

# GESTIÓN PATRIMONIAL DE ALCANTARILLADOS

•e  
editorial  
Pontificia Universidad  
JAVERIANA

Nathalie Hernández Rodríguez  
Andrés Torres



# **Gestión patrimonial de alcantarillados**

# **Gestión patrimonial de alcantarillados**

**NATHALIE HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ** |  
**ANDRÉS TORRES** |





Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá

Facultad de Ingeniería

Reservados todos los derechos

© Pontificia Universidad Javeriana

© Nathalie Hernández Rodríguez y

Andrés Torres

Primera edición: Bogotá, D. C.,  
junio de 2020

ISBN (impreso): 978-958-781-464-4

ISBN (digital): 978-958-781-465-1

DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.9789587814651>

Conversión ePub: Lápiz Blanco S.A.S.

Hecho en Colombia

*Made in Colombia*

Editorial Pontificia Universidad Javeriana

Carrera 7 n.º 37-25, oficina 1301

Edificio Lutaima

Teléfono: 320 8320 ext. 4752

[www.javeriana.edu.co/editorial](http://www.javeriana.edu.co/editorial)

[editorialpuj@javeriana.edu.co](mailto:editorialpuj@javeriana.edu.co)

Bogotá, D. C.



Corrección de estilo:

Ella Suárez

Diagramación:

Marcela Godoy

Diseño de cubierta:

La Central de Diseño



Pontificia Universidad Javeriana | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como Universidad: Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 73 del 12 de diciembre de 1933 del Ministerio de Gobierno.

Pontificia Universidad Javeriana. Biblioteca Alfonso Borrero Cabal, S. J.  
Catalogación en la publicación

Hernández Rodríguez, Nathalie, autora

Gestión patrimonial de alcantarillados / Nathalie Hernández Rodríguez, Andrés Torres. -- Primera edición. -- Bogotá : Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2020.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN : 978-958-781-464-4

1. Alcantarillado 2. Ingeniería de estructuras 3. Estructuras hidráulicas 4. Construcciones subterráneas 5. Patrimonio cultural y urbanístico 6. Ingeniería civil I. Torres Abello, Andrés Eduardo, autor II. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería

CDD 628.2 edición 21

---

inp

26/03/2020

Prohibida la reproducción total o parcial de este material sin la autorización por escrito de la Pontificia Universidad Javeriana. Las opiniones expresadas son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen a la Pontificia Universidad Javeriana.

# Autores

## **Nathalie Hernández Rodríguez**

Ingeniera civil y magíster en Hidrosistemas de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia). Es candidata a doctora en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana y miembro del grupo de investigación Ciencia e Ingeniería del Agua y el Ambiente. Además, cuenta con ocho años de experiencia como investigadora en diversos temas de la gestión patrimonial de alcantarillados, como el análisis de variables que influyen sobre la condición estructural de los activos, el desarrollo de herramientas de predicción de fallas y condiciones de los activos del alcantarillado y las propuestas de gestión que apoyan actividades de rehabilitación de esta infraestructura.

## **Andrés Torres**

Ingeniero civil y especialista en Sistemas Gerenciales en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia). Es magíster en Ingeniería Civil y doctor en Hidrología Urbana de la Universidad de Lyon (INSA Lyon, Francia). Actualmente es profesor titular de la Pontificia Universidad Javeriana y miembro del grupo de investigación Ciencia e Ingeniería del Agua y el Ambiente. Sus actividades como docente se centran en la carrera de

Ingeniería Civil, en la Maestría en Hidrosistemas y el Doctorado en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. Como investigador ha trabajado por más de quince años en los campos de la hidrología urbana, especialmente en lo que se refiere a sistemas urbanos de drenaje sostenible, aprovechamiento de aguas lluvias y gestión patrimonial de alcantarillados.

**Siglas**

**Figuras**

**Tablas**

**Prefacio**

**Introducción general**

**1. Gestión patrimonial de infraestructura**

**2. Gestión patrimonial del alcantarillado**

**3. Tecnologías para recolectar información de los activos del sistema de alcantarillado**

**4. Evaluación de la condición de los activos de alcantarillado**

**5. Factores que influyen en la vida útil de los activos de alcantarillado**

**6. Métodos/metodologías para predecir las condiciones o daños de los alcantarillados (modelos de deterioro)**

**7. Programas de gestión**

## **Referencias**

## [|\\_Siglas](#)

ANP	<i>Analytical network process</i> (proceso de red analítica)
ASCE	American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles)
AWWA	American Water Works Association (Asociación Americana de Obras Hídricas)
CCI	<i>Combined condition index</i> (índice de condición combinada)
CCTV	<i>Closed-circuit television camera</i> (cámara de circuito cerrado de televisión)
Cepal	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CERIU	Centre d'Expertise et de Recherche en Infrastructures Urbaines (Centro de Especialización e Investigación en Infraestructuras Urbanas)
CR	<i>Consistency ratio</i> (tasa de consistencia)
DTS	<i>Distributed temperature sensor</i> (sensor de temperatura distribuida)
DWA	Deutsche Wirtschaftsakademie (Academia Económica Alemana)
EAAB	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

GIS	<i>Geographic information system</i> (sistema de información geográfica)
GPA	Gestión patrimonial de alcantarillados
GPI	Gestión patrimonial de infraestructura
HER	<i>Hierarchical evidence reasoning</i> (razonamiento de evidencia jerárquica)
IAM	<i>Infrastructure asset management</i> (gestión patrimonial de infraestructura)
IC	Infraestructuras críticas
INDIGAU	<i>Indicateurs de performances pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains</i> (indicadores de desempeño para la gestión patrimonial de las redes de alcantarillado urbano)
IOBS	Impacto observado
MSCC	<i>Manual of Sewer Condition Classification</i> (manual de clasificación de la condición del alcantarillado)
NAAPI	North American Association of Pipeline Inspectors (Asociación Norteamericana de Inspectores de Tuberías)
NASSCO	National Association of Sewer Service Companies (Asociación Nacional de Compañías de Servicios de Alcantarillado)
PACP	Pipeline Assessment Certification Program (Programa de Certificación y Evaluación de Tuberías)
PCA	<i>Principal components analysis</i> (análisis de componentes principales)

PI	<i>Performance indicators</i> (indicadores de desempeño)
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i> (policloruro de vinilo)
RERAU	<i>Réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains</i> (rehabilitación de redes de saneamiento urbano)
SIG	Sistemas de información geográfica
SRM	<i>Sewer rehabilitation manual</i> (manual de rehabilitación de alcantarillados)
SSET	<i>Sewer scanner and evaluation technology</i> (tecnología de escáner y evaluación del alcantarillado)
SVM	<i>Support vector machines</i> (máquinas de soporte vectorial)
WAA	Water Authorities Association (Asociación de Autoridades del Agua)
WRC	Water Research Centre (Centro de Investigación del Agua)

## | Figuras

- Figura 1.** Ejemplos de la infraestructura pública que poseen las ciudades
- Figura 2.** Ejemplos de infraestructura crítica
- Figura 3.** América Latina: distribución de las inversiones en infraestructura por sector de infraestructura, 2003-2012 (en porcentajes del producto interno bruto)
- Figura 4.** Etapas de la gestión de activos de infraestructura basadas en Lemer (1999), que originan las principales temáticas de investigación en gestión patrimonial de alcantarillados
- Figura 5.** Inspección de redes con cámara de circuito cerrado de televisión
- Figura 6.** Perfilador láser para inspección de tuberías
- Figura 7.** Radar de penetración de suelo o georradar
- Figura 8.** Dispositivo basado en técnicas acústicas e imagen sonar producto de la inspección de tuberías
- Figura 9.** Inspecciones ultrasónicas
- Figura 10.** Sistemas de detección de temperatura
- Figura 11.** Resumen de las tecnologías de inspección
- Figura 12.** Gráfico esquemático de los sistemas de

- información geográfica: integración de mapas ráster y vectoriales
- Figura 13.** Códigos de defectos estructurales, operacionales y misceláneos
- Figura 14.** Códigos de defectos adicionales propuestos por el MSCC1
- Figura 15.** Antecedentes históricos de manuales de calificación de la condición de alcantarillados basados en el primer manual de rehabilitación de alcantarillados
- Figura 16.** Relaciones entre los diferentes tipos de indicadores
- Figura 17.** Definición de los umbrales de calibración basados en la opinión de expertos y los grados de condición calculados utilizando la metodología INDIGAU
- Figura 18.** Desarrollo de la metodología del índice de condición combinada
- Figura 19.** Algoritmo del modelo propuesto por Ennaouri y Fuamba (2011)
- Figura 20.** Diagrama de flujo del modelo integrado
- Figura 21.** Ejemplo de atribución de longitudes de reparación a lo largo del activo del alcantarillado
- Figura 22.** Clasificación de las condiciones de las grietas longitudinales utilizando lógica difusa
- Figura 23.** Porcentaje de priorización de la rehabilitación determinado a partir de la