

# **Propuesta para la mejora de las redes de abastecimiento de agua para un suministro eficiente y sostenible en el municipio de Tibú, Norte de Santander**

**Julián Mantilla Bohórquez**  
Código estudiantil: 202122823281

**Juan Diego López Villamizar**  
Código estudiantil: 202212824524

**Mario Fernando Rivera Boada**  
Código estudiantil: 202212824531

**Diana Carolina Gómez**  
Código estudiantil: 202422830942

Trabajo de Investigación del programa: **Ingeniería Industrial**

**Tutor:**  
**Pedro Jesús Gómez Peñaloza**

## **RESUMEN**

Este trabajo de investigación, desarrollado por estudiantes de Ingeniería Industrial, aborda la crítica situación del sistema de abastecimiento de agua en el municipio de Tibú, Norte de Santander. El estudio identifica que la creciente demanda poblacional, sumada a problemáticas ambientales como la contaminación por derrames de hidrocarburos del oleoducto Caño Limón-Coveñas y la deforestación, ha superado la capacidad de la infraestructura hídrica existente, generando una crisis en el suministro eficiente y sostenible de agua potable.

El planteamiento del problema se centra en la evidente desproporción entre el crecimiento demográfico y la expansión de la infraestructura. Entre 2005 y 2022, la población de Tibú creció un 71%, llegando a 51.399 habitantes. Paradójicamente, la cobertura del servicio de acueducto disminuyó del 62.4% al 51.4% en el mismo período. Esta brecha se agrava por la contaminación de las principales fuentes hídricas (ríos Tibú y Catatumbo) con aceites, grasas e hidrocarburos, cuyas concentraciones, como los 9.63 mg/l registrados en el caño Nitiguan, representan un alto riesgo para la salud pública. Adicionalmente, el sistema depende en gran medida de pilas públicas, muchas de las cuales están inoperantes por falta de mantenimiento y carecen de medición o gestión formal.

La metodología adoptada es de enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) con un paradigma positivista, basándose en una extensa revisión documental de fuentes oficiales como el DANE, Corponor, la Secretaría de Planeación Municipal y

Asomunicipios. El marco teórico se sustenta en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y en herramientas técnicas como el software EPANET para modelado de redes, que permiten un análisis integral del ciclo hídrico y la simulación de soluciones de optimización.

El diagnóstico detallado reveló varias problemáticas interconectadas:

**Cobertura deficiente:** Casi la mitad de la población no tiene acceso formal al acueducto.

**Infraestructura obsoleta y desbordada:** Las redes existentes no han crecido a la par de la demanda y las plantas de tratamiento operan con tecnología obsoleta.

**Gestión comunitaria débil:** Las Juntas de Acción Comunal que operan las pilas públicas carecen de capacitación técnica y administrativa, y no existen contratos formales con los usuarios.

**Contaminación ambiental crítica:** La actividad petrolera y otras prácticas han envenenado las fuentes de abastecimiento.

**Desconexión en la planificación:** El crecimiento urbano y demográfico no ha sido incorporado de manera efectiva en los planes de ordenamiento territorial e inversión pública.

Para hacer frente a esta situación multicausal, la investigación propone un paquete de seis estrategias interrelacionadas:

**Modernización de la Infraestructura Hídrica:** Rehabilitar plantas de tratamiento, renovar tuberías con materiales resistentes (como PVC RDE 26) e implementar sistemas de micromedición para un control eficiente del consumo y las pérdidas.

**Fortalecimiento de la Gestión Comunitaria:** Capacitar a las Juntas de Acción Comunal en administración y mantenimiento técnico, y formalizar los contratos con los usuarios para lograr sostenibilidad financiera y operativa.

**Protección y Recuperación de Fuentes Hídricas:** Implementar programas de monitoreo de calidad del agua, restaurar riberas y articular acciones con Corponor para controlar vertimientos y derrames, en el marco de los Planes de Ordenación de Cuencas (POMCA).

**Expansión de Cobertura en Zonas Rurales:** Diseñar e implementar soluciones adaptadas al territorio rural, como sistemas de captación de lluvia, pozos profundos y plantas compactas de tratamiento, priorizando su financiación con recursos de regalías y del Sistema General de Participaciones.

**Planificación Demográfica e Inversión Pública:** Integrar las proyecciones de crecimiento poblacional en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y los planes de desarrollo municipal, para direccionar la inversión pública hacia la ampliación proporcional de la infraestructura hídrica.

**Educación Ambiental y Cultura del Agua:** Fortalecer campañas de sensibilización en colegios y comunidades para promover el uso racional del agua, la protección de las fuentes hídricas y la participación ciudadana, replicando modelos exitosos como los "Clubes Defensores del Agua".

Finalmente, la investigación evidencia que la crisis del agua en Tibú es el resultado de dinámicas técnicas, ambientales, sociales y administrativas complejas. La propuesta presentada no se limita a una solución de ingeniería, sino que promueve un modelo de gestión integral y adaptativo. La implementación articulada de estas estrategias, con el compromiso de las entidades locales, departamentales y la comunidad, es fundamental para transitar hacia un sistema de abastecimiento que garantice el derecho humano al agua, mejore la calidad de vida de los tibuyanos y contribuya al desarrollo sostenible del municipio, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento). La viabilidad del plan depende crucialmente de la voluntad política, la asignación de recursos financieros y la construcción de una robusta gobernanza del agua.

**Palabras clave:** redes de abastecimiento de agua, infraestructura hídrica, sostenibilidad

## ABSTRACT

This research work, developed by Industrial Engineering students, addresses the critical situation of the water supply system in the municipality of Tibú, Norte de Santander. The study identifies that the growing population demand, combined with environmental issues such as contamination from spills from the Caño Limón-Coveñas oil pipeline and deforestation, has exceeded the capacity of the existing water infrastructure, creating a crisis in the efficient and sustainable supply of drinking water.

The problem statement focuses on the evident disproportion between demographic growth and infrastructure expansion. Between 2005 and 2022, Tibú's population grew by 71%, reaching 51,399 inhabitants. Paradoxically, water supply coverage decreased from 62.4% to 51.4% in the same period. This gap is worsened by the contamination of main water sources (Tibú and Catatumbo rivers) with oils, grease, and hydrocarbons, whose concentrations, such as the 9.63 mg/l recorded in the Nitiguan stream, represent a high risk to public health. Additionally, the system heavily relies on public water tanks, many of which are inoperative due to lack of maintenance and lack formal measurement or management.

The adopted methodology is mixed-methods (qualitative and quantitative) with a positivist paradigm, based on an extensive documentary review of official sources

such as DANE, Corponor, the Municipal Planning Secretariat, and Asomunicipios. The theoretical framework is based on Integrated Water Resources Management (IWRM) and technical tools like EPANET software for network modeling, which allow for a comprehensive analysis of the hydrological cycle and the simulation of optimization solutions.

The detailed diagnosis revealed several interconnected problems:

**Deficient Coverage:** Almost half of the population lacks formal access to the water supply network.

**Obsolete and Overwhelmed Infrastructure:** Existing networks have not grown in line with demand, and treatment plants operate with outdated technology.

**Weak Community Management:** The Community Action Boards that operate the public water tanks lack technical and administrative training, and there are no formal contracts with users.

**Critical Environmental Contamination:** Oil industry activity and other practices have poisoned water supply sources.

**Disconnected Planning:** Urban and demographic growth has not been effectively incorporated into territorial planning and public investment plans.

To address this multi-causal situation, the research proposes a package of six interrelated strategies:

**Modernization of Water Infrastructure:** Rehabilitate treatment plants, renew pipelines with resistant materials (such as PVC RDE 26), and implement metering systems for efficient control of consumption and losses.

**Strengthening Community Management:** Train Community Action Boards in administration and technical maintenance, and formalize contracts with users to achieve financial and operational sustainability.

**Protection and Recovery of Water Sources:** Implement water quality monitoring programs, restore riverbanks, and coordinate actions with Corponor to control discharges and spills, within the framework of Watershed Management Plans (POMCA).

**Expansion of Coverage in Rural Areas:** Design and implement solutions adapted to rural areas, such as rainwater harvesting systems, deep wells, and compact treatment plants, prioritizing their financing with royalty funds and the General Participation System.

**Demographic Planning and Public Investment:** Integrate population growth projections into Territorial Planning Plans (POT) and municipal development plans, to direct public investment towards the proportional expansion of water infrastructure.

**Environmental Education and Water Culture:** Strengthen awareness campaigns in schools and communities to promote rational water use, protection of water sources, and citizen participation, replicating successful models like the "Water Defender Clubs."

In conclusion, the research shows that the water crisis in Tibú is the result of complex technical, environmental, social, and administrative dynamics. The proposed solution is not limited to an engineering fix but promotes an integrated and adaptive management model. The articulated implementation of these strategies, with the commitment of local and departmental entities and the community, is essential to transition towards a supply system that guarantees the human right to water, improves the quality of life for Tibú's residents, and contributes to the municipality's sustainable development, aligning with the Sustainable Development Goals (SDGs), especially SDG 6 (Clean Water and Sanitation). The plan's feasibility crucially depends on political will, the allocation of financial resources, and the construction of robust water governance.

**Key Words:** water supply networks, water infrastructure, sustainability

## REFERENCIAS

1. Aguilar Ccopa, A. A. (2022). OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE SECTORIZACIÓN. Moquegua: UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1556>
2. Arias Monsalve, A. F. (2020). Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua residual del municipio de Tibú, Norte de Santander. Bogotá: Universidad la salle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/99302c14-7867-449b-b0f3-97898d7d46b6/content>
3. Asomunicipios. (2022). Perfil demografico. Tibu. <https://asomunicipios.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/Tibu%CC%81.pdf>
4. Camargo, C. (2023). Al menos un millón y medio de colombianos tomaron agua con riesgo para su salud en el último año. Bogotá: Defensoria del pueblo. <https://www.defensoria.gov.co/-/al-menos-un-mill%C3%B3n-y-medio-de-colombianos-tomaron-agua-con-riesgo-para-su-salud-en-el-%C3%BAltimo-a%C3%B1o>
5. Castro Sánchez, C. J., Moreno Vanegas, A. J., & Hernández Sánchez, V. D. (2021). Optimización de la red de distribución de agua potable del municipio

- de Villeta – Cundinamarca. Bogota: Universidad piloto de colombia.  
<https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10750>
6. Corponor. (2018). Subdirección de medición y análisis ambiental. Tibú.  
[https://corponor.gov.co/calidad\\_agua/2018/4\\_TIBU2018/2\\_CONSOLIDADO\\_ACEITES\\_GRASAS\\_HIDROCARBUROS\\_TIBU2018.pdf](https://corponor.gov.co/calidad_agua/2018/4_TIBU2018/2_CONSOLIDADO_ACEITES_GRASAS_HIDROCARBUROS_TIBU2018.pdf)
  7. Corponor. (2019). Subdirección de medición y análisis ambiental consolidado resultados aceites, grasas e hidrocarburos cuenca del rio catatumbo municipio de tibú.  
[https://corponor.gov.co/calidad\\_agua/2019/4\\_TIBU2019/2\\_CONSOLIDADO\\_ACEITES\\_GRASAS\\_HIDROCARBUROS\\_TIBU2019.pdf](https://corponor.gov.co/calidad_agua/2019/4_TIBU2019/2_CONSOLIDADO_ACEITES_GRASAS_HIDROCARBUROS_TIBU2019.pdf)
  8. DANE. (2005). Boletín censo general 2005 perfil Tibú, Norte de Santander.  
<https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/norte/tibu.pdf>
  9. Dublin. (1992). La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Rio de Janeiro: Cumbre de Rio de Janeiro.  
[https://www.ircwash.org/sites/default/files/top9\\_iwrm\\_s\\_06.--pdf](https://www.ircwash.org/sites/default/files/top9_iwrm_s_06.--pdf)
  10. Iglesia Belmar, C. A. (2020). BENEFICIOS DE UNA GESTIÓN INTEGRAL EN. Concepción: Universidad del desarrollo.  
<http://hdl.handle.net/11447/3807>
  11. Mabardy Ramirez, G. P. (2022). Formulación de alternativas para la optimización del sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de Condoto, Departamento de Choco. Bogota: Universidad la salle.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/968](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/968)
  12. Montesinos, P., García-Guzmán, A., & Ayuso, J. L. (1997). OPTIMIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE. Cordoba: Universidad de cordoba.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4820665>
  13. Peñaloza Mantilla, H. O. (2020). Optimización del diseño de una red de suministro de agua para un proyecto de expansión en la sabana de Bogotá. Bogota: Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito.  
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1136>
  14. Secretaria de agua potable y saneamiento basico. (2023). Informe de gestión y balance de resultados 2020 – 2023 plan de desarrollo departamental “más oportunidades para todos”. Norte de Santander.  
<https://administrador.nortedesantander.gov.co/wp-content/uploads/2023/11/BALANCE-DE-GESTION-2020-2023-SECRETARIA-DE-AGUA-POTABLE-Y-SANEAMIENTO-BASICO.pdf>
  15. Secretaria de planeación municipal. (2021). Respuesta a solicitud con radicado numero 00278. Tibú. <https://www.tibu-nortedesantander.gov.co/>
  16. Todini, & Pilati. (1987). Modelos de redes de distribución EPANET. Washington D.C.: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.  
[https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/epanet\\_users\\_manual\\_2.2.0-1.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/epanet_users_manual_2.2.0-1.pdf)
  17. Villamizar Casadiego, J. P. (2021). Reconocimiento de los recursos naturales y humanos de los habitantes del municipio de Tibú, Norte de Santander. Cúcuta: Universidad Simón Bolívar.  
<https://bonga.unisimon.edu.co/items/06e299b3-ea82-4e0e-9786-af2b3868f81d>