) de la pantalla.
- La longitud de la pantalla.

Otros parámetros se refieren a las propiedades del material de la pantalla:

- El ancho de la ranura.
- El grosor del alambre.
- El ángulo de inclinación del alambre.

Finalmente, las condiciones hidráulicas de operación impactan el flujo a través de la pantalla:

- El flujo de derivación.
- La contrapresión debajo de la superficie de la pantalla.
- La profundidad del agua en la cola contra la pantalla.



**Figura 3.** Configuración y parámetros de diseño para una pantalla con efecto Coanda (Wahl, T., 2003).

## Diagnóstico

La concesión de agua superficial otorgada por la Autoridad Ambiental CORANTIOQUIA para la captación de agua cruda proveniente de la quebrada La Valeria y La Reventona de 114.8 l/s y 10.32 l/s, respectivamente, fueron otorgadas bajo la Resolución 130AS-14118808 del 26 de noviembre de 2014, donde se establece como requisito que:

Por normatividad, el Decreto 1076 de 2015, en su artículo 2.2.3.2.8.5. Obras de captación, establece que “en todo caso las obras de captación de aguas deberán estar provistas de los elementos de control necesarios que permitan conocer en cualquier momento la

cantidad de agua derivada por la bocatoma, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 121 del Decreto-ley 2811 de 1974.”

Adicionalmente, la necesidad que se tiene desde el negocio de instalar las Rejillas Coanda en las bocatomas Valeria y Reventona de Caldas, la Autoridad Ambiental solicita a EPM adelantar las acciones necesarias para la correcta operación de los sistemas de lodos de las plantas Caldas y Manantiales, y para lo cual se tiene identificado que se puede instalar la malla Coanda como acción para atender este requerimiento.



**Figura 4.** Condiciones existentes bocatoma quebrada La Reventona.



Figura 5. Sitio de captación existente, bocatoma quebrada La Reventona.

En la siguiente figura se presenta el esquema general o configuración para la instalación de una coanda box.

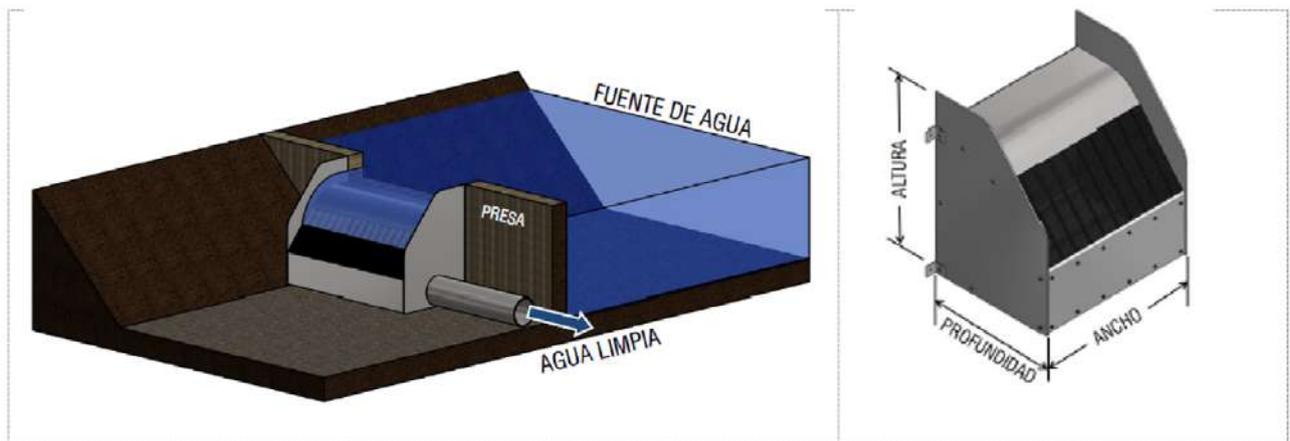


Figura 6. Esquema captación de fondo.

Un dimensionamiento tipificado es la **coanda box** que es una versión de la malla que tiene la caja de recolección metálica a fin de evitar

la construcción de la obra civil y facilidad de montaje. Estas se usan para caudales menores, en proyectos desde 2 lt/s a 90 lt/s.



**Figura 7.** Condiciones existentes bocatoma quebrada La Valeria.



**Figura 8.** Sitio de captación existente, bocatoma quebrada La Valeria.



**Figura 9.** Desarrollo malla Johnson en coanda box o modular.

## Desarrollo de la solución

Para el desarrollo del modelo computacional se presentan las siguientes características físicas para el montaje sobre la bocatoma de la quebrada La Reventona:

Rejilla tipo coanda, rango de longitud entre 0 - 2 metros en acero inoxidable. incluye coanda box en acero inoxidable, vigas y marcos de soporte, sujetadores o mecanismo de fijación, anclajes al concreto o epóxicos y reja protectora en hierro forjado,

Ancho de ranura: 0,3 mm

Ancho de la malla: 0,9 metros

Desarrollo del lado curvo: 0,54 metros

Pletinas en los extremos en acero inoxidable AISI 304, incluye placa de aceleración en acero inoxidable 304 de 3/16 de pulgada (espesor).

## Detalle de malla Johnson (S:E)

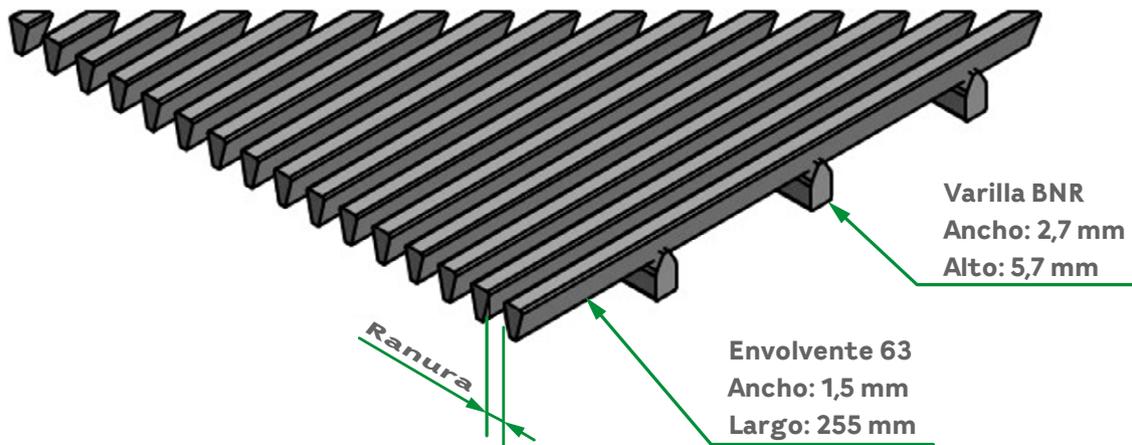


Figura 10. Dimensionamiento Malla Johnson.

Se realiza el cálculo de la separación de rejilla necesaria para calcular el caudal total, longitud de malla húmeda y rendimiento de

mallas planas, cálculo del coeficiente de malla, en nuestro caso teniendo en cuenta una obstrucción de la rejilla de un 30%.

## Simulación La Reventona

### Ranura 0.3 mm (Caudal concesionado 13 l/s, Caudal Diseño 24 l/s; 13\*1,25\*1,5)

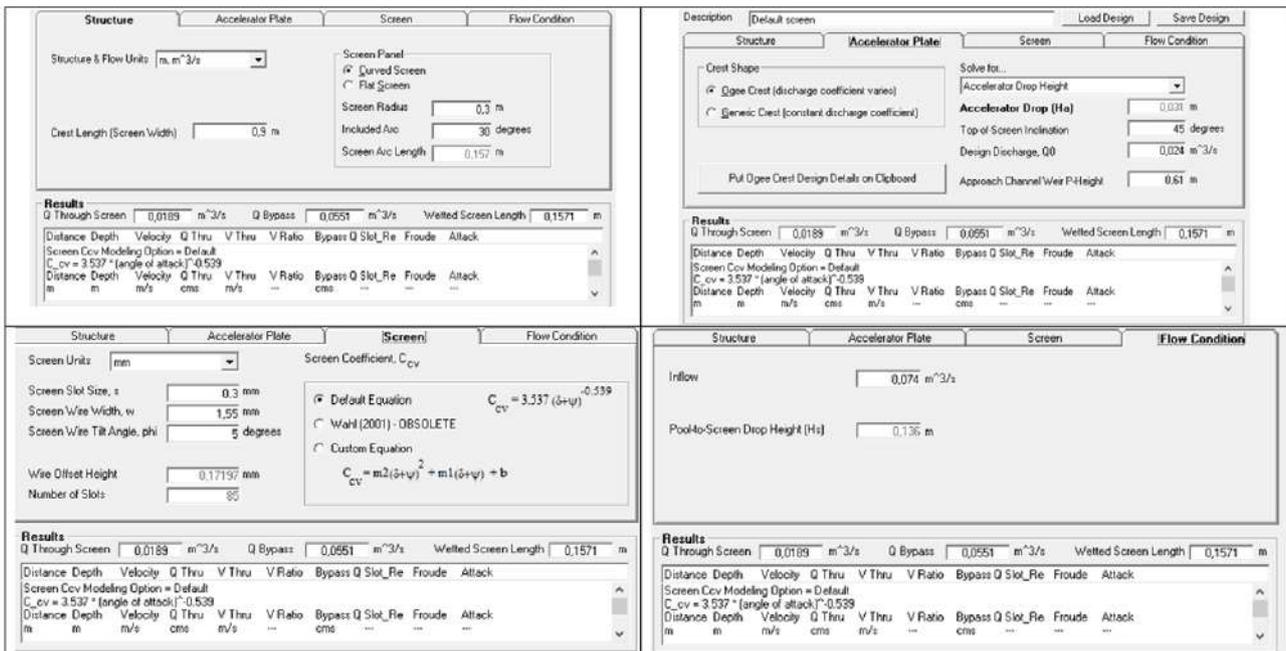


Figura 11. Resultados coanda box en la bocatoma de la quebrada La Reventona.

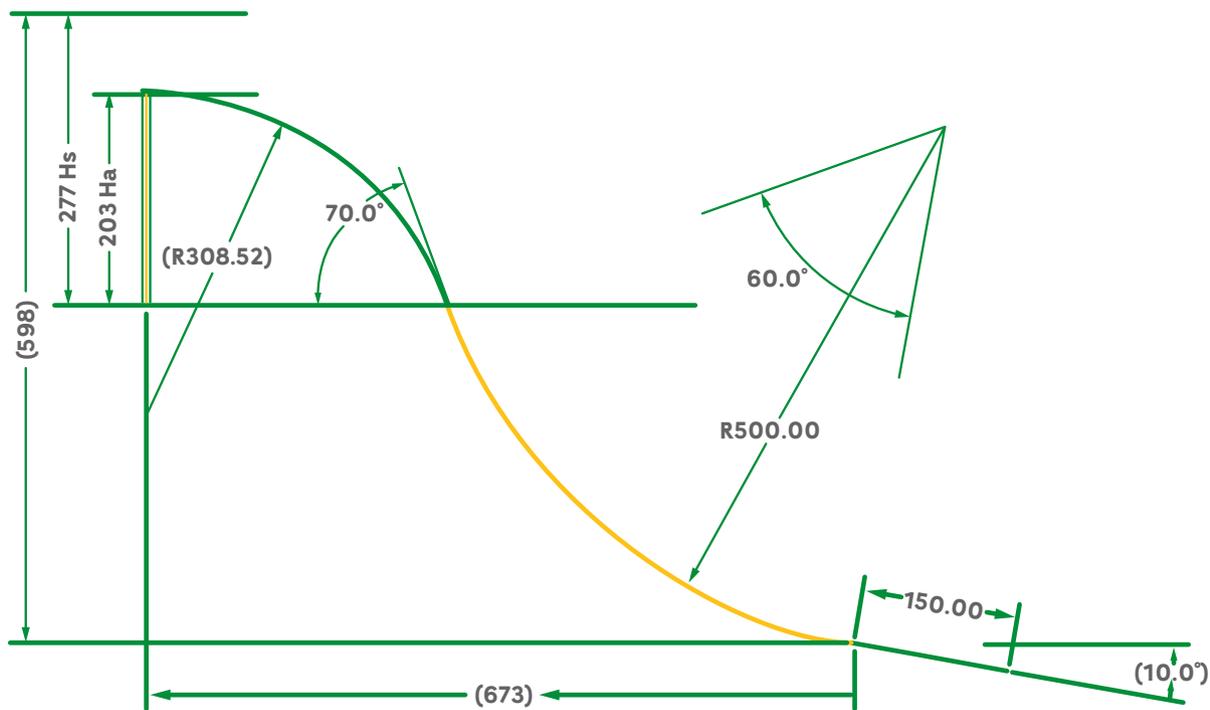


Figura 12. Perfil de desarrollo placa de aceleración y malla Johnson.

Este perfil muestra, en el borde delantero de cada alambre de la pantalla:

- La distancia que recorre el flujo a través de la pantalla (Distancia),
- La profundidad del flujo (Profundidad),
- La velocidad del flujo (Velocidad),
- El caudal acumulado que ha pasado a través de la pantalla (Q Thru), y
- El caudal restante por encima de la pantalla (Bypass Q).

Bocatoma	Qmin (Lt/sg)	Qcon (Lt/sg)	Qcon + 20% (Lt/sg)	Dimensiones (m)	Ranura (mm)
La Reventona	4,87	10,32	12,38	0,9 x 0,8	0,3
La Valeria	37,58	114,8	137,76	5,70 x 1,10	0,5

Figura 12. Perfil de desarrollo placa de aceleración y malla Johnson.

## Flow 3D

FLOW-3D es un software de simulación computacional basado en la dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés) que permite modelar el comportamiento de fluidos en una amplia gama de aplicaciones industriales y ambientales. Su principal ventaja radica en su capacidad para simular flujos complejos en tres dimensiones, integrando física avanzada como la transferencia de calor, la interacción fluido-estructura, y el modelado de partículas y burbujas, entre otros fenómenos.

Este software es ampliamente utilizado en sectores como la ingeniería hidráulica, la automoción, la aeroespacial, la microfluidística, y la manufactura, ofreciendo herramientas para predecir el comportamiento de los flujos en situaciones de diseño y operación. Gracias a su interfaz intuitiva y a la potencia de sus algoritmos, FLOW-3D facilita la optimización de procesos, la mejora de productos y la evaluación de riesgos, todo ello a través de simulaciones precisas y eficientes.

El software se distingue por su capacidad para abordar flujos multifásicos, como los que involucran líquidos y gases, así como flujos con interfaces libres, como el agua y el aire. Esto lo convierte en una herramienta invaluable para los ingenieros y diseñadores que requieren soluciones precisas en la simulación de sistemas hidráulicos, térmicos y mecánicos. Con su uso, se pueden realizar predicciones detalladas sobre la distribución del flujo, la presión, la velocidad y otros parámetros clave, lo que contribuye a mejorar el diseño, la seguridad y la eficiencia de los proyectos.

Con el uso del software AutoCAD Civil se construye un sólido incluyendo placa de aceleración, malla Jhonson y placa de descarga, con un ancho de 1.5 cm, para simplificar el programa, posteriormente se ingresa este sólido en formato .stl dentro del software FLOW 3D Hydro, mallando a una precisión de 1 mm para un total de 7 millones de volúmenes en mallado estructural.

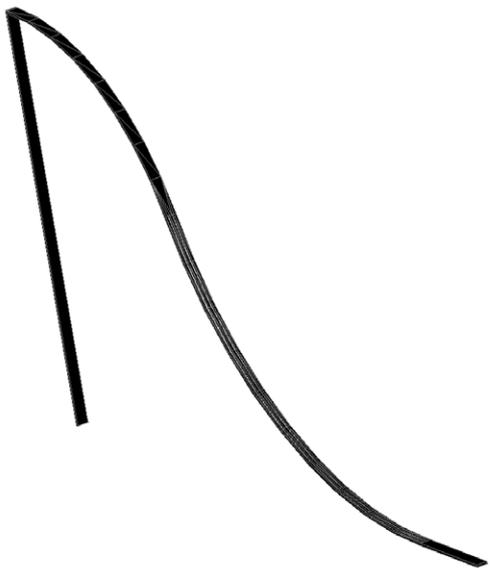


Figura 13. Sólido construido en AutoCAD Civil.

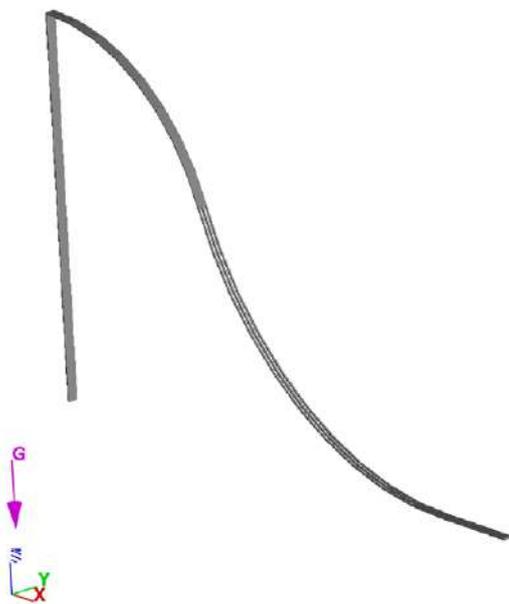
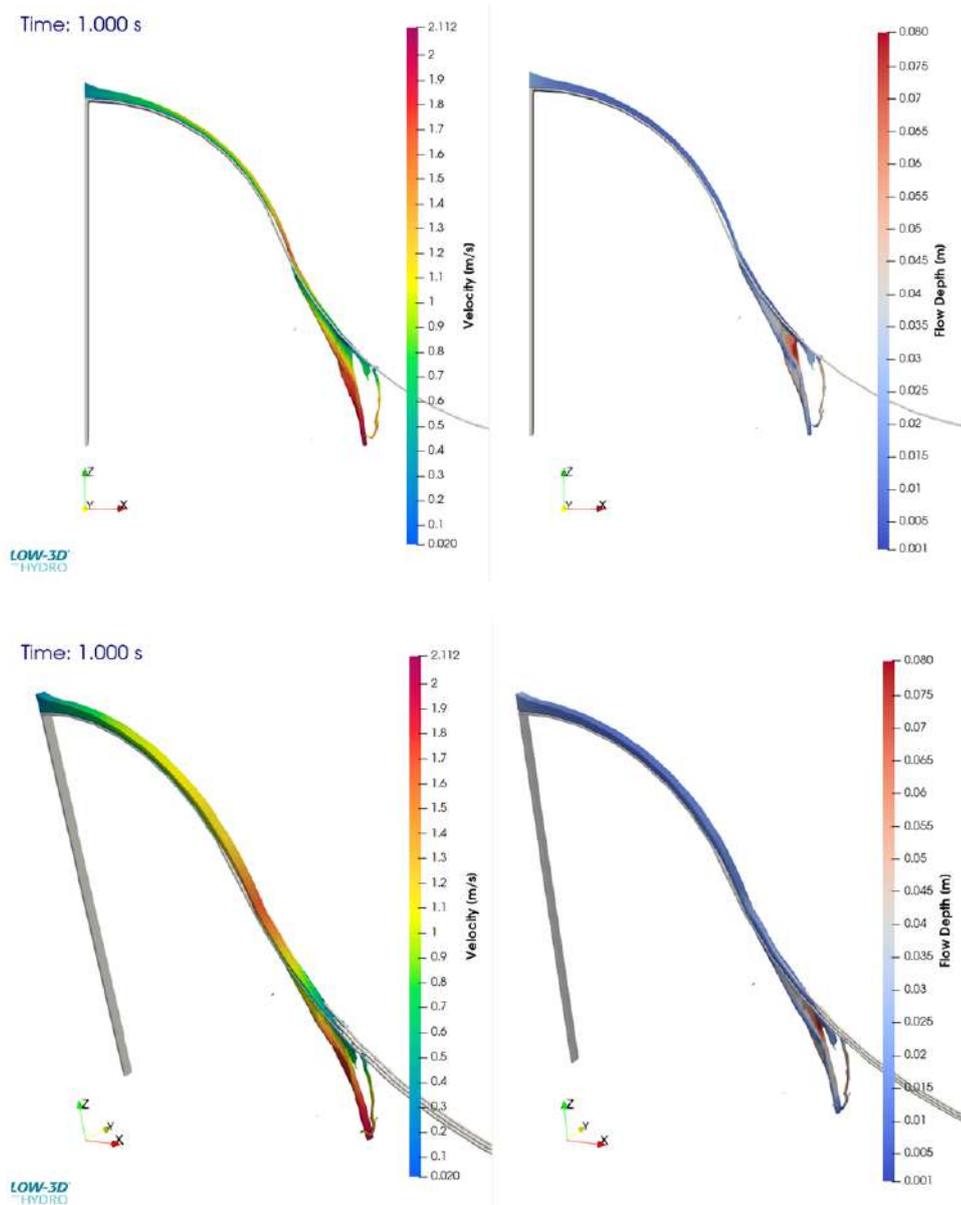


Figura 14. Sólido ingresado en Flow 3D Hydro.

Flow 3D Hydro permite simular el comportamiento del agua y la solución de las ecuaciones de Navier - Stokes (Toro Botero, 1998), a partir de la adopción de geometría, rugosidad, condiciones de contorno e ingreso de flujo por medio de caudal o cota del agua.

En la simulación presentada se incluyó un coeficiente de rugosidad de 0.009 (Chow, V. T., 1994, French, R. H., 1988), condiciones de frontera en X mínimo con la cota de agua calculada para el tirante crítico, X máximo y Z mínimo, salidas de flujo "Pressure", finalmente, Y mínimo y Y máximo tipo muro o "Wall".



**Figura 15.** Resultados profundidad y velocidad del flujo Flow 3D Post.

## Calibración y validación

La calibración de un modelo computacional con datos de campo es un paso esencial para garantizar la precisión y la fiabilidad de las simulaciones realizadas. Los modelos computacionales, están sujetos a ciertas simplificaciones y suposiciones inherentes a los algoritmos utilizados, lo que puede generar

desviaciones respecto a la realidad. Es por ello que la calibración, que consiste en ajustar los parámetros del modelo para que los resultados de la simulación coincidan lo más posible con los datos observados en el terreno, se vuelve crucial para validar las predicciones del modelo.

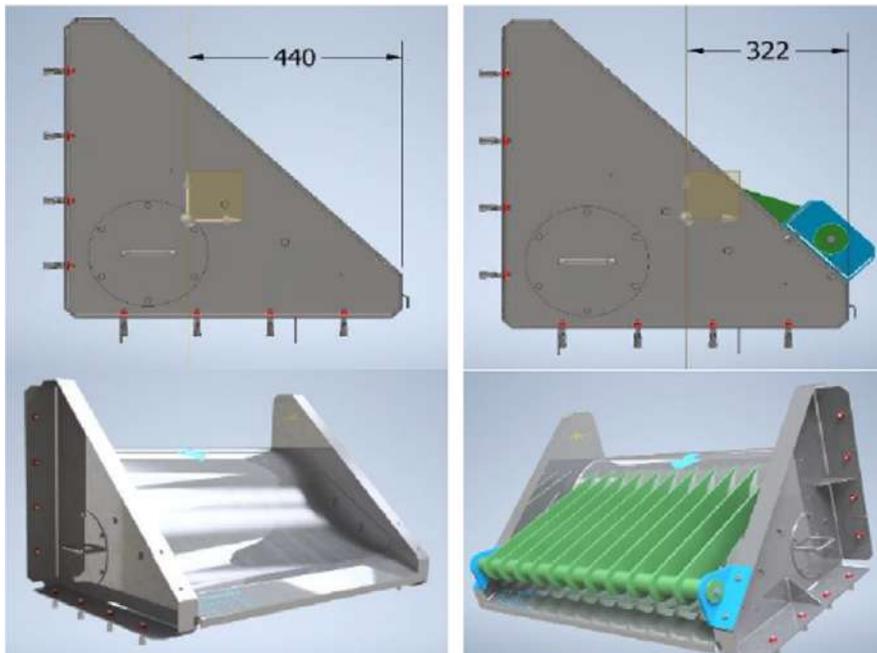


Figura 16. Sólido Modelo BIM.



Figura 17. Instalación coanda box Bocatoma quebrada La Reventona.



**Figura 18.** Instalación 3 módulos de 1.90 m de largo para la Bocatoma quebrada La Valeria.

## Conclusiones

- Construcción de una rejilla tipo COANDA para reemplazar la rejilla de captación existente, con el fin de mejorar el ingreso del caudal concesionado y evitar captar sedimentos en suspensión, y, por lo tanto, optimizando los procesos de potabilización.
- Se define una apertura de 0.3 mm y 0.5 mm en la malla Johnson para las bocatomas sobre las quebradas la Reventona y La Valeria, ubicadas en el municipio de Caldas, para suplir el caudal concesionado a captar respetando en todo momento el caudal ambiental de la cuenca.
- Se construye un sólido y modelo computacional en tres dimensiones para resolver las ecuaciones de Navier Stokes, a partir del uso del software FLOW 3D Hyro y FLOW 3D.

## Referencias

- Chow, V. T. (1994). Hidráulica de canales abiertos. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
- French, R. H. (1988). Hidráulica de canales abiertos (Primera ed.). México D.F., México: McGraw-Hill.
- Toro Botero, F. (1998). Ecuaciones de Navier-Stokes y una solución numérica para flujos a superficie libre
- Walh, T. L. (2003) Design guidance for coanda – effect screens. u.s. departmente of the interior bureau of reclamation (R-03-03) [Microsoft Word - tony.doc](#)

### Cómo citar este artículo:

Cardona, A. (2025). Rejilla coanda en captaciones de fondo. **Revista EPM**, (25), 42-59.



# Fondos de Capital Privado como Catalizadores de la Innovación en Servicios Públicos: El Caso Programa Ventures EPM en el Ecosistema de Innovación Antioqueño

Private Equity Funds as Innovation Catalysts in Public Utilities: The Case of Ventures EPM Program in the Antioquia Innovation Ecosystem

**Enrique  
Villa Pérez**

Dirección Corporativa de  
Innovación y Negocios  
Emergentes, EPM

[enrique.villa@epm.com.co](mailto:enrique.villa@epm.com.co)

## Resumen

El presente artículo analiza el papel transformador de los fondos de capital privado corporativo en la modernización de servicios públicos, examinando específicamente el programa Ventures EPM dentro del ecosistema de innovación antioqueño. Mediante metodología documental cualitativa, se estudió la evolución estratégica, mecanismos de inversión y resultados del programa durante el período 2013-2024. Los hallazgos revelan que Ventures EPM ha evolucionado desde un enfoque general hacia una estrategia focalizada en transformación energética, ciudades

inteligentes y economía circular, facilitando no solo capital financiero sino también acceso al mercado y conocimiento técnico especializado. La investigación concluye que los fondos de capital privado corporativo pueden desempeñar un papel crucial en la modernización de servicios públicos cuando existe alineamiento estratégico, gestión especializada y un ecosistema regional propicio, estableciendo un modelo replicable para otras empresas del sector en economías emergentes.

## Palabras clave:

Fondos de capital privado, Innovación abierta, Cultura organizacional, Ecosistema antioqueño, Ventures EPM, Transformación digital, Inversión estratégica, Colaboración público-privada, Gestión de innovación, Cuarta revolución industrial.

## Keywords:

Private equity funds, Open innovation, Organizational culture, Antioquia ecosystem, Ventures EPM, Digital transformation, Strategic investment, Public-private collaboration, Innovation management, Fourth industrial revolution.

## Clasificación JEL:

G24, O31, L32, L97, L98.

## 1. Introducción

El sector de servicios públicos experimenta presiones crecientes por innovar, impulsadas por avances tecnológicos, evolución en la manufactura y comercialización de nuevos productos, así como por demandas ciudadanas cada vez más exigentes respecto a eficiencia, sostenibilidad y calidad del servicio. Esta dinámica transformacional ha posicionado a los fondos de capital privado como instrumentos potencialmente fundamentales, no únicamente para la inyección de recursos financieros, sino también para ampliar el acceso a competencias empresariales especializadas, mitigar la exposición al riesgo operativo e impulsar la expansión económica de manera sostenible (Ocampo y Torres, 2021).

La gestión pública tradicional, frecuentemente enfocada en resultados operativos inmediatos y procedimientos burocráticos establecidos, ha evidenciado limitaciones significativas en la diseminación ágil de prácticas innovadoras y en la consolidación de colaboraciones estratégicas efectivas con entidades del sector privado (Cuevas y Cortés, 2020). Esta situación genera una interrogante fundamental para la academia y la práctica profesional: cómo los fondos de capital privado, al ser canalizados hacia compañías de servicios públicos de ámbito local, pueden producir un impacto sistémico que permita la capitalización de oportunidades emergentes y el desarrollo de modelos innovadores de creación de valor.

La tensión inherente entre la naturaleza de bien público de los servicios esenciales y la lógica de rentabilidad que orienta a los fondos de capital privado constituye un elemento central de análisis. Los servicios públicos se caracterizan por su misión de garantizar acceso universal, calidad y confiabilidad bajo marcos regulatorios estrictos, mientras que los fondos de capital privado buscan retornos financieros para sus inversionistas mediante gestión orientada a

la eficiencia, el crecimiento y la asunción de riesgos calculados. El programa Ventures EPM, una iniciativa de capital de riesgo corporativo de Empresas Públicas de Medellín, encarna esta dualidad y ofrece un caso de estudio relevante para explorar cómo estas lógicas pueden converger constructivamente.

Históricamente, desde mediados del siglo XX, los fondos de capital privado se han consolidado como mecanismos cruciales para la financiación de iniciativas empresariales en industrias con considerable potencial de repercusión económica y social. Su contribución ha sido particularmente notable en el establecimiento y fortalecimiento de actividades económicas con alta densidad de innovación (Chaux et al., 2020). La inversión mediante fondos de venture capital ha funcionado como estímulo para que empresarios y emprendedores, especialmente en economías emergentes, orienten sus esfuerzos hacia la innovación y la producción de conocimiento con el fin de potenciar la competitividad (Ríos, 2021).

En el contexto específico de Antioquia, Colombia, los fondos de capital privado se han posicionado como agentes catalizadores en la promoción de la innovación dentro del sector de servicios públicos. Estos fondos no solo proveen recursos financieros, sino también conocimiento especializado y acceso a redes de contacto cruciales para la materialización exitosa de proyectos innovadores. Un caso emblemático en esta dinámica es el Programa Ventures EPM, que ilustra cómo la inversión de capital, gestionada con una visión estratégica, puede dinamizar los procesos de innovación en el ámbito de los servicios públicos (Cano y Rojas, 2024).

La presente investigación tiene como objetivo central analizar el rol desempeñado por los fondos de capital privado en los procesos de innovación del sector de servicios públicos,

focalizando el estudio en el ecosistema de innovación de Antioquia y, particularmente, en el caso del programa Ventures EPM. Se pretende dilucidar los mecanismos mediante los cuales

dichos fondos facilitan el desarrollo de proyectos con alto componente innovador y determinar la naturaleza de su impacto transformador.

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Conceptos Fundamentales de Fondos de Capital Privado

En el panorama financiero global contemporáneo, se ha observado una dinámica compleja en la inversión destinada a negocios con fuerte componente tecnológico, incluyendo desarrollo de software, biotecnología y energías sostenibles. Aunque la actividad transaccional en el ámbito del private equity global experimentó un repunte, alcanzando los 2 trillones de dólares en valor de operaciones tras períodos de declive, la captación de nuevos fondos ha enfrentado un entorno más restrictivo (McKinsey, 2024).

El capital de riesgo, en su concepción fundamental, constituye una modalidad de financiación orientada a empresas emergentes y en etapas tempranas de desarrollo, las cuales presentan un elevado potencial de crecimiento aparejado a un riesgo considerable. Los inversores que proveen este capital lo hacen a cambio de una participación en el capital accionario de las empresas receptoras (Asociación Colombiana de Capital Privado. [ColCapital] y EY, 2021). Acorde Barona et al. (2015), estos fondos desempeñan un papel crucial en el fomento de la innovación, habilitando a los emprendedores para materializar sus visiones y desarrollar nuevos productos, servicios o soluciones que pueden generar valor para la sociedad.

En Colombia, los fondos de capital privado se configuran como instrumentos de inversión especializados que operan dentro de un

marco regulatorio específico establecido por el Decreto 2555 de 2010. Dicho decreto define los Fondos de Inversión Colectiva como “un mecanismo o vehículo de captación o administración de sumas de dinero u otros activos, integrado con el aporte de un número plural de personas determinables una vez el fondo entre en operación, recursos que serán gestionados de manera colectiva para obtener resultados económicos también colectivos” (Superintendencia Financiera de Colombia, 2010).

Los fondos de capital privado se configuran como una tipología particular de los fondos de inversión colectiva de carácter cerrado. Su rasgo distintivo radica en la obligación de destinar, como mínimo, dos terceras partes de los aportes de sus inversionistas a la adquisición de activos o derechos de contenido económico que no se encuentren inscritos en el Registro Nacional de Valores y Emisores (Asociación Colombiana de Capital Privado. [ColCapital] y Deloitte, 2024). La Superintendencia Financiera de Colombia es la entidad encargada en el país de la supervisión de estos vehículos de inversión y de velar por el cumplimiento de las condiciones establecidas para su operación.

Según Barona et al. (2015), la industria de capital privado en Colombia comprende diversas estrategias de inversión, entre las que se distinguen fundamentalmente los fondos de capital emprendedor (venture capital) y los fondos de capital privado tradicional (private equity). La diferencia primordial entre ambos radica en la etapa de desarrollo de las empresas objetivo y, consecuentemente, en el nivel de

riesgo asumido. Según análisis de (Asociación Colombiana de Capital Privado. [ColCapital] y EY, 2021), el venture capital se orienta hacia empresas en fases tempranas de desarrollo, a menudo con base tecnológica, que pueden encontrarse en la etapa de producto mínimo viable o comenzando a generar tracción en el mercado.

En el contexto colombiano, la industria de capital privado ha demostrado un impacto considerable en el desarrollo económico. De acuerdo con el estudio de la Asociación Colombiana de Capital Privado. [ColCapital] y Deloitte (2024), a diciembre de 2023, la industria había canalizado inversiones por aproximadamente USD 16.000 millones en más de 1.260 empresas y proyectos a lo largo del territorio nacional. Es notable que Antioquia se consolida como el segundo departamento con mayor número de activos invertidos, representando un 23% del total, después de Bogotá que concentra el 43%.

## 2.2 Innovación en Servicios Públicos

La atención que la innovación ha recibido en el ámbito de los servicios públicos ha experimentado una transformación notable a lo largo del tiempo, reflejando cambios en los paradigmas de gestión y en las expectativas sociales. Históricamente, los estudios iniciales tendían a centrarse en la figura de los monopolios naturales y su capacidad de generar rentas, en un contexto donde la regulación buscaba principalmente controlar precios y asegurar la prestación básica (Arnáez, 2023).

Acorde Macebo (2021), la progresiva instauración de marcos regulatorios que introdujeron conceptos como las tarifas basadas en el costo de oportunidad y la eficiencia, junto con una mayor presión por la rendición de cuentas, provocó un desplazamiento del enfoque hacia la calidad del servicio y la satisfacción de las necesidades de

los usuarios. Esta transformación conceptual facilitó, en ciertos segmentos, la apertura a la competencia, la adopción de mecanismos de mercado como herramientas de regulación indirecta y el estímulo a procesos de reestructuración interna en las empresas proveedoras.

Con el transcurso del tiempo, la percepción de los servicios públicos ha evolucionado desde considerarlos simplemente como insumos básicos para otras actividades sociales o económicas, hacia verlos como bienes de consumo en sí mismos, en torno a los cuales los usuarios desarrollan expectativas cada vez más sofisticadas y exigentes. Este cambio cultural y de mercado, según Roa (2022), ha impulsado una notable maduración en el sector, caracterizada por la modernización de los entes reguladores y de vigilancia, la conformación de una estructura más diversificada de participantes económicos y la creciente participación del sector en el desarrollo y suministro de conocimientos e información.

La innovación en los servicios públicos ha experimentado una evolución significativa, no solo en su conceptualización teórica sino también en su aplicación práctica. La medición y evaluación de la innovación en este sector presentan desafíos particulares y requieren marcos analíticos específicos que difieren de aquellos comúnmente utilizados en el sector privado, debido a las singularidades inherentes a la prestación de servicios públicos y, fundamentalmente, a sus objetivos de bienestar social y equidad (Gómez et al., 2022).

## 2.3 Ecosistemas de Innovación

El concepto de ecosistema de innovación ha ganado prominencia como un marco analítico para comprender cómo diversos elementos físicos, biológicos, humanos y tecnológicos interactúan dentro de un entorno específico para catalizar la creatividad, el

desarrollo tecnológico y la generación de valor. Acorde Reina (2022), un ecosistema de innovación puede definirse como un conjunto interconectado de actores, que incluyen empresas, instituciones académicas, entidades gubernamentales, inversores y la sociedad civil, junto con las condiciones económicas, sociales, culturales y políticas que facilitan la generación, difusión y adopción de innovaciones.

Una característica distintiva de estos ecosistemas es su fuerte dependencia de las particularidades regionales y contextuales, según Ortiz (2023). Esto implica que los modelos de ecosistemas de innovación que han demostrado ser exitosos en un determinado contexto geográfico o sectorial no pueden ser simplemente replicados en otros entornos sin una cuidadosa consideración y adaptación a las condiciones locales, las capacidades existentes, la cultura y las necesidades específicas de la nueva región.

## **2.4 Fondos de Capital Privado y su rol dentro de los ecosistemas de Innovación**

Los fondos de capital privado han emergido como agentes transformadores en el ecosistema de innovación de servicios públicos. Estos fondos han evolucionado desde simples proveedores de capital hacia catalizadores integrales de innovación, desempeñando un papel fundamental en la modernización del sector (Zudaire, 2022). El impacto de estos fondos se materializa en múltiples dimensiones. En el ámbito tecnológico, facilitan la adopción de soluciones avanzadas mediante inversión directa y transferencia de conocimiento. En la dimensión organizacional, promueven la implementación de modelos de gestión innovadores y culturas empresariales orientadas al cambio (Dini et al., 2021).

El desarrollo histórico de los fondos de capital privado, documentado por Botero (2022), revela una evolución significativa desde la década

de 1960. Esta transformación se caracteriza por la profesionalización de los procesos de inversión y la adopción de metodologías sistemáticas para la identificación y gestión de oportunidades de innovación en el sector de servicios públicos. La contribución de estos fondos trasciende el aspecto financiero, ya que su intervención genera un efecto multiplicador en el ecosistema de innovación, facilitando la creación de redes de conocimiento, promoviendo la transferencia tecnológica y estableciendo estándares de gestión que benefician al sector en su conjunto (Dufeu et al., 2023).

## **2.5 Ecosistema de Innovación en Antioquia**

Los ecosistemas de innovación desempeñan un rol preponderante en el estímulo de la creatividad y el desarrollo de nuevos servicios y modelos de negocio en el sector público. En el contexto específico del Ecosistema Antioqueño, se evidencia cómo los fondos de capital privado pueden actuar como catalizadores de la innovación, fomentando la colaboración entre una diversidad de actores y promoviendo la implementación de soluciones innovadoras (Cano y Rojas, 2024).

La configuración del ecosistema antioqueño comprende cuatro elementos fundamentales: centros de innovación especializados como Ruta N, instituciones académicas de relevancia como la Universidad de Antioquia, empresas tractoras o ancla como Empresas Públicas de Medellín, y fondos de inversión que proveen el soporte financiero indispensable para el desarrollo de iniciativas innovadoras (Arango y Carbonó, 2024). La dinámica de este ecosistema se caracteriza por la interacción continua y sinérgica entre estos actores.

Esta interacción ha generado sinergias significativas, particularmente en el sector de servicios públicos, donde EPM ha ejercido un rol catalizador a través de Ventures EPM, su programa de Fondo de Capital Privado (EPM,

s.f.-b). El marco institucional que sustenta este ecosistema incluye políticas públicas específicas y mecanismos de financiamiento innovadores. La combinación de apoyo gubernamental y participación del sector

privado ha resultado en un modelo distintivo de gestión de la innovación, caracterizado por su enfoque en la sostenibilidad y el impacto social (Valencia, 2022).

### 3. Metodología

La presente investigación adopta un diseño cualitativo de carácter documental, centrado en un estudio de caso exhaustivo del programa Ventures EPM. Este enfoque metodológico se justifica por la necesidad de comprender en profundidad un fenómeno contemporáneo, el rol catalizador de los fondos de capital privado corporativo en la innovación de servicios públicos, dentro de su contexto real, el ecosistema de innovación antioqueño (Yin, 2014).

La presente investigación adopta un diseño cualitativo de carácter documental, centrado en un estudio de caso exhaustivo del programa Ventures EPM. Este enfoque metodológico se justifica por la necesidad de comprender en profundidad un fenómeno contemporáneo, el rol catalizador de los fondos de capital privado corporativo en la innovación de servicios públicos, dentro de su contexto real, el ecosistema de innovación antioqueño (Yin, 2014).

El objetivo principal es analizar los mecanismos, la evolución estratégica y los impactos percibidos del Programa Ventures EPM, basándose exclusivamente en evidencia pública y verificable, en consonancia con los estándares de rigor y transparencia exigidos para publicaciones científicas de alto impacto. El carácter de la investigación es primordialmente exploratorio y descriptivo. Se busca explorar las dinámicas de un capital de riesgo corporativo en el sector de servicios públicos y describir sus características, estrategias y resultados reportados, con el fin de extraer lecciones aplicables y proponer recomendaciones.

Las fuentes de datos primarias para este estudio documental comprenden un corpus de documentos públicos y oficiales emitidos por las entidades directamente involucradas en el programa Ventures EPM y su entorno. Estas fuentes incluyen informes y comunicaciones de EPM, documentos de administradores y gestores de fondos, reportes de la industria y organismos sectoriales, y literatura académica y publicaciones especializadas.

La recolección de datos se realizó mediante una búsqueda sistemática en los sitios web institucionales de las entidades mencionadas, bases de datos de reguladores financieros, repositorios académicos y archivos de noticias. Los criterios de inclusión para los documentos se centraron en su carácter público, oficial y verificable. Se excluyó cualquier información de carácter confidencial, no divulgada públicamente, o proveniente de fuentes no fiables o especulativas.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de contenido cualitativo (Krippendorff, 2018). Este proceso implicó la codificación sistemática de los documentos para identificar temas, patrones y datos específicos relacionados con la estrategia del Programa Ventures EPM, sus criterios de inversión, la composición de su portafolio, los modelos operativos de sus fondos, los resultados reportados y su interacción con el ecosistema de innovación antioqueño.

## 4. Hallazgos

### 4.1 Evolución Estratégica de Ventures EPM

La trayectoria de Ventures EPM evidencia una maduración significativa en su enfoque de capital de riesgo corporativo. Según datos institucionales de EPM (s.f.-c), el programa se ha estructurado en dos fondos principales que demuestran su compromiso con la innovación y el desarrollo del ecosistema emprendedor. El primer Fondo de Capital Privado Emprendimiento e Innovación SP, iniciado en 2013 y administrado por Credicorp Capital Colombia (FCP Innovación SP, s.f.), estableció las bases para la inversión en innovación corporativa y tuvo un carácter más exploratorio (Credicorp Capital Colombia, s.f.). Con un compromiso inicial de COP 100.000 millones, su objetivo era amplio: invertir en empresas o proyectos, nacionales o extranjeros, que desarrollaran bienes, servicios o procesos innovadores con aplicación en la cadena de valor de los servicios públicos o tecnologías de la información y comunicación (EPM, 2013).

Durante su período de operación, este primer fondo evaluó más de mil empresas y realizó inversiones en una docena de ellas, alcanzando una tasa de supervivencia superior al promedio sectorial. La estrategia de inversión que balanceó las primeras rondas de financiación con reinversiones en las empresas más prometedoras demostró ser efectiva para optimizar el binomio riesgo-retorno inherente al capital emprendedor (Credicorp Capital Colombia, 2022).

En contraste, el Fondo de Capital Privado Next Utility Ventures, lanzado en 2021, demuestra una orientación estratégica más definida y una estructura de gestión especializada (EPM, s.f.-b). Gestionado profesionalmente por Axon Partners Group y administrado por

Fiduciaria Corficolombiana, el NUV partió con un cierre inicial de COP 134.210 millones, con EPM como inversionista mayoritario (Fiduciaria Corficolombiana, 2023).

La tesis de inversión del NUV es más focalizada: se concentra en emprendimientos con tracción demostrada en el mercado que operan en áreas críticas para el futuro de los servicios públicos, como recursos energéticos distribuidos, ciudades inteligentes, plataformas de negocio del futuro, transformación energética y digital, y economía circular (EPM, s.f.-c). Este enfoque en empresas con cierto grado de madurez y soluciones alineadas con los desafíos estratégicos de EPM indica una evolución desde una exploración más general hacia inversiones con un potencial de impacto estratégico y operativo más directo para la empresa matriz. Los resultados del programa incluyen casos exitosos como la alianza con Uptime Analytics, Klik Energy, Erco, entre otras empresas invertidas que han contribuido significativamente a la sostenibilidad del sistema eléctrico mediante la implementación de tecnologías innovadoras para la gestión de la demanda energética (EPM, 2024a).

### 4.2 Análisis del Portafolio de Inversión

Las inversiones públicamente anunciadas por Ventures EPM, especialmente a través del fondo NUV, muestran una clara alineación con los focos estratégicos de EPM y los desafíos del sector de servicios públicos. La inversión en Uptime Analytics, una startup colombiana que utiliza inteligencia artificial para optimizar la eficiencia energética y operativa de activos industriales, aborda directamente la necesidad de EPM y sus clientes industriales de reducir costos operativos y huella de carbono (Forbes Colombia, 2022).

Se reporta que Uptime ha logrado ahorros de consumo energético de hasta 18% y contribuido a la reducción de más de 20.000 toneladas de CO2 en sus clientes. La inversión en Klik Energy, el primer marketplace de respuesta de la demanda en Colombia, resulta crucial para la gestión de la red eléctrica en un contexto de creciente penetración de renovables. La alianza posterior entre EPM y Klik Energy para ofrecer servicios de gestión de la demanda a grandes clientes evidencia la rápida integración estratégica de esta inversión (EPM, 2024a).

La participación en NEU, un intraemprendimiento de Erco Energía, que explora transacciones de energía digital y modelos peer-to-peer, indica una apuesta por la innovación en la comercialización y distribución de energía. La inversión en Seab Power para la gestión y valorización de residuos sólidos y más recientemente en Batx, una startup de Medellín que gestiona baterías de movilidad para darles una segunda vida en sistemas de almacenamiento estacionario, se alinea con los principios de economía circular y sostenibilidad (EPM, 2024b).

#### **4.3 Mecanismos de Catálisis de Ventures EPM**

El impacto del programa trasciende los indicadores financieros. Ventures EPM ha catalizado la transformación del sector de servicios públicos mediante la implementación de tecnologías innovadoras y la creación de nuevos modelos de negocio, particularmente en áreas como energías renovables y gestión eficiente de recursos (Valencia, 2022).

Más allá de la provisión de capital, Ventures EPM ejerce su rol catalizador a través de varios mecanismos inferidos de la información pública. La facilitación de acceso al mercado y sinergias con EPM se evidencia en el caso de la alianza EPM-Klik Energy, donde una empresa del portafolio de NUV se convierte en un socio estratégico de EPM para ofrecer nuevos servicios. Esta capacidad de EPM de actuar como cliente de lanzamiento o socio de escalamiento constituye un diferenciador clave frente a fondos de capital privado independientes.

El aporte de conocimiento estratégico y de sector se materializa a través de la participación de Axon Partners Group como gestor profesional del NUV, implicando el acceso a experiencia internacional en inversión tecnológica y de impacto, que se transfiere tanto a EPM como a las empresas del portafolio. El fomento del ecosistema local se observa en la inversión en startups locales como Uptime Analytics y Batx, y la colaboración con entidades como Ruta N y CREAME en programas de aceleración.

La atracción de coinversión y legitimación, aunque los datos públicos sobre rondas de coinversión específicas son escasos, sugiere que la participación de un capital de riesgo corporativo del calibre de EPM y un gestor como Axon puede actuar como señal de calidad y atraer a otros inversores a las empresas del portafolio o al sector en general.

## Conclusiones

El análisis del programa Ventures EPM revela que los fondos de capital privado corporativo pueden desempeñar un papel transformador en la modernización de servicios públicos cuando se establecen condiciones apropiadas de alineamiento estratégico, gestión especializada y entorno ecosistémico propicio. La evolución estratégica del programa, desde un enfoque exploratorio inicial hacia una tesis de inversión focalizada en transformación energética, ciudades inteligentes y economía circular, demuestra la importancia de la adaptabilidad y el aprendizaje organizacional en el capital de riesgo corporativo.

Los hallazgos evidencian que el valor generado por Ventures EPM trasciende la dimensión puramente financiera, actuando como facilitador de acceso al mercado, proveedor de conocimiento especializado y catalizador del ecosistema de innovación regional. La capacidad de EPM para funcionar como empresa ancla, ofreciendo oportunidades de mercado, conocimiento sectorial y recursos para pruebas piloto, constituye una ventaja competitiva significativa que potencia el impacto de las inversiones realizadas.

La alineación estratégica entre las inversiones del portafolio y los desafíos operativos de EPM, evidenciada en casos como Uptime Analytics, Klik Energy y Batx, sugiere que los fondos de capital privado corporativo son más efectivos cuando las empresas participadas abordan necesidades reales de la empresa matriz. Esta sinergia reduce riesgos para las startups, acelera su crecimiento y maximiza el valor estratégico para la organización matriz.

El modelo desarrollado por Ventures EPM establece un precedente replicable para otras empresas de servicios públicos en economías

emergentes que enfrentan desafíos similares de modernización tecnológica, adopción de innovaciones y escasez de recursos públicos. La experiencia sugiere que el éxito de tales iniciativas requiere claridad en el mandato estratégico, estructura de gobernanza apropiada, gestores profesionales especializados y capacidad organizacional para integrar las innovaciones desarrolladas por las empresas participadas.

Para el fortalecimiento futuro del programa, se recomienda implementar marcos más robustos de medición de impacto social y ambiental, formalizar procesos de integración de innovaciones en las operaciones de EPM, y explorar mayores sinergias con otros actores del ecosistema antioqueño. La experiencia de Ventures EPM demuestra que los fondos de capital privado corporativo, gestionados bajo una estrategia clara y alineada con los objetivos organizacionales, constituyen instrumentos eficaces para impulsar la transformación de sectores tradicionales, fortalecer los ecosistemas regionales de innovación y propiciar la creación de nuevos modelos de negocio mediante la adopción de tecnologías avanzadas. La articulación de alianzas estratégicas entre EPM, sus filiales y las empresas participadas ha demostrado ser un factor clave para dinamizar la innovación en los servicios públicos y generar impactos positivos en la sociedad. De cara al futuro, resulta pertinente continuar promoviendo este tipo de colaboraciones, así como identificar nuevas oportunidades de inversión en tecnologías disruptivas que permitan transformar los servicios públicos a través de la innovación y el desarrollo de negocios emergentes para seguir contribuyendo a la armonía de la vida por un mundo mejor.

## Referencias

- Arango Sánchez, L. F., y Carbonó López, L. (2024). De ciudad industrial a ciudad del conocimiento: un estudio comparativo de Singapur y Medellín, mediados del siglo XX y comienzos del XXI. *Jangwa Pana*, 23(1), 1-16. <https://rebrand.ly/6e0cbf>
- Arnáez Arce, V. M. (2023). El reto de la gestión sostenible de los servicios públicos. Participación ciudadana y fomento de la iniciativa social. *Dykinson*. <https://rebrand.ly/igexhfy>
- Asociación Colombiana de Capital Privado. [ColCapital] y Deloitte (2024). Estudio de la Industria de Capital Privado en Colombia 2023-2024. <https://rebrand.ly/f5ao0px>
- Asociación Colombiana de Capital Privado. [ColCapital] y EY. (2021). Estudio de la Industria de Fondos de Capital Privado en Colombia 2020. <https://rebrand.ly/12nf4a6>
- Barona Zuluaga, B., Rivera Godoy, J. A., y Aguilera Cifuentes, C. I. (2015). Análisis de la relación de la innovación empresarial con la financiación en Colombia. *Cuadernos de Administración*, 28 (50) . <https://rebrand.ly/6isp930>
- Botero, M. (2022). La participación del capital privado en el financiamiento de servicios públicos: el caso de los distritos municipales de Antioquia (Colombia), 1912-1931. *América Latina en la historia económica*. <https://doi.org/10.18232/20073496.1251>
- Cano Echeverri, S. y Rojas Álvarez, M. C. (2024). Transformación histórica de la ciencia, tecnología e innovación. De ciudad a Distrito [Tesis de grado]. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://rebrand.ly/il2lg91>
- Chaux Paredes, A., Buitrago Cortés, D., Valbuena, Romero, D., Medina Velandía, L. y Vega Hernández, L. (2020). Metodología y lineamientos técnicos sobre el desarrollo de clústeres, cadenas de valor agroindustriales y mercados. Departamento Nacional de Planeación. <https://rebrand.ly/s3okxtj>
- Credicorp Capital Colombia (s.f.). Fondo de Capital Privado Emprendimiento e Innovación SP. <https://www.credicorpcapital.com/Colombia/Neg/GA/CPRENDIMIENTO/IF/26012024%20Reglamento%20FCP%20Emprendimiento.pdf>
- Credicorp Capital Colombia (2022). Estados financieros al 31 de diciembre de 2022 y 2021. <https://www.credicorpcapital.com/Colombia/Neg/GA/CPRENDIMIENTO/IF/26012024%20Reglamento%20FCP%20Emprendimiento.pdf>
- Cuevas Vargas, H., y Cortés Palacios, H. A. (2020). Efectos de la estructura de capital en la innovación. *Investigación Administrativa*, 49(126). <https://rebrand.ly/www3po5>
- Dini, M., Gligo, N., y Patiño, A. (2021). Transformación digital de las mipymes: elementos para el diseño de políticas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. <https://rebrand.ly/4ucchkd>
- Dufeu, C., Cortés, J., y Muñoz Surriba, A. (2023). Programas públicos de apoyo al capital de riesgo: la experiencia de CORFO en Chile. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://rebrand.ly/hkxjgw6>
- EPM. (2013). Informe de sostenibilidad 2013. Empresas Públicas de Medellín. <https://www.epm.com.co/institucional/informes-sostenibilidad.html>

- EPM. (2024a). EPM y Klik Energy inician alianza que contribuye a la sostenibilidad del sistema eléctrico. Sala de Prensa EPM. <https://www.epm.com.co/institucional/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/epm-klik-energy-alianza-sostenibilidad-sistema-electrico>
- EPM. (2024b). Batx se une a Ventures EPM como nueva startup. Sala de Prensa EPM. <https://www.epm.com.co/institucional/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/batx-startup-se-une-a-ventures-epm>
- EPM (s.f.-a). Fondo de Capital Privado II. <https://rebrand.ly/3zsgen8>
- EPM (s.f.-b). La Innovación en EPM. <https://www.epm.com.co/institucional/innovacion.html>
- EPM. (s.f.-c). Aceleradora EPM: innovación y conocimiento. <https://clientescorporativos.epm.com.co/linea-directa/innovacion-y-conocimiento/aceleradora-epm/>
- FCP Innovación SP (s.f.). Pioneros en la gestión de capital emprendedor corporativo en Colombia. <http://www.fcp-innovacion.com/>
- Fiduciaria Corficolombiana (2023). Fondo de capital privado Next Utility Ventures. Rendición de cuentas semestral de Fiduciaria Corficolombiana S.A. como sociedad administradora enero a junio de 2023. <https://rebrand.ly/7b3c0e>
- Forbes Colombia. (2022). Ventures EPM y Axon Partners invierten en Uptime Analytics, startup colombiana de IA para reducir consumo de energía. Forbes Colombia. <https://forbes.co/2022/09/28/emprendedores/ventures-epm-y-axon-partners-invierten-en-uptime-analytics-startup-colombiana-de-ia-para-reducir-consumo-de-energia>
- Gómez, M., Alarcón, N., Gaitán-Angulo, M., Quintero, A., y Mendoza, R. (2022). Measuring innovation in institutional performance in the public sector through structural equations: the case of Colombia. *Revista Republicana*, (33), 197-216. Epub March 01, 2023. <https://rebrand.ly/294641>
- Krippendorff, K. (2019). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). Sage Publications. <https://doi.org/10.4135/9781071878781>
- McKinsey. (2024). *Global private markets report 2025*. McKinsey & Company. <https://rebrand.ly/fbf924>
- Ocampo, J. A., y Torres, J. D. (2021). El papel de la banca de desarrollo en la promoción de la innovación. Friedrich-Ebert-Stiftung. <https://rebrand.ly/8fhtgm4>
- Ortiz Pabón, E. (2023). *Ecosistemas de negocios, innovación y emprendimiento: Un marco de referencia y un caso de aplicación*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. <https://rebrand.ly/p7gic16>
- Reina, J. (2022). Ecosistemas de innovación de base comunitaria: Colaboración y co-creación en sistemas socio-técnicos. *Redes. Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 28(55), e039. <https://rebrand.ly/migi534>
- Roa, F. (2022). *Las plataformas digitales como servicios públicos en Colombia*. [Tesis de maestría, Universidad Santo Tomás]. Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación [CRAIUSTA] <https://rebrand.ly/v1grew9>
- Superintendencia Financiera de Colombia. (2010). Decreto 2555 de 2010. Por el cual se recogen y reexpiden las normas en materia del sector financiero. Diario Oficial No. 47.771. <https://rebrand.ly/0fb057>

- Valencia, M. (2022). Una visión sistémica del ecosistema de emprendimiento de la ciudad de Medellín. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Santo Tomás. <https://rebrand.ly/904879>
- Yin, R. K. (2014). Case study research and applications: Design and methods (5th ed.). Sage Publications. <https://doi.org/10.3138/cjpe.30.1.108>
- Zudaire, J. (2022). La importancia del capital privado para la financiación de los intangibles. IEAF, FEFE (Eds.) Financiación de intangibles. (pp. 85-104). FEF. <https://rebrand.ly/4wpljv1>

### Cómo citar este artículo:

Villa, E. (2025). Fondos de Capital Privado como Catalizadores de la Innovación en Servicios Públicos: El Caso Programa Ventures EPM en el Ecosistema de Innovación Antioqueño. **Revista EPM**, (25), 60-72.



# Rol de pequeños reactores modulares en la transición energética de la generación eléctrica en Colombia

Role of small modular reactors in the energy transition of electricity generation in Colombia

**Isaac**

**Hernández Fajardo**

Gerencia de Proyectos Agua,  
Saneamiento, Gas y Locativos, EPM

[isaac.hernandez@epm.com.co](mailto:isaac.hernandez@epm.com.co)

## Resumen

En el contexto actual de cambio climático, muchos países han buscado diversificar sus fuentes de generación eléctrica y reducir su dependencia de los combustibles fósiles. La matriz energética colombiana depende de la generación hidroeléctrica, afectada por la variabilidad y el cambio climáticos, que disminuyen la disponibilidad hídrica para la producción eléctrica. En este escenario, los Pequeños Reactores Modulares (SMRs) emergen como una alternativa para la matriz energética del país en el mediano y largo plazo. Los SMRs

son una tecnología nuclear emergente con ventajas comparativas sobre los reactores nucleares convencionales como menor tamaño, modularidad, tiempos y costos menores de construcción y mayor seguridad operativa. Sin embargo, su adopción presenta desafíos por su viabilidad técnica, económica y regulatoria para un país en desarrollo. Este artículo describe el estado actual de la matriz de producción eléctrica colombiana y como los SMRs pueden mejorar sus capacidades en términos de producción, diversidad y firmeza.

### Palabras clave:

Energía nuclear, Generación, SMRs, Colombia, Transición energética, Hidroelectricidad.

### Keywords:

Nuclear energy, Generation, SMRs, Colombia, Energy transition, Hydroelectricity.

## Introducción

La matriz energética de Colombia se viene desarrollando desde finales del siglo XIX (Comisión de Regulación de Energía y Gas [CREG], 2013). Hasta 2023, la capacidad instalada de generación de energía eléctrica en Colombia asciende a 17,8 GW, de los cuales 68% GW corresponden a la energía hidroeléctrica, el 31% corresponde a centrales eléctricas de gas y carbón y el 1% restante a fuentes eólicas y solares (International Trade Administration, 2025). La configuración y desarrollo de su matriz de producción eléctrica ha sido resultado de múltiples actores y reformas políticas que terminaron produciendo una marcada dependencia de las fuentes hidroeléctricas, y luego de los apagones experimentados en la última década del siglo XX (Douglas, 1992), de las fuentes de gas y carbón.

En el año pasado 2024, el país vivió una temporada atípica de escasas precipitaciones que puso en evidencia la vulnerabilidad de la infraestructura de producción de energía ante la variación climática (Jaramillo y Squires, 2024). Esta dependencia y vulnerabilidad no es una característica desconocida de la infraestructura de generación y ha sido mapeada en estudios y planes elaborados por o para entidades de gobierno local como la UPME Unidad de Planificación Minera y Energética. De hecho, dichos estudios han identificado varios caminos dirigidos a reducir dicha vulnerabilidad (López et al., 2013). En una perspectiva general, estos caminos se centran en

- Optimización del uso de fuentes de energía convencionales.
- Diversificación de fuentes de energía.
- Optimización del consumo eléctrico.
- Políticas ambientales dirigidas a la conservación de cuencas y ecosistemas de interés nacional.

El segundo de estos caminos, la diversificación de las fuentes de energía exige la introducción de fuentes alternativas de producción de electricidad más allá de las fuentes hidráulicas, de carbón y de gas que actualmente dominan el mercado. En el estudio citado, el foco en este tipo de alternativas fue la adopción de Fuentes de Energía No Convencionales, NCES (FNCE). Este camino estaba precisamente en la mente del Congreso colombiano que desarrolló y adoptó la Ley 1715 de 2014, la llamada ley FNCE, que definió incentivos financieros y tributarios para las empresas que construyen e integran NCES a la infraestructura de generación de energía.

A partir de estos incentivos, las fuentes renovables en forma de iniciativas solares y eólicas comenzaron a jugar un papel en el mercado energético colombiano; sin embargo, aún quedan desafíos para su adopción más rápida, expresados en 1) la diversidad geográfica del país, 2) la confiabilidad energética típica de las fuentes renovables, y 3) el crecimiento de la demanda, tanto en el mercado interno colombiano como en los mercados extranjeros de exportación. Frente a estos desafíos, en la planificación y el debate público se están empezando a considerar abiertamente alternativas que proporcionen energía firme, confiable y limpia, como la tecnología nuclear (Díaz, 2023)

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. La sección 2 analiza el panorama de la demanda actual y detalla los desafíos que enfrenta la infraestructura de generación de energía existente. En la Sección 3 se proporciona una breve introducción sobre la naturaleza y las perspectivas de los SMRs. La sección 4 analiza la idoneidad de los SMRs en el futuro energético de Colombia, al

tiempo que discute las principales barreras para su implementación. Las conclusiones de este trabajo resumen los principales aspectos relacionados con los SMRs y las necesidades

energéticas específicas de Colombia, brindando algunas recomendaciones y una perspectiva futura de la introducción de este tipo de tecnologías para el país.

## 1. Las necesidades y desafíos energéticos actuales de Colombia

Según la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2024), la demanda eléctrica de Colombia será cercana a los 83,0 GWh-año en 2024. Según información de la Agencia Internacional de Energía (IEA, s.f.), esta demanda fue atendida en 2023 en un 64,4% por energía hidroeléctrica, 17,8% por gas natural, 10,8% por carbón, 3,2% por petróleo, el 2,6% a biocombustibles y el resto a otras fuentes, incluidas las tecnologías solar y eólica. Ahora, la UPME proyecta que la demanda de energía seguirá creciendo, estableciendo una demanda media anual esperada cercana a 97,7 GWh-año para 2030 (UPME, 2024). Estas estimaciones confirman que 1) la demanda nacional de energía solo aumentará, 2) se requieren acciones urgentes para la expansión de la capacidad de generación y transmisión, 3) es necesario aumentar la velocidad de adopción de fuentes limpias renovables y alternativas para abordar las necesidades futuras de demanda.

Como lo evidencian las estadísticas de producción energética, la matriz de generación eléctrica colombiana depende altamente de dos fuentes: la hidroeléctrica y la generación térmica a partir de gas y carbón. Por un lado, la marcada dependencia de la energía hidroeléctrica es resultado de la disponibilidad natural de recursos hídricos en el país y una política energética que apoyó este tipo de soluciones que no requieren un nivel sofisticado de refinamiento técnico en comparación con otras tecnologías (Arias et al., 2017). Por otro lado, el papel de las centrales térmicas

alimentadas con gas y carbón alcanzó su forma actual sólo después del apagón de 1992 causado por el fenómeno de El Niño, que puso de manifiesto la vulnerabilidad de la generación de energía a las oscilaciones climáticas (Rudnick y Velásquez, 2021). Esta combinación tecnológica proporciona cerca del 93% de toda la energía generada en el país y ha permitido su crecimiento económico y estabilidad de generación hasta hoy; sin embargo, el uso de plantas térmicas alimentadas con combustibles fósiles va en contra de la política de reducción de carbono adoptada por el país como su NDC (Contribución Nacionalmente Determinada) en la COP21 de París (IEA, 2025), especialmente con el objetivo de marcar el camino del país hacia emisiones netas cero para 2050.

Otro aspecto que comúnmente no se toma en cuenta es el hecho de que Colombia tiene una parte importante de su territorio clasificado como zonas no interconectadas. Aunque la mayor parte de la población del país vive dentro del alcance del SIN (Sistema Interconectado Nacional, SIN), sitios clave como pueblos en las fronteras nacionales, así como las islas de San Andrés y Providencia, se encuentran fuera del alcance del SIN (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas [IPSE], 2024)

Un último aspecto que se desprende de las estadísticas de producción de energía es que las soluciones renovables comunes, solar y eólica, aún están lejos de proporcionar la

energía que demanda el país: además, una limitación inherente a dichas fuentes reside en su variabilidad en función de la presencia del sol o de los vientos que permiten el funcionamiento de paneles y turbinas (Masters, 2013).

Tomando en consideración estos aspectos, el Plan Nacional Energético de la UPME (Colombia.

Ministerio de Minas y Energía, 2023) considera la adopción de tecnologías de nueva generación que, además de ser alternativas limpias, también brinden el crecimiento y firmeza que requiere la demanda nacional. Una de esas tecnologías es la generación eléctrica con tecnología nuclear, en su forma de Pequeños Reactores Modulares (SMRs).

## 2. Pequeños Reactores Modulares, SMRs

Según el OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica), los pequeños reactores modulares, los SMRs son “reactores nucleares avanzados que tienen una capacidad de potencia de hasta 300 MW(e) por unidad, que es aproximadamente un tercio de la capacidad de generación de los reactores nucleares tradicionales” (Liou, 2023).

La tecnología de los reactores nucleares para la producción de energía ha estado en desarrollo desde después de la Segunda Guerra Mundial y el desarrollo de la experiencia ha permitido la creación de diseños diferentes e individuales para cada país o proveedor. Esta particularidad ha hecho que su estandarización sea un desafío y de ahí que la típica reducción de precios y tiempos de construcción no se haya producido como se esperaría de tecnologías maduras; sin embargo, las tendencias recientes en la demanda mundial de energía y la necesidad de fuentes de electricidad limpias han llevado a algunos países a comprometerse con objetivos de aumento sustancial de su capacidad de energía nuclear (International Energy Agency [IEA], 2024).

En los últimos años, los SMRs se han propuesto como una alternativa clara para abordar dichos compromisos y necesidades. A diferencia de los reactores nucleares comunes, los SMRs se diseñan para ejecutar la mayor parte posible de su manufactura en fábrica, con el objetivo de aprovechar las economías de la producción en serie, para ser llevados al sitio de instalación

listos para ser ensamblados, un factor que resulta en una reducción del tiempo de construcción; este último un aspecto esencial que ha jugado en contra de la viabilidad financiera de los reactores convencionales (IEA y Nuclear Energy Agency [NEA], 2020). En términos generales, los siguientes aspectos son las promesas de valor clave que tienen el potencial de hacer que los SMRs sean sustancialmente más exitosos en términos de adopción y utilización que los reactores convencionales (IEA y NEA, 2020):

- **Simplificación:** reducción del número de componentes, simplificación del diseño y medidas de seguridad pasiva con posibles reducciones en la huella de la infraestructura.
- **Estandarización:** una mayor estandarización del diseño conducirá a una menor necesidad de ajustes por condiciones locales.
- **Modularización:** los SMRs más pequeños simplifican la fabricación y el transporte al sitio. Este aspecto es la característica clave de esta tecnología, ya que permite que se produzcan los beneficios de las economías de producción en serie.
- **Armonización:** el potencial de armonización regulatoria para diseños estándar modulares permitirá una adopción más rápida de diseños típicos fomentando las economías de serie.

Ahora bien, en términos de las necesidades de Colombia, investigaciones previas (Galeano y Muñoz, 2024) han identificado beneficios creados por la generación de energía nuclear basada en SMRs. Tales beneficios y otros adicionales se presentan a continuación:

- **Aspectos ambientales:** relacionados con el cambio climático y los compromisos de reducción de emisiones de carbono ya vigentes para el país. La introducción de SMRs, o en general, tecnología nuclear, contribuiría en gran medida al objetivo del país de reducir las emisiones de carbono.
- **Seguridad energética:** la firmeza en la producción de energía de este tipo de tecnología sólo es comparable con los recursos geotérmicos. La marcada dependencia de la actual canasta de generación eléctrica del país se reduciría de forma significativa con la progresiva introducción de la energía nuclear.
- **Salud pública:** la salud de las personas que viven y trabajan cerca de los sitios de generación térmica, por ejemplo, mejoraría cuando dichas industrias sean reemplazadas o utilizadas solo en eventos extraordinarios.
- **Reducción del uso de la tierra:** la tecnología nuclear es bien conocida por su reducida huella de uso de la tierra en comparación con otras tecnologías de generación eléctrica.
- **Complementariedad con las fuentes renovables:** ante la incipiente entrada de las renovables en la canasta de generación eléctrica y su carácter intermitente, las fuentes nucleares podrían trabajar de la mano de las renovables para mejorar la producción y confiabilidad de la generación eléctrica del país.
- **Papel en zonas no interconectadas:** el uso de SMRs en lugares como las islas del caribe colombiano garantizará energía limpia y asequible a lugares donde actualmente se queman combustibles fósiles.
- **Reducción de costos iniciales:** este beneficio aplica solo para SMRs, cuya propuesta de valor reside en menores costos de fabricación, transporte y ensamblaje en comparación con los reactores convencionales lo cual implica una reducción de sus costos nivelados de energía (LCOE, por sus siglas en inglés).

### 3. Retos potenciales para la implementación de SMRs en Colombia

Si bien los SMRs ofrecen un gran potencial para complementar la matriz energética de Colombia y brindar robustez y estabilidad al Sistema Interconectado Nacional (SIN) independientemente de las condiciones climáticas, persisten varios desafíos que plantean obstáculos importantes para su implementación. Algunas de las principales barreras y desafíos de esta tecnología se señalan en (Galeano y Muñoz, 2024). Las barreras mencionadas por estos autores y otras barreras clave se describen a continuación.

- **Aceptación pública y percepción de riesgo:** el desarrollo de la energía nuclear ha estado marcado por incidentes graves, como los de Chernóbil (Ucrania) en 1986 y, más recientemente, Fukushima (Japón) en 2011. Estos accidentes se dieron por defectos técnicos y errores humanos en el primer caso y por limitaciones de redundancia tecnológica y la vulnerabilidad de la infraestructura ante amenazas naturales (terremoto y tsunami) en el segundo caso, evidenciando las limitaciones

de esta tecnología. Estos eventos y sus consecuencias han marcado la percepción sobre los riesgos a la salud pública asociados al uso de tecnologías nucleares para la generación eléctrica.

- **Seguridad operacional:** este aspecto es un factor fundamental en la producción segura de electricidad por medio de tecnología nuclear. Dada la densidad energética de esta tecnología, se requiere de un constante monitoreo operativo por parte de personal altamente calificado, el cual debe ser entrenado y evaluado con regularidad en una cultura de seguridad de las operaciones que limite, y potencialmente elimine, el rol de errores humanos en la interrupción del funcionamiento de la infraestructura.
- **Gestión de residuos radiactivos:** no existe una solución definitiva, de largo plazo, para la gestión de residuos radiactivos de alto nivel tal como se producen actualmente (Ramana, 2018). La mejor propuesta al momento de la producción de este documento es el almacenamiento geológico profundo, del cual solo un proyecto se encuentra actualmente en construcción. Este aspecto continúa siendo un foco de investigación sobre el potencial reciclaje, reutilización, almacenamiento y disposición de residuos radioactivos.
- **Regulación:** No existe una regulación específica para la producción de energía

nuclear en Colombia, en gran medida debido a la confianza del país en su actual matriz energética. Esta ausencia representa un obstáculo importante para la implementación de los SMRs, ya que un marco regulatorio que permita su desarrollo seguro es esencial para la implementación futura de esta tecnología.

- **Gastos de capital necesarios para la instalación de SMRs:** Como se mencionó antes, los SMRs son una tecnología emergente con el objetivo fundamental de reducir los precios para nuevos mercados y nuevas necesidades de generación eléctrica. Sin embargo, incluso en el escenario en el que los LCOE efectivamente se reduzcan, la tecnología tendrá que competir con otras tecnologías renovables y emergentes (Wegrzyn y Carlini, 2024). Esta barrera financiera es un factor clave para el mercado colombiano.

Por todas las razones anteriores, no es de esperar que Colombia participe en el desarrollo de FOAK (First Of A Kind, desarrollo inicial de la tecnología) de SMRs; sin embargo, el país debería evaluar su participación en el proceso NOAK (Nth Of A Kind, adopción posterior luego de la implementación por pioneros y primeros usuarios) de esta tecnología, que potencialmente ofrecerá precios más asequibles para un país en desarrollo.

## Conclusiones

El mundo está viviendo un momento de cambio impulsado por el desarrollo y perfeccionamiento de nuevas tecnologías, como las utilizadas en la generación de energía nuclear. Estos avances han hecho que este método de producción de energía sea cada vez más eficiente, seguro y rentable, facilitando

su implementación en países como Colombia. Si bien la adopción de Pequeños Reactores Modulares (SMRs) es un proceso complejo, este tipo de tecnología puede ofrecer soluciones a varios de los desafíos energéticos del país. De igual forma es importante precisar que, aunque esta tecnología no representa una

solución definitiva para lograr una matriz energética completamente libre de emisiones, sí representan un paso importante hacia un futuro más sostenible.

En este contexto, la diversificación de la generación eléctrica es fundamental para Colombia. Es crucial reducir la dependencia histórica en fuentes de energía hidroeléctrica y térmica, lo que ayudará a mitigar la vulnerabilidad del país al cambio climático y la variabilidad climática. Los SMRs tienen el potencial de mejorar la seguridad eléctrica, reducir las emisiones de carbono y complementar las fuentes de energía renovables intermitentes, como la solar y la eólica.

Sin embargo, la adopción de nuevas tecnologías nucleares como los SMRs enfrenta desafíos

importantes, incluida la percepción pública de la energía nuclear, la falta de regulación específica y la gestión de desechos radiactivos. Estos obstáculos pueden manejarse y superarse a partir de un enfoque educativo adecuado y la creación de un marco regulatorio sólido.

Para facilitar la implementación de los SMRs en Colombia, es crucial avanzar en la investigación alrededor de esta tecnología, la capacitación del personal y el establecimiento de un marco regulatorio que respalde su adopción. Además, es recomendable que el país participe de alguna forma en la fase NOAK, ya que este camino permitiría reducir costos, conocer en detalle la tecnología y crear el ecosistema de socios públicos y privados necesarios para materializar la adopción de esta novedosa y prometedora tecnología.

## Referencias

- Arias Gaviria, J., van der Zwaan, B., Kober, T., & Arango Aramburo, S. (2017). The prospects for Small Hydropower in Colombia. *Renewable Energy*, Elsevier 107, 204-214. <https://rebrand.ly/b66e69>
- Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (2023). Actualización. Plan Energético Nacional (PEN) 2022 -2052. Unidad de Planeación Minero Energética. <https://rebrand.ly/zjqcahs>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas [CREG]. (23 de octubre de 2013). Historia en Colombia. GREG. <https://rebrand.ly/pc5jtky>
- Díaz Páez, A. M. (19 de noviembre de 2023). Colombia y el sueño de tener energía nuclear, otra vez sobre la mesa. *El Espectador* <https://rebrand.ly/mhsky8d>
- Douglas F. (1992). Colombia rations electricity, blaming drought. Opposition points to corruption, not just low reservoirs, as a cause of blackouts. *The Washington Post*. <https://bit.ly/41nqRux>
- Galeano, D. A., & Muñoz, J.-A. (2024). Nuclear Energy: A Keystone in Colombia's Sustainable Energy Transition. *Revista Facultad de Ingeniería*, 33(68), e17066. <https://rb.gy/w69f51>
- Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas [IPSE]. (Abril 2024). Boletín Datos IPSE. <https://bit.ly/43h9Apz>
- International Energy Agency [IEA]. (s.f.). Colombia. Accession country. – IEA <https://bit.ly/4krGZE3>

- International Energy Agency [IEA] y Nuclear Energy Agency [NEA]. (2020). Projected Costs of Generating Electricity. 2020 Edition, OECD Publishing, Paris <https://rebrand.ly/e81278>
- International Energy Agency [IEA]. (2024). Electricity 2024 Analysis and forecast to 2026. <https://rb.gy/aihox>
- International Energy Agency [IEA]. (22 de enero de 2025). Nationally Determined Contribution (NDC) to the Paris Agreement: Colombia. IEA. <https://rebrand.ly/en09edy>
- International Trade Administration. (25 de noviembre de 2023). Colombia Country Commercial Guide. Electric Power and Renewable Energy Systems. International Trade Administration. <https://rebrand.ly/n9y87tj>
- Jaramillo, A. y Squires, S. (1 de abril de 2024). Colombia power operator warns of outage risks amid drought. Bloomberg. <https://rebrand.ly/684f50>
- Liou, J. (13 de septiembre de 2023). What are Small Modular Reactors (SMRs)?. International Atomic Energy Agency [IAEA] <https://rebrand.ly/31dc4c>
- López, J. A., Medina, G., Domínguez, E., Uribe, E., Zapata, W., Arango, S., Martínez, J. P. y Correa, C. (2013). Estudio para determinar la vulnerabilidad y las opciones de adaptación del sector energético colombiano frente al cambio climático. Unión Temporal ACON – OPTIM. <https://rebrand.ly/z0q4skb>
- Masters, G. M. (2013). Renewable and Efficient Electric Power Systems. John Wiley & Sons. (2 ed.).
- Ramana, M. V. (2018). Technical and social problems of nuclear waste. WIREs Energy and Environment, 7(4) e289. <https://rebrand.ly/qzqmnb>
- Rudnick, H. y Velásquez, C. (2021). Learning from power sector reform experiences. The case of Colombia. The World Bank. <https://rebrand.ly/dq8f6b3>
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2024). Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima 2024-2038. República de Colombia Ministerio de Minas y Energía. <https://rebrand.ly/01e6c8>
- Wegrzyn, M. y Carlini, S. (2024). Small Modular Nuclear Reactors Suitability for Data Centers. Schneider Electric. <https://rebrand.ly/3w8ndcd>

### Cómo citar este artículo:

Hernández, I. (2025). Rol de pequeños reactores modulares en la transición energética de la generación eléctrica en Colombia. *Revista EPM*, (25),73-81.



# Estimación de costos socioambientales en proyectos con tecnología sin zanja

Socio-Environmental costs estimation in trenchless technology projects

**Sergio Andrés  
Otálvaro Velásquez**  
Unidad CET Normalización  
y Laboratorios, EPM

[sergio.otalvaro@epm.com.co](mailto:sergio.otalvaro@epm.com.co)

## Resumen

Este artículo presenta una revisión de las metodologías actuales para estimar los costos sociales y ambientales en proyectos de instalación de redes de servicios públicos, con el fin de contar con criterios adicionales que permitan tomar decisiones técnicas y económicas a los planeadores, diseñadores y tomadores de decisiones de los proyectos.

Además, presenta una comparación de los costos socioambientales en proyectos con excavaciones a cielo abierto y usando tecnologías sin zanja, con el objetivo de identificar órdenes de magnitud y diferencias económicas que pueden presentarse al evaluar este tipo de costos en los proyectos.

### Palabras clave:

Costos sociales y ambientales, Tecnología sin zanja, Excavaciones a cielo abierto, Instalación de redes de servicios públicos.

### Keywords:

Social and environmental costs, Open-cut excavations, Trenchless technologies, Utility installation.

## Introducción

De acuerdo con la Sociedad Internacional de Tecnologías sin Zanja, los métodos de instalación sin zanja se definen como todas las técnicas que involucran la instalación, reemplazo y renovación de tuberías con un mínimo de afectación en la superficie del terreno (The International Society for Trenchless Technology, 2025).

Lo anterior no solamente está enfocado en el componente técnico, sino también en el componente económico, donde hay diferentes variables que pueden llegar a hacer más atractivo para una entidad pública desarrollar un proyecto utilizando tecnología sin zanja que hacerlo usando técnicas convencionales con excavaciones a cielo abierto.

Una de las ventajas de los métodos de construcción sin zanja en comparación con los métodos tradicionales de excavación a

cielo abierto, es su capacidad para instalar o rehabilitar sistemas de servicios públicos subterráneos con una afectación mínima en los entornos urbanos y naturales que rodean los proyectos. Los costos económicos de estas afectaciones se denominan comúnmente costos socioambientales.

Comúnmente, en las etapas de planificación de los proyectos se pasan por alto los costos socioambientales, en parte porque no se pueden calcular mediante métodos de estimación tradicionales.

En este artículo se hace un repaso por las metodologías existentes para la estimación de algunos costos sociales y ambientales que usualmente no son calculados en las fases de planeación de los proyectos de instalación de redes de servicios públicos.

## Tipos de costos socioambientales en proyectos de redes de servicios públicos

Diversos autores han estudiado y categorizado los costos socioambientales en proyectos de infraestructura de redes de servicios públicos, coincidiendo en su mayoría en que existen varios grupos de costos comunes a tener en cuenta. Aunque podría haber otros relevantes, las categorías que se presentan a continuación suelen aparecer en la mayoría de los proyectos de construcción de servicios públicos, y se consideran adecuadas para su evaluación cuantitativa de manera razonablemente sistemática (Matthews et al, 2014).

- Costos por retrasos en los viajes.
- Costos de operación de vehículos.
- Costos por repavimentaciones de zanjas y nichos para redes de servicios públicos.

- Pérdida de ingresos comerciales.
- Pérdida de ingresos por estacionamientos públicos.
- Costo por limpiezas de zonas públicas.
- Costo por seguridad ocupacional de trabajadores en obra.

A continuación, se presenta una definición de cada uno de los tipos de costos socioambientales y la forma de calcularlo:

### 1. Costos por retrasos en los viajes

El trabajo de instalación de redes de servicios públicos puede causar retrasos significativos en el tráfico, debido al cierre de carriles o al cierre completo de carreteras, lo que obliga a

tomar desvíos de los vehículos. Los peatones también pueden verse obligados a tomar

desvíos debido a la reubicación de los servicios de transporte público y a las aceras bloqueadas.



**Figura 1.** Cierre de vías o carriles por trabajos en redes de servicios públicos. Recuperada de: Pautt, 2021).

Este tipo de costo puede calcularse de la siguiente forma:

$$C_{rt} = Ct \cdot N_v \cdot ITV \cdot D_h$$

Donde:

**$C_{rt}$ :** Costo por retrasos en los viajes de los vehículos (\$)

**$Ct$ :** Costo del tiempo perdido para el usuario por hora (\$/hora). Este valor puede ser calculado asumiendo que el tiempo que se gasta una persona en un embotellamiento le hace perder ingresos (dichos ingresos son variables de persona a persona, pero se puede trabajar con un valor promedio asumido por el proyectista (puede ser en términos de salarios mínimos por hora).

**$N_v$ :** Número de vehículos por hora (vehículos/hora). Puede medirse en campo o usando estadísticas de la zona.

**$ITV$ :** Incremento en el tiempo del viaje (horas/vehículo). Los retrasos en el viaje se pueden medir directamente en el sitio del proyecto o se pueden calcular utilizando criterios preestablecidos. Tighe et al. (1999) definieron los retrasos para los usuarios como los retrasos por disminución de velocidad causados por la velocidad reducida en la zona afectada y los retrasos por embotellamientos debido a la congestión cuando la demanda de tráfico supera la capacidad de la carretera.

**$D_h$ :** Tiempo de duración del proyecto (horas)

## 2. Costos de operación de vehículos

En un proyecto de instalación de redes se generan cierres viales que implican distancias de viaje más largas por desvíos del tráfico, o simplemente disminución de la velocidad por congestión en el tramo intervenido. Adicionalmente, tener que parar y arrancar constantemente resulta en mayores costos de operación por consumo de combustible para los vehículos. Por ejemplo, 1000 cambios de velocidad de 80 km/h a 24 km/h y de vuelta a 80 km/h causan un consumo adicional de combustible de 55 litros para vehículos livianos (Budhu G. et al, 1994).

El costo puede calcularse como se muestra a continuación:

$$C_{op-veh} = I_d \cdot C_o \cdot N_v \cdot D_h$$

Donde:

**C<sub>op-veh</sub>**: Costo de operación de los vehículos (\$)

**I<sub>d</sub>**: Incremento en la distancia de viaje por desvíos (km)

**C<sub>o</sub>**: Costos operativos de los vehículos (\$/km-vehículo)

**N<sub>v</sub>**: Número de vehículos por hora (vehículos/hora)

**D<sub>h</sub>**: Tiempo en horas de duración del proyecto (hora)

Cada uno de los parámetros anteriores son valores que deben ser obtenidos para la zona del proyecto y asumidos por el proyectista de acuerdo con las características propias del proyecto.

## 3. Costos por repavimentaciones de zanjas y nichos para redes de servicios públicos

Las excavaciones abiertas y su posterior repavimentación generan en muchas ocasiones deformaciones en el pavimento y diferentes tipos de patologías en las estructuras de pavimento (tanto en los niveles de subbase, base granular y carpeta asfáltica), lo que puede provocar una degradación acelerada del pavimento (ver foto 2).



**Figura 2.** Patologías en pavimentos por intervenciones de redes de servicios públicos: Recuperado de: Vicepresidencia Proyectos e Ingeniería - Dirección Gestión Territorial Intervenciones de Infraestructura.

El cálculo del costo puede realizarse así:

$$C_r = \sum (V_i \cdot Cu_i) \cdot R(\%)$$

Donde:

**C<sub>r</sub>**: Costo por repavimentaciones de zanjas y nichos (\$)

El cálculo del costo puede realizarse así:

$$C_r = V_i \cdot Cu_i \cdot R(\%)$$

Donde:

**C<sub>r</sub>**: Costo por repavimentaciones de zanjas y nichos (\$)

**V<sub>i</sub>**: Volumen de cada capa de la estructura de pavimento. Incluye capas de arenilla, subbase granular, base granular y carpeta asfáltica (m<sup>3</sup>)

**Cu<sub>i</sub>**: Costo unitario de cada capa de material (arenilla, subbase granular, base granular y carpeta asfáltica), incluyendo materiales y mano de obra (\$/m<sup>3</sup>)

**R(%)**: Porcentaje de la zanja que debe repavimentarse durante la vida útil del pavimento, por patologías en la zanja o nicho.

#### 4. Pérdidas económicas para locales comerciales de la zona

Los cierres de vías o desvíos del tráfico vehicular, a causa de grandes excavaciones de zanjas para instalación de redes de servicios públicos, pueden disminuir la accesibilidad de los clientes a locales comerciales (tiendas, supermercados, restaurantes, etc.), debido a condiciones de tráfico congestionado, espacios de estacionamiento perdidos y barreras físicas asociadas con las actividades de construcción.

Por un lado, los negocios pierden clientes que prefieren ir a lugares más convenientes, mientras que, por otro lado, los negocios que dependen de entregas regulares pueden experimentar dificultades con sus niveles de inventario. El impacto adverso puede ser especialmente severo para los negocios que dependen del flujo de tráfico, como restaurantes, cafeterías y estaciones de combustible.



**Figura 3.** Afectación al comercio por intervenciones en vías. Recuperado de: (Alvarez, 2016).

Esta pérdida económica puede estimarse así:

$$C_c = F_i \cdot F_p \cdot D_w$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Pérdidas de ingresos comerciales (\$)

**F<sub>i</sub>**: Factor de impacto de acuerdo con la zona y al tipo de afectación de la actividad comercial. Afectación alta ( $0.60 < F_i < 1$ ), afectación media ( $0.30 < F_i \leq 0.60$ ), afectación baja ( $0 < F_i \leq 0.30$ ). Estos rangos fueron asumidos para este ejercicio práctico, en un caso real el proyectista debe definirlo de acuerdo con las características de la zona del proyecto.

**F<sub>p</sub>**: Facturación promedio de los locales comerciales por semana (\$/semana)

**D<sub>w</sub>**: Duración del proyecto (semanas)

## 5. Pérdidas de ingresos por estacionamientos públicos

La pérdida de espacios de estacionamiento conduce a una menor recaudación de ingresos de parquímetros de estacionamiento para el municipio donde se desarrolle el proyecto.

Esta pérdida económica puede estimarse así:

$$P_e = N_{ep} \cdot T_h \cdot O_c \cdot D_h$$

Donde:

**P<sub>e</sub>**: Pérdidas por estacionamientos públicos (\$)

**N<sub>ep</sub>**: Número de espacios de parqueo perdidos (adimensional)

**T<sub>h</sub>**: Tarifa del estacionamiento por hora (\$/hora)

**O<sub>c</sub>**: % de ocupación de estacionamiento en la zona afectada (%)

**D<sub>h</sub>**: Duración del proyecto (horas)

## 6. Costo de limpieza de zonas públicas

Las excavaciones abiertas generan una cantidad considerable de polvo en su entorno, lo que conlleva un aumento en las necesidades de limpieza de vías y zonas públicas. Además, la calidad de vida de las personas que viven cerca de la zona de construcción disminuye.

Este costo puede estimarse así:

$$C_{limpieza} = [(T_l \cdot A_l) + (T_b \cdot L_b)] \cdot D_w$$

Donde:

**C<sub>limpieza</sub>**: Costo de limpieza de zonas públicas (\$)

**T<sub>l</sub>**: Tarifa de lavado de zonas públicas (\$/m<sup>2</sup>)

**A<sub>l</sub>**: Área de lavado de zonas públicas (m<sup>2</sup>)

**T<sub>b</sub>**: Tarifa de barrido de áreas vías y áreas públicas (\$/km)

**L<sub>b</sub>**: Longitud de barrido y limpieza de zonas públicas (km)

**D<sub>w</sub>**: Duración del proyecto (semanas)

## 7. Costos por incapacidades de trabajadores

Las zanjas abiertas para instalación de redes de servicios públicos presentan un mayor riesgo para los trabajadores y peatones en comparación con los pozos empleados en los métodos de construcción sin zanja.

Los accidentes relacionados con el colapso de materiales de excavación y sepultamiento de trabajadores dentro de zanjas son un tema delicado que debe recibir la atención que merece. La búsqueda de métodos constructivos que minimicen este riesgo es una tarea de todas

las empresas involucradas en este tipo de actividades.

Un accidente en obra a causa de una zanja abierta podría clasificarse en dos casos:

uno en el que el trabajador sufre el accidente y la empresa debe pagarle su salario por incapacidad, y otro en el que el trabajador sufre un accidente mortal.



**Figura 4.** Accidentes de obra en excavaciones a cielo abierto. Recuperado de: (Ministerio del trabajo, 2014).

El costo puede estimarse así:

Para el caso de un accidente que genera una incapacidad al trabajador:

$$C_{inc} = [(D_e \cdot S_d \cdot \%_e) + (D_{EPS} \cdot S_d \cdot \%_{EPS})] \cdot N_{trabajadores}$$

Dónde:

**C<sub>inc</sub>**: Costo de incapacidades (\$)

**D<sub>e</sub>**: Días de salario cubiertos por el empleador (días)

**S<sub>d</sub>**: Salario del trabajador/día (\$/día)

**%<sub>e</sub>**: Porcentaje del salario cubierto por el empleador (100% del salario los 2 primeros días de la incapacidad del trabajador).

**D<sub>EPS</sub>**: Días de salario cubiertos por la EPS

**%EPS**:

**N<sub>trabajadores</sub>**: Número de trabajadores incapacitados durante la duración del proyecto.

#### Notas:

- Porcentaje del salario del trabajador pagado por la EPS (en Colombia los primeros dos días los debe pagar el empleador, después del tercer día la EPS paga el 66.66% del salario hasta los 90 días de incapacidad; después de los 90 días la EPS paga el 50% del salario; a partir de los 180 días la incapacidad la debe pagar el fondo de pensiones y se valora la posibilidad de rehabilitación del trabajador o la procedencia de la pensión por invalidez. (Ministerio de Justicia y del Derecho, 2019)
- El caso donde el trabajador sufre un accidente mortal no se analizará en este artículo, sin embargo, cabe resaltar que las metodologías constructivas que emplean tecnologías sin zanja minimizan considerablemente el riesgo de sufrir tanto accidentes que generen incapacidades como accidentes mortales.

### Ejemplo de aplicación:

A continuación, se presenta un ejemplo práctico, con el fin de mostrar los cálculos de cada uno de los costos y así poder comparar las ventajas entre un proyecto de instalación de

redes de servicios públicos usando excavaciones a cielo abierto o empelando tecnología sin zanja.

Se hace la claridad que los datos son asumidos por el autor y no corresponden a datos tomados en campo o a un proyecto específico.

	Unidades	Excavación a cielo abierto	Proyecto usando tecnología sin zanja
<b>Características del proyecto</b>			
Tipo de servicio	-	Alcantarillado	Alcantarillado
Rendimiento	m/día	3	10
Duración del proyecto	semanas	24	7
	horas	4000	1200
Longitud de la tubería	m	500	500
	km	0.5	0.5
Diámetro de la tubería a instalar	m	0.80	0.80
Ancho de la zanja	m	1.5	N/A
Profundidad al eje de la tubería	m	2.5	5 a 6 m (microtunnel)
<b>Datos del tráfico</b>			
Volúmenes de tránsito	vehículos/hora	950	950
Número de personas por vehículo (promedio)	personas/vehículo	2	2
Número de peatones en el tramo intervenido por ahora	personas/hora	150	150
Número de espacios de parqueo en el tramo intervenido	-	80	80
<b>Incremento en el tiempo de viaje de un vehículo en el tramo intervenido</b>			
Incremento en la distancia de viaje por desvíos (km)	km	0.75	0.5
Velocidad promedio de un vehículo en el tramo (sin obra)	km/hora	50	50
Tiempo que tarda el vehículo en pasar por el tramo (sin obra)	horas	0.01	0.01
Velocidad promedio de un vehículo en el tramo (en obra)	km/hora	10	50
Tiempo que tarda un vehículo en pasar por el tramo (en obra)	horas/vehículo	0.075	0.010
<b>Datos de costos generales</b>			
Salario mínimo por hora ordinaria en Colombia (2025)	\$/hora	6189	6189
Número de personas por hora en el tramo intervenido	personas/hora	2050	2050
Pérdida de ingreso/persona	\$/persona	464	62
Costo combustible	\$/galón	\$16.000.00	\$16.000.00
Rendimiento de un vehículo promedio	km/galón	38	38
Consumo de combustible por vehículo en el tramo	galón/vehículo	0.020	0.013

**Tabla 1.** Datos para el ejemplo práctico.

	Unidades	Excavación a cielo abierto	Proyecto usando tecnología sin zanja
<b>1. Retrasos en los viajes</b>			
Costos del tiempo perdido para el usuario por hora	Ct (\$/hora)	464	62
Número de vehículos por hora	N <sub>v</sub> (veh./hora)	950	950
Incremento en el tiempo del viaje	ITV (horas/vehículo)	0.075	0.010
Duración del proyecto en horas	D <sub>h</sub> (horas)	4000	1200
<b>Costos por retrasos en los viajes</b>	C <sub>rt</sub> (\$)	\$132.289.875.00	\$705.546.00
<b>2. Costos de operación de vehículos</b>			
Incremento en la distancia de viaje por desvíos (km)	I <sub>d</sub> (km)	0.75	0.50
Costos operativos de los vehículos	C <sub>o</sub> (\$/km-vehículo)	316	211
Número de vehículos por hora	N <sub>v</sub> (veh./hora)	950	950
Duración del proyecto en horas	D <sub>h</sub> (horas)	4000	1200
<b>Costo de operación de vehículos</b>	C <sub>op-veh</sub>	<b>\$900.000.000.00</b>	<b>\$120.000.000.00</b>
<b>3. Costos por repavimentaciones de zanjas y nichos para redes de servicios públicos</b>			
Volumen de cada capa	V <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> ) (arenilla, capa = 0.4m)	300	N/A  (Se asume que hay pozos de lanzamiento en zonas verdes y no se requiere excavación de zanja sobre la vía)
	V <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> ) (subbase granular, capa = 0.5m)	375	
	V <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> ) (base granular, capa = 0.3m)	225	
	V <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> ) (carpeta asfáltica, capa = 0.05m)	38	
Costo unitario de cada capa	Cu <sub>1</sub> (\$/m <sup>3</sup> ) (arenilla)	97802	
	Cu <sub>2</sub> (\$/m <sup>3</sup> ) (subbase granular)	210672	
	Cu <sub>3</sub> (\$/m <sup>3</sup> ) (base granular)	222035	
	Cu <sub>4</sub> (\$/m <sup>3</sup> ) (carpeta asfáltica)	1888012	
Porcentaje de repavimentación de zanja durante vida útil	R (%)	40%	
<b>Costo repavimentación</b>	C <sub>r</sub> (\$)	<b>\$91.640.370.00</b>	-

	Unidades	Excavación a cielo abierto	Proyecto usando tecnología sin zanja
<b>4. Pérdidas de locales comerciales en la zona</b>			
Factor de impacto de la zona	$F_i$	0.4	N/A
Afectación alta, $0.6 < F_i \leq 1$			(No se afecta la actividad comercial)
Afectación media, $0.3 < F_i \leq 0.6$			
Afectación baja, $0 < F_i \leq 0.3$			
Facturación promedio de los locales comerciales por semana	$F_p$ (\$/semana)	\$50.000.000.00	
Duración del proyecto	$D_w$	24	
<b>Pérdidas de ingresos comerciales</b>	<b><math>C_c</math></b>	<b>\$476.190.476.19</b>	<b>-</b>
<b>5. Pérdidas de ingresos por estacionamientos públicos</b>			
Número de espacios de parqueo perdidos	$N_{ep}$	30	
Tarifa del estacionamiento por hora	$T_h$ (\$/hora)	3500	
% de ocupación de estacionamiento en la zona afectada	$O_c$ (%)	20%	N/A
Duración del proyecto en horas	$D_h$ (horas)	4000	
<b>Pérdidas por estacionamientos públicos</b>	<b><math>P_e</math> (\$)</b>	<b>\$84.000.000.00</b>	<b>-</b>
<b>6. Costo de limpieza de zonas públicas</b>			
Tarifa de lavado de áreas públicas	$T_l$ (\$/m <sup>2</sup> )	\$368	\$368
Tarifa de barrido de vías y áreas públicas	$T_b$ (\$/km)	\$64.416	\$64.416
Área de lavado de zonas públicas (ancho de vía de 6.5m)	$A_l$ (m <sup>2</sup> )	3250	3250
Longitud de barrido y limpieza de zonas públicas	$L_b$ (km)	0.5	0.5
Duración del proyecto en semanas	$D_w$ (semanas)	24	7
<b>Costo de limpieza</b>	<b><math>C_{limpieza}</math> (\$)</b>	<b>\$29.243.047.62</b>	<b>\$8.772.914.29</b>
<b>7. Costos por seguridad ocupacional de trabajadores en obra</b>			
Cantidad de trabajadores incapacitados en la duración del proyecto	$N_{trabajadores}$	7	2
Salario de un trabajador	$S_d$ (\$/día)	\$54.116.00	\$54.116.00
Días de incapacidad	días	30	30
Días que asume el empleador	$D_e$ (días)	2	2
Días que asume la EPS	$D_{EPS}$ (días)	28	28
% salario asumido por el empleador (los 2 primeros días)	%	100%	100%
% salario asumido por el empleador (90 días de incapacidad)	%	66.66%	66.66%
<b>Costo de incapacidades</b>	<b><math>C_{inc}</math> (\$)</b>	<b>\$7.828.074.22</b>	<b>\$2.236.592.63</b>

**Tabla 2.** Cálculo y comparación de costos sociales y ambientales.

Para el ejemplo anterior, se puede evidenciar que la sumatoria de costos, si el proyecto se desarrollara usando excavaciones a cielo abierto, ascienden a \$ 1.721.191.843, mientras que si el proyecto se ejecuta usando tecnología sin zanja los costos sociales y ambientales serían \$ 131.715.052.

Lo anterior quiere decir que la tecnología sin zanja, para este caso, representa un

porcentaje significativo de reducción de costos (92% aproximadamente) para diversos sectores de la comunidad (empresa de servicios públicos, municipio, locales comerciales, personas, medio ambiente), con lo cual, la alternativa de que el proyecto se ejecute usando tecnología sin zanja se vuelve bastante beneficiosa.

## Conclusiones

- Los costos sociales y ambientales tienen un impacto significativo en el costo total de un proyecto, como se evidenció en el ejemplo presentado. Sin embargo, debido a que no son fácilmente cuantificables y no constituyen costos directos del proyecto, suelen ser ignorados en las evaluaciones de viabilidad económica. Esto genera que, en última instancia, sea la sociedad quien asuma estos costos, lo que a su vez afecta la reputación de la empresa de servicios públicos y la calidad de vida de las comunidades.
- La estimación de los costos sociales y ambientales puede hacer más atractiva la opción de desarrollar un proyecto de instalación o renovación de una red de servicios públicos utilizando tecnología sin zanja en vez de excavaciones convencionales a cielo abierto. Esto es especialmente relevante en zonas altamente pobladas, donde las afectaciones al espacio público generan un impacto considerable en la economía local.
- Dado que algunos costos sociales y ambientales deben calcularse con datos obtenidos en campo, los planeadores de proyectos no cuentan con esta información en las etapas de diseño o planeación. Como resultado, estos costos no se consideran, lo que lleva a que las pérdidas económicas sean asumidas por la sociedad, afectando tanto la calidad de vida de las personas como la reputación de la empresa de servicios públicos.

## Referencias

- Álvarez, D. (22 de agosto de 2016). Así avanza Centro Parrilla, la apuesta de EPM para descontaminar el centro de Medellín. <https://rebrand.ly/j03p30t>
- Allouche, E., Pucker, J., & Sterling, R. (2006). Social costs associated with trenchless projects: Case histories in North América and Europe. North American Society of Trenchless Technology (NASTT) - No Dig 2006.
- Budhu G., & Iseley D. (1994). The economics of trenchless technology vs. the traditional cut and fill in high-density-activity urban corridors — a research concept in a real-world environment. No-Dig North American Society for Trenchless Technology.
- Kaushal, V. (2019). Comparison of enviromental and social costs of trenchless cured in place pipe renewal method with open cut pipeline replacement for sanitary sewers (Doctoral thesis). University of Texas at Arlington.
- Matthews, J., Allouche, E., & Sterling, R. (2014). Social cost impact assessment of pipeline infrastructure projects. Enviromental Impact Assessment Review.
- Ministerio de Justicio y del Derecho (14 de agosto de 2019) ¿Cómo y quién paga el salario durante una incapacidad laboral? Minjusticia. Recuperado el 21 de marzo de 2025 de <https://rebrand.ly/xzh7tud>
- Ministerio del Trabajo. (2014). Guía trabajo seguro en excavaciones. <https://rebrand.ly/t95lxbq>
- Pautt, S. (2021). Trabajos en el puente Ospina Pérez en Girardot incluyen repotenciación, dice la ANI al oficializar el cierre por seis meses. <https://rebrand.ly/0egsarb>
- The International Society for Trenchless Technology. (15 de 01 de 2025). Quiénes somos. <https://rebrand.ly/szjqmwx>
- Tighe S., Lee T., McKim R., & Haas R. (1999). Traffic delay cost savings associated with trenchless technology. Infrastruct Syst.

### Cómo citar este artículo:

Otálvaro, S. (2025). Estimación de costos socioambientales en proyectos con tecnología sin zanja. **Revista EPM**, (25), 82-94.

## Convocatoria para publicar en la Revista EPM

El Comité Editorial de la Revista EPM invita a la postulación de artículos, para las próximas ediciones, en temas relacionados con las líneas temáticas del Grupo EPM y otros contenidos enmarcados en la filosofía de la Revista, orientada a la divulgación y apropiación social del conocimiento. La estructura de los artículos debe tener en cuenta los lineamientos que se presentan en la Guía para Autores Revista EPM.pdf.

### **Recepción de artículos y contacto**

Revista EPM

[dep01980568@epm.com.co](mailto:dep01980568@epm.com.co)

[gestiondeinformacion@fundacionepm.org.co](mailto:gestiondeinformacion@fundacionepm.org.co)

**EPM, 70 años comprometidos  
con el bienestar y la transformación  
de los territorios**

**epm**<sup>®</sup>

**70**  
años  
Juntos