

**ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN TÉCNICA DE LA REDUCCIÓN
DEL ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA (IANC) EN EL MUNICIPIO DE APULO,
CUNDINAMARCA**

MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA

LUIS CARLOS SILVA ALFONSO

DIRECTORA:

ALIS YOVANA PATAQUIVA MATEUS, IQ., MSc., PhD.

ÁREA ACADÉMICA DE PROCESOS Y PRODUCTOS SOSTENIBLES

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO

JUNIO 13 DE 2022

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
3. OBJETIVOS	5
4. JUSTIFICACIÓN	5
5. MARCO DE REFERENCIA	6
6. METODOLOGÍA	7
7. RESULTADOS.....	7
7.1. Diseño de la red de tubería en el sector 2.....	11
7.2. Análisis presupuestal del proyecto para reemplazar la tubería existente del sector 2 - Medidas Correctivas	12
7.3. Caracterización de los usuarios en el Municipio de Apulo.	20
7.4. Análisis de la inversión del reemplazo de la tubería existente del sector 2. 21	
8. CONCLUSIONES	24
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
10. AGRADECIMIENTOS	25

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Redes de acueducto para reemplazo del sector 2 del Municipio de Apulo.....	11
Tabla 2. Presupuesto para la construcción de la reposición de redes de acueducto del sector 2 del Municipio de Apulo.....	12
Tabla 3. Caracterización de los usuarios de EMPOAPULO S.A E.S. P por estrato social y actividad económica.	20
Tabla 4. Caracterización de facturación y consumo del servicio de agua tratada de los usuarios de EMPOAPULO S.A S.E.P.	21
Tabla 5. Tarifas de acueducto aplicadas a los usuarios de la Empresa (Empoapulo s.a e.s. p, 2019).	21
Tabla 6. Facturación bimestral del servicio prestado por EMPOAPULO S.A S.E.P. en el sector 2 del municipio de Apulo para el año 2021.....	23
Tabla 7. Caracterización de consumo de agua tratada por los habitantes de estrato 4 del sector 2 del municipio de Apulo.....	23

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Daños presentados por tubería en asbesto cemento en la red de acueducto de EMPOAPULO S.A S.E.P.....	6
Figura 2. Levantamiento topográfico sector 2 en el municipio de Apulo, realizado por personal profesional y técnico calificado y autorizado, con equipos certificados y calibración vigente.....	9
Figura 3. Levantamiento topográfico sector 2 en el municipio de Apulo, realizado por personal profesional y técnico calificado y autorizado, con equipos certificados y calibración vigente.....	10
Figura 4. Detalle del Sector 2 del casco urbano del municipio de Apulo.	10

1. INTRODUCCIÓN

Los prestadores de servicio de agua potable en el país tienen como uno de los más importantes parámetros de eficiencia el Índice de Agua No Contabilizada (IANC), que hace referencia a las pérdidas técnicas, no técnicas, legales e ilegales, domiciliarias o comerciales no facturadas, que ocasionan pérdidas económicas importantes a la empresa prestadora del servicio de tratamiento y distribución. Dentro de las grandes causas del IANC se tienen: (i) errores en la macro o micro medición del fluido entregado, que representan entre un 30% y 40% de las pérdidas en la facturación, (ii) fugas en el sistema hidráulico, las cuales aportan entre un 25% y un 35%; y (iii) conexiones clandestinas, fraudes o robos, que representan el 25% restante de agua potable entregada no facturada (Alcaldía de Apulo, 2022).

En esa vía, el trabajo titulado “Metodología para la reducción del índice de agua no contabilizada (IANC) en el municipio de Apulo, Cundinamarca” (Herrera, 2021) que precede a la presente investigación, propuso una metodología técnica y operativa que permitiera la reducción del índice de pérdidas de agua no contabilizada (IANC), enmarcada en el Municipio de Apulo en el Departamento de Cundinamarca, Colombia.

A partir de las conclusiones de Herrera (Herrera, 2021), el sector 2 del Municipio de Apulo es un área urbana concretamente delimitada que cuenta con micro y macro medición confiable, y que fue empleada como sector modelo para la proyección del IANC en este municipio. Adicionalmente, se destaca que el 52% del agua tratada y distribuida en el sector 2 del Municipio de Apulo no es facturado, superando el valor admisible del 30% (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009).

Así las cosas, es foco del presente trabajo determinar la magnitud operativa y financiera que requiere EMPOAPULO S.A E.S.P. para actualizar la infraestructura hidráulica del acueducto del Municipio para lograr disminuir el IANC a un 30%.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Para el periodo 2018-2020, la empresa EMPOAPULO S.A E.S.P. reportó pérdidas que ascendían a los 1.733 millones, ocasionadas por un alto IANC (52%) comparado a un 30%, valor máximo permitido (Herrera, 2021). De esta manera, es imprescindible la cuantificación y el control del agua no contabilizada de este municipio, para (i) dotar a la gerencia de la empresa prestadora del servicio, las herramientas económico-financieras e implementar las estrategias técnicas propuestas previamente (Herrera, 2021), (ii) disminuir el IANC, (iii) aumentar el recaudo, disminuyendo las deudas de la empresa, así como (iv) mejorar la infraestructura del acueducto, con la visión de ampliar su servicio a la ruralidad del municipio de Apulo.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general.

Determinar la destinación del recurso presupuestal por parte de EMPOAPULO S.A E.S.P. de la implementación de las estrategias técnicas y operativas que buscan la reducción del IANC en el Municipio de Apulo, Cundinamarca.

3.2 Objetivos específicos.

1. Estimar económicamente las estrategias para la cuantificación, el control y la facturación de las aguas no contabilizadas en el Municipio de Apulo.
2. Cuantificar las aguas no contabilizadas en un sector específico del Municipio de Apulo

4. JUSTIFICACIÓN

La contribución en el cumplimiento de los objetivos organizacionales es mayor cuando la gestión de los procesos de la empresa se relaciona integralmente con los sistemas de información; para generar valor y propiciar alternativas innovadoras que se adaptan a los desafíos del entorno, generen crecimiento y fortalezcan su ventaja competitiva en el mercado. El uso estratégico de la información es fundamental para la toma de decisiones y la implementación de tecnologías de la información, como un eje dinamizador e importante referente para el cumplimiento de los objetivos y la misión de las organizaciones. Sin embargo, en la actualidad la gerencia de la Empresa de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo EMPOAPULO S.A E.S.P., no cuenta con los recursos tecnológicos o con el talento humano suficientes e idóneos para atender la demanda de los servicios del municipio de Apulo, no siendo factible la mejora continua de los procesos actuales ni la contribución en la reducción del IANC. Es por esto, que la identificación de la estimación económica de la implementación de la estrategia planteada previamente (Herrera, 2021), aportará herramientas suficientes a la empresa prestadora de servicio para trazar una ruta real sobre la disminución del IANC en el municipio de Apulo.

EMPOAPULO S.A E.S.P. en la actualidad, cuenta con tuberías de acueducto en asbesto cemento (Figura 1) incluido en su totalidad en el sector 2, el cual es un material perjudicial

para la salud. La red de tubería data de hace 50 años aproximadamente, lo cual genera rupturas constantes, generando desabastecimiento e interrupciones no deseables en un clima con temperatura media de 32°C. De hecho, en la Figura 1 se observa la reparación de un tramo de asbesto cemento por PVC. Sin embargo, y debido a los recursos insuficientes, no se han podido intervenir tramos de red más largos o incluso toda la malla del acueducto, por lo que se viene realizando solo reparaciones mínimas con el fin de reestablecer el servicio temporalmente.



Figura 1. Daños presentados por tubería en asbesto cemento en la red de acueducto de EMPOAPULO S.A S.E.P.

5. MARCO DE REFERENCIA

Dentro del marco establecido por el Gobierno Nacional para la estructuración de Planes Departamentales de Agua, la Gobernación de Cundinamarca designó a Empresas Públicas de Cundinamarca (EPC) S.A. E.S.P como el gestor. De tal manera, EPC tiene como misión el Ajuste, Actualización, Terminación o Formulación de Planes Maestros de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado en Zonas Urbanas y Centros Nucleados del Departamento de Cundinamarca - Subzona 3C, Provincia de Tequendama, donde se ubica el municipio de Apulo.

La presente investigación se basó en (i) el trabajo titulado “Metodología para la reducción del índice de agua no contabilizada (IANC) en el municipio de Apulo, Cundinamarca” (Herrera, 2021), (ii) el diagnóstico realizado con base en información secundaria disponible en los Informes de EMPOAUPULO S.A E.S.P existente, (iii) otros documentos correspondientes a estudios y diseños de obras de acueducto y alcantarillado, (iv) el esquema de Ordenamiento Territorial – EOT, (v) el Plan de Desarrollo Municipal, y finalmente, (vi) en la investigación de campo.

6. METODOLOGÍA

Dando continuidad al trabajo previo (Herrera, 2021), la presente investigación se centra en el sector 2 del casco urbano del municipio de Apulo, Departamento de Cundinamarca, Colombia, para el cual la empresa de servicios públicos EMPOAPULO S.A E.S.P. presta el servicio de abastecimiento de agua. El sector 2 del municipio de Apulo fue tomado como objeto de control y cuantificación del IANC, debido a que cuenta con información completa tanto técnica como catastral. Este sector, se encuentra ubicado entre los barrios Gaitán, Santa Sofía, Chicago, Las Quintas y Urbanización Luis Carlos Galán. Los datos específicos de este sector fueron suministrados por la prestadora del servicio EMPOAPULO S.A E.S.P.

Por otro lado, la metodología se llevó a cabo por medio de las siguientes actividades:

1. Análisis de los precios de mercado y los ítems, que influyen en el proyecto del reemplazo de redes del sector 2 que permita la disminución técnica del IANC.
2. Estimación del agua no contabilizada en consumo (m^3) y económica del sector 2.

7. RESULTADOS

Con el fin de determinar la proyección de tubería de acueducto que está compuesto el sector 2, se realizó una investigación de campo a nivel topográfico (Figura 2) donde fue

necesario el acompañamiento de operarios de EMPOAPULO S.A E.S. P y el apoyo del área de Desarrollo Sostenible de la Administración Municipal, con sus respectivos equipos de topografía, para conocer los puntos por donde pasan las redes principales de dicho sector.

El trabajo en campo permitió determinar la caracterización y verificación actual del sistema, tomando y georreferenciando la infraestructura encontrada. Se registraron cotas de la red, coordenadas de acuerdo al sistema MAGNA-SIRGAS de IGAC, diámetro de la red, material de tuberías y accesorios, elementos de control y operación (válvulas, purgas, ventosas, válvulas antirretorno, etc.), estado del espacio público, tipo y estado de las vías existentes (locales, principales, arterias, tipo de rasante, concreto, asfalto, mixtas, destapadas, adoquín), información relevante sobre viviendas y usuarios (tipo de vinculación comercial, multifamiliar, unifamiliar, etc.), entre otra información.

Este registro inicial de la topografía y trazado de las redes existentes, junto a la expansión probable del sector 2, se convirtieron en el insumo base para la proyección de redes de acueducto, tal que permitió la planeación o restricción de las redes existentes, tomando en cuenta las estrategias para desarrollo y proyección, como mantenimientos, detección de fugas, cambio de redes por etapas o construcción total del sector, entre otros.





Figura 2. Levantamiento topográfico sector 2 en el municipio de Apulo, realizado por personal profesional y técnico calificado y autorizado, con equipos certificados y calibración vigente.

En la Figura 3 y en color azul celeste costado derecho se representa el sector 2, el cual se escogió debido a su facilidad en el análisis de las alturas, la forma como se encuentra sectorizado, además de ser un punto de expansión del municipio y su red es de las más antiguas del sistema de acueducto del municipio, el cual cubre la frontera del río Apulo con la carrera octava entre la calle 21 y calle 23. Este sector (Figura 4) se caracteriza por ser extensa, de gran demanda, terreno ondulado de bajas pendientes, colindante con la rivera del Río Apulo, población concertada en varios tipos de vivienda unifamiliar, multifamiliar y comercial dedicada al turismo, con alta presencia de piscinas y sitios de descanso ocasional, proporción gran variedad de análisis y proyección de soluciones para los habitantes, mejorando el servicio en caudal y presiones disponibles, que permita el abastecimiento correcto, acompañado de buena operación y mantenimiento por EMPOAPULO S.A E.S.P.

La red para sustituir y renovar tiene un comportamiento de retícula ortogonal en su mayor parte, y brazos independientes para las vías ciegas o cerradas, por lo cual se recomienda completar o unir las redes ciegas y confirmar circuitos completos que permitan la continuidad del flujo y evite la sedimentación de la red y taponamiento de las líneas domiciliarias de los usuarios al final de estos tramos. De esto no ser posible, se recomienda la colocación de purgas al final de estos tramos para drenar periódicamente los lodos acumulados.

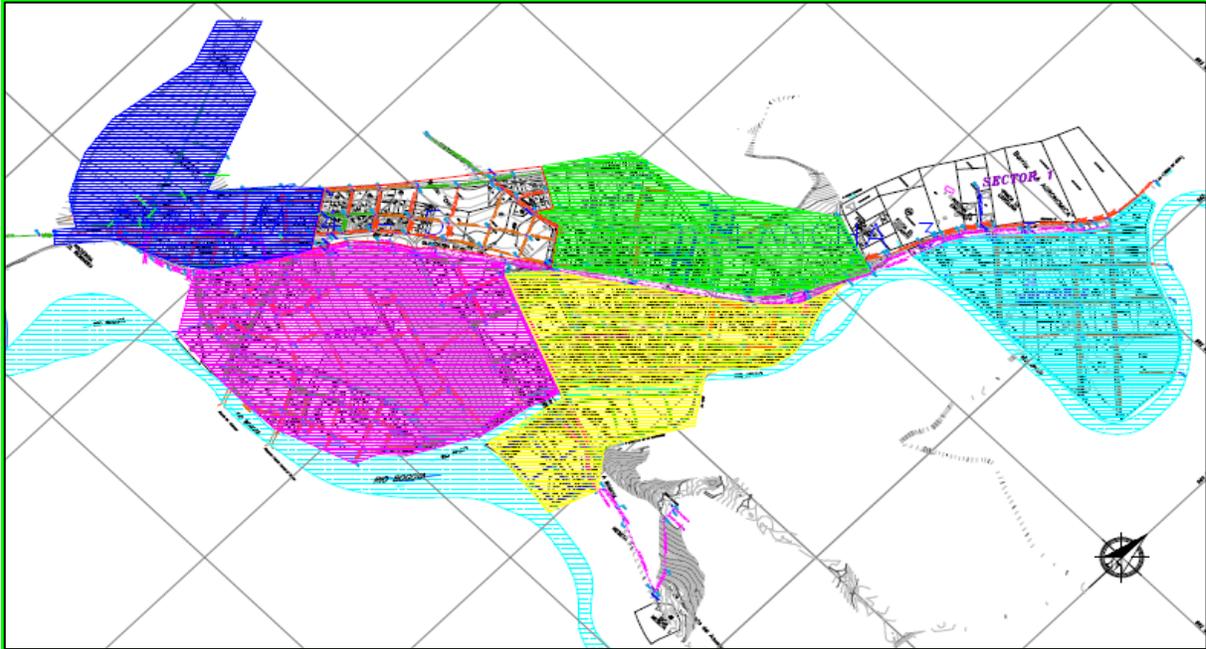


Figura 3. Levantamiento topográfico sector 2 en el municipio de Apulo, realizado por personal profesional y técnico calificado y autorizado, con equipos certificados y calibración vigente.



Figura 4. Detalle del Sector 2 del casco urbano del municipio de Apulo.

7.1. Diseño de la red de tubería en el sector 2.

Después del trabajo anterior se pudo determinar que la red de distribución del sector 2 está compuesta por 2718,08 m, los cuales se encuentran en asbesto cemento (AC) en su totalidad. La optimización del sistema de distribución de acueducto mejorará presiones de servicio y caudales, acompañado de la renovación, cambio o rehabilitación de redes existentes.

Estas redes deben ser sustituidas por un material recomendado para el transporte de agua potable, de buenas prestaciones estructurales e hidráulicas, evitando fugas o daños, brindando mejoras al servicio y calidad a los usuarios.

En consecuencia, la tubería existente en AC, se deben renovar en su totalidad, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Redes de acueducto para reemplazo del sector 2 del Municipio de Apulo.

REDES DE ACUEDUCTO PARA REEMPLAZO EN EL SECTOR 2					
TRAMO DE TUBERÍA					
INICIAL	FINAL	LONGITUD (metros lineales)	DIÁMETRO (pulgadas)	ACTUAL MATERIAL	NUEVO MATERIAL
137	136	89,02	3	AC	PVC
136	135	110,6	3	AC	PVC
135	147	68,36	3	AC	PVC
147	NN1	61,57	3	AC	PVC
NN1	NN2	55,56	3	AC	PVC
157	146	120,05	3	AC	PVC
146	145	178,28	3	AC	PVC
145	138	88,21	3	AC	PVC
138	148	125,99	3	AC	PVC
149	139	130,4	3	AC	PVC
139	144	85,47	3	AC	PVC
144	155	70,51	3	AC	PVC
154	143	150,04	3	AC	PVC
143	140	86,2	3	AC	PVC
140	150	138,4	3	AC	PVC
151	141	144,06	3	AC	PVC
141	142	86,93	3	AC	PVC
137	138	97,29	3	AC	PVC
138	139	84,91	3	AC	PVC
139	140	84,91	3	AC	PVC
140	141	100,16	3	AC	PVC
141	152	96,01	3	AC	PVC
153	142	53,11	3	AC	PVC
142	143	100,03	3	AC	PVC
143	144	82,06	3	AC	PVC

REDES DE ACUEDUCTO PARA REEMPLAZO EN EL SECTOR 2					
TRAMO DE TUBERÍA					
INICIAL	FINAL	LONGITUD (metros lineales)	DIÁMETRO (pulgadas)	ACTUAL MATERIAL	NUEVO MATERIAL
144	145	57,87	3	AC	PVC
147	146	89,02	3	AC	PVC
146	156	82,06	3	AC	PVC
TOTAL		2.717,08			

7.2. Análisis presupuestal del proyecto para reemplazar la tubería existente del sector 2 - Medidas Correctivas

Es de suma importancia, conocer y mejorar los sistemas actuales con que cuenta la EMPOAPULO S.A E.S.P., lo cual permitirá realizar mejoras en la prestación del servicio de acueducto, así como permitirá proyectar la inversión que se debe realizar para la reducción del IANC. Por lo anterior, se listan (Tabla 2) los precios vigentes de contratación acorde al ICCU - Instituto de Infraestructura de Cundinamarca.

Tabla 2. Presupuesto para la construcción de la reposición de redes de acueducto del sector 2 del Municipio de Apulo.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
11	COMPONENTE DE ACUEDUCTO (SECTOR 2, DISTRIBUCIÓN CASCO URBANO)				
11.1	REPLANTEO				
11.1.1	Localización y replanteo redes	m	2717,08	\$ 1.977,00	\$5.371.667,00
11.1.2	Localización y replanteo estructuras	m2	20,00	\$ 3.166,00	\$63.320,00
11.2	DEMOLICIONES				
11.2.1	Demolición de pavimento rígido	m³	10,00	\$ 110.794,00	\$1.107.940,00
11.2.2	Demolición de pavimento flexible	m³	20,00	\$ 97.095,00	\$1.941.900,00
11.2.3	Demolición de andén en concreto e=0.10m	m2	10,00	\$ 21.324,00	\$ 213.240,00
11.3	CORTE PAVIMENTO				
11.3.1	Corte mecánico con disco diamantado sobre concreto y pavimento	m	40,00	\$ 7.834,00	\$313.360,00
11.4	EXCAVACIONES				
11.4.1	EXCAVACIÓN MECANICA				
11.4.1.1	Excavaciones varias a máquina sin clasificar (no incluye cargue, ni transporte, ni derechos de botadero)	m³	1956,30	\$ 9.980,00	\$19.523.850,00
11.4.2	EXCAVACIÓN MANUAL				

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
11.4.2.1	Excavaciones a mano en tierra seca de 0 a 2 metros de profundidad	m³	20,00	\$ 23.383,00	\$467.660,00
11.4.2.2	Excavaciones a mano en conglomerado en seco de 0 a 2m de profundidad	m³	15,00	\$ 29.568,00	\$443.520,00
11.4.2.3	Excavación manual en roca h=0-2m (con compresor)	m³	10,00	\$ 94.872,00	\$948.720,00
11.4.3	EXCAVACIÓN SIN ZANJA				
11.4.3.1	Excavación sin zanja	m	0,00	\$ 1.317.792,00	\$ -
11.5	RELLENOS				
11.5.1	Relleno compactado y apisonado en capas de 0.20 m con material seleccionado de la misma excavación.	m³	978,15	\$ 20.834,00	\$20.378.752,00
11.5.2	Suministro, instalación y compactación de subbase granular	m³	489,07	\$ 101.543,00	\$49.662.082,00
11.5.3	Suministro e instalación arena de peña	m³	489,07	\$ 106.749,00	\$52.208.203,00
11.5.4	Relleno Tipo 1 Gravilla de 1/2	m³	2,00	\$ 115.909,00	\$231.818,00
11.6	CARGUE Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE				
11.6.1	Transporte de materiales prov. de explanación, canales, prestamos, sobre acarreo y derrumbes a una distancia mínima de 8 Km.	m³/km	7841,19	\$ 1.417,00	\$11.110.967,00
11.6.2	Adecuación de zona disposición de sobrantes de obra	m³	980,15	\$ 7.048,00	\$6.908.089,00
TOTAL, EXCAVACIONES Y RELLENOS LÍNEAS ACUEDUCTO					\$170.895.088,00
11.7	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DISTRIBUCIÓN CASCO URBANO				
11.7.1	INSTALACIÓN TUBERIA UNION MECÁNICA PVC				
11.7.1.1	Instalación Tubería PVC, 3" Unión Mecánica	m	2717,08	\$ 2.427,00	\$6.594.353,00
11.7.1.2	Instalación Tubería PVC, 4" Unión Mecánica	m	0,00	\$ 2.427,00	\$ -
11.7.1.3	Instalación Tubería PVC, 6" Unión Mecánica	m	0,00	\$ 2.600,00	\$ -
11.7.1.4	Instalación Tubería PVC, 8" Unión Mecánica	m	0,00	\$ 3.923,00	\$ -
11.8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN REDES DE DISTRIBUCIÓN CASCO URBANO				
11.8.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TAPONES DE PRUEBAS				
11.8.1.1	Suministro e Instalación Tapones PVC, 4"	un	2,00	\$ 141.643,00	\$283.286,00
11.8.1.2	Suministro e Instalación Tapones PVC 6"	un	0,00	\$ 294.686,00	\$ -
11.8.1.3	Suministro e Instalación Tapones PVC, 8"	un	0,00	\$ 384.583,00	\$ -
11.8.1.4	Suministro e Instalación Tapones PVC, 10"	un	0,00	\$ 902.840,00	\$ -
11.8.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ACCESORIOS UNION MECÁNICA PVC				

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
11.8.2.1	ACCESORIOS CODOS GRAN RADIO PVC DE 90°				
11.8.2.1.1	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 90° PVC, 3" Unión Mecánica	un	10,00	\$ 72.739,00	\$727.390,00
11.8.2.1.2	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 90° PVC, 4" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 106.333,00	\$ -
11.8.2.1.3	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 90° PVC, 6" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 211.081,00	\$ -
11.8.2.1.4	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 90° PVC, 8" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 736.893,00	\$ -
11.8.2.2	ACCESORIOS CODOS PVC DE 45°				
11.8.2.2.1	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 45° PVC, 3" Unión Mecánica	un	10,00	\$ 69.050,00	\$690.500,00
11.8.2.2.2	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 45° PVC, 4" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 100.940,00	\$ -
11.8.2.2.3	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 45° PVC, 6" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 184.385,00	\$ -
11.8.2.2.4	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 45° PVC, 8" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 492.712,00	\$ -
11.8.2.3	ACCESORIOS CODOS PVC DE 22.5°				
11.8.2.3.1	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 22 1/2° PVC, 3" Unión Mecánica	un	15,00	\$ 43.068,00	\$646.020,00
11.8.2.3.2	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 22 1/2° PVC, 4" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 79.793,00	\$ -
11.8.2.3.3	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 22 1/2° PVC, 6" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 186.644,00	\$ -
11.8.2.3.4	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 22 1/2° PVC, 8" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 385.506,00	\$ -
11.8.2.4	ACCESORIOS CODOS PVC DE 11.25°				
11.8.2.4.1	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 11 1/4° PVC, 3" Unión Mecánica	un	10,00	\$ 39.288,00	\$392.880,00
11.8.2.4.2	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 11 1/4° PVC, 4" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 76.181,00	\$ -
11.8.2.4.3	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 11 1/4° PVC, 6" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 167.829,00	\$ -
11.8.2.4.4	Suministro e Instalación Codo Gran Radio 11 1/4° PVC, 8" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 332.349,00	\$ -
11.8.2.5	TEE UNION MECÁNICA PVC				
11.8.2.5.1	Suministro e Instalación Tee PVC, 3" Unión Mecánica	un	10,00	\$ 99.637,00	\$996.370,00
11.8.2.5.2	Suministro e Instalación Tee PVC, 3" x 2" Unión Mecánica	un	5,00	\$ 134.238,00	\$671.190,00
11.8.2.5.3	Suministro e Instalación Tee PVC, 4" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 151.932,00	\$ -
11.8.2.5.4	Suministro e Instalación Tee PVC, 4" x 3" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 312.092,00	\$ -
11.8.2.5.5	Suministro e Instalación Tee PVC, 4" x 2" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 416.847,00	\$ -

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
11.8.2.5.6	Suministro e Instalación Tee PVC, 6" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 408.330,00	\$ -
11.8.2.5.7	Suministro e Instalación Tee PVC, 6" x 3" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 1.013.083,00	\$ -
11.8.2.5.8	Suministro e Instalación Tee PVC, 6" x 2" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 925.792,00	\$ -
11.8.2.5.9	Suministro e Instalación Tee PVC, 8" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 1.275.297,00	\$ -
11.8.2.5.10	Suministro e Instalación Tee PVC, 8" x 3" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 1.020.277,00	\$ -
11.8.2.5.11	Suministro e Instalación Tee PVC, 8" x 2" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 879.522,00	\$ -
11.8.2.6	UNIÓN Z PVC				
11.8.2.6.1	Suministro e Instalación Unión PVC, 2" Unión Mecánica	un	10,00	\$ 20.637,00	\$206.370,00
11.8.2.6.2	Suministro e Instalación Unión PVC, 3" Unión Mecánica	un	20,00	\$ 37.923,00	\$758.460,00
11.8.2.6.3	Suministro e Instalación Unión PVC, 4" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 61.409,00	\$ -
11.8.2.6.4	Suministro e Instalación Unión PVC, 6" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 143.260,00	\$ -
11.8.2.6.5	Suministro e Instalación Unión PVC, 8" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 288.707,00	\$ -
11.8.2.7	UNIÓN DE REPARACION PVC				
11.8.2.7.1	Suministro e Instalación Unión Reparación Deslizante PVC 2" Unión Mecánica	un	10,00	\$ 28.243,00	\$282.430,00
11.8.2.7.2	Suministro e Instalación Unión Reparación Deslizante PVC 3" Unión Mecánica	un	20,00	\$ 43.577,00	\$871.540,00
11.8.2.7.3	Suministro e Instalación Unión Reparación Deslizante PVC 4" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 70.447,00	\$ -
11.8.2.7.4	Suministro e Instalación Unión Reparación Deslizante PVC 6" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 155.819,00	\$ -
11.8.2.7.5	Suministro e Instalación Unión Reparación Deslizante PVC 8" Unión Mecánica	un	0,00	\$ 279.409,00	\$ -
11.8.2.8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ACCESORIOS EL HD				
11.8.2.8.1	ACCESORIOS CODOS DE 90° EL HD				
11.8.2.8.1.1	Suministro e Instalación Codo 90° LISO HD D= 4"	un	0,00	\$ 192.068,00	\$ -
11.8.2.8.1.2	Suministro e Instalación Codo 90° LISO HD D= 6"	un	0,00	\$ 396.824,00	\$ -
11.8.2.8.1.3	Suministro e Instalación Codo 90° LISO HD D= 8"	un	0,00	\$ 741.613,00	\$ -
11.8.2.8.2	ACCESORIOS CODOS DE 45° EL HD				
11.8.2.8.2.1	Suministro e Instalación Codo 45° LISO HD D= 4"	un	0,00	\$ 157.511,00	\$ -
11.8.2.8.2.2	Suministro e Instalación Codo 45° LISO HD D= 6"	un	0,00	\$ 329.148,00	\$ -
11.8.2.8.2.3	Suministro e Instalación Codo 45° LISO HD D= 8"	un	0,00	\$ 708.495,00	\$ -
11.8.2.8.3	ACCESORIOS CODOS DE 22.5° EL HD				\$ -

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
11.8.2.8.3.1	Suministro e Instalación Codo 22.5° LISO HD D= 4"	un	0,00	\$ 177.669,00	\$ -
11.8.2.8.3.2	Suministro e Instalación Codo 22.5° LISO HD D= 6"	un	0,00	\$ 283.072,00	\$ -
11.8.2.8.3.3	Suministro e Instalación Codo 22.5° LISO HD D= 8"	un	0,00	\$ 456.513,00	\$ -
11.8.2.8.4	ACCESORIOS CODOS DE 11.25° EL HD				
11.8.2.8.4.1	Suministro e Instalación Codo 11.25° LISO HD D= 4"	un	0,00	\$ 145.991,00	\$ -
11.8.2.8.4.2	Suministro e Instalación Codo 11.25° LISO HD D= 6"	un	0,00	\$ 271.552,00	\$ -
11.8.2.8.4.3	Suministro e Instalación Codo 11.25° LISO HD D= 8"	un	0,00	\$ 446.433,00	\$ -
11.8.2.8.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TEE EL HD				
11.8.2.8.5.1	Suministro e Instalación TEE 4" EL HD	un	0,00	\$ 259.886,00	\$ -
11.8.2.8.5.2	Suministro e Instalación TEE 4" X 3" EL HD	un	0,00	\$ 249.664,00	\$ -
11.8.2.8.5.3	Suministro e Instalación EE 4" X 2" EL HD	un	0,00	\$ 193.508,00	\$ -
11.8.2.8.5.4	Suministro e Instalación TEE 6" EL HD	un	0,00	\$ 490.127,00	\$ -
11.8.2.8.5.5	Suministro e Instalación TEE 6" X 3" EL HD	un	0,00	\$ 352.187,00	\$ -
11.8.2.8.5.6	Suministro e Instalación TEE 6" X 2" EL HD	un	0,00	\$ 318.349,00	\$ -
11.8.2.8.5.7	Suministro e Instalación TEE 8" EL HD	un	0,00	\$ 875.524,00	\$ -
11.8.2.8.5.8	Suministro e Instalación TEE 8" X 3" EL HD	un	0,00	\$ 682.577,00	\$ -
11.8.2.8.5.9	Suministro e Instalación TEE 8" X 2" EL HD	un	0,00	\$ 597.623,00	\$ -
11.8.2.8.6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN UNIÓN TIPO DRESSER O UNIVERSAL				
11.8.2.8.6.1	Suministro e Instalación UNIÓN HD 2"	un	2,00	\$ 106.970,00	\$213.940,00
11.8.2.8.6.2	Suministro e Instalación UNIÓN HD 3"	un	5,00	\$ 112.874,00	\$564.370,00
11.8.2.8.6.3	Suministro e Instalación UNIÓN HD 4"	un	0,00	\$ 125.833,00	\$ -
11.8.2.8.6.4	Suministro e Instalación UNIÓN HD 6"	un	0,00	\$ 180.839,00	\$ -
11.8.2.8.6.5	Suministro e Instalación UNIÓN HD 8"	un	0,00	\$ 299.564,00	\$ -
11.8.2.8.7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN SISTEMA PURGAS Y VENTOSAS LÍNEA DE CONDUCCIÓN				
11.8.2.8.7.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN EN HD SISTEMA PURGAS Y VENTOSAS EN LÍNEA DE CONDUCCIÓN				
11.8.2.8.7.1.1	Suministro e Instalación de sistema de purga en PVC de 2" para red PVC de 4"	un	0,00	\$ 3.625.425,00	\$ -
11.8.2.8.7.1.2	Suministro e Instalación de sistema de purga en PVC de 2" para red PVC de 6"	un	0,00	\$ 4.692.766,00	\$ -

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
11.8.2.8.7.1. 3	Suministro e Instalación de sistema de purga en PVC de 3" para red PVC de 8"	un	0,00	\$ 6.552.453,00	\$ -
11.8.2.8.7.1. 4	Suministro e Instalación sistema de Válvula Reductora de Presión de acción directa, Cuerpo en Bronce Roscada 2"	un	0,00	\$ 9.673.966,00	\$ -
11.8.2.8.7.1. 5	Suministro e Instalación sistema de Válvula de Admisión y Expulsión de Aire (Ventosas), (Cámara Doble) Acción Múltiple 1/2"Rosca en línea de conducción de 4"	un	0,00	\$ 1.153.103,00	\$ -
11.8.2.8.7.1. 6	Suministro e Instalación sistema de Válvula de Admisión y Expulsión de Aire (Ventosas), (Cámara Doble) Acción Múltiple 1/2"Rosca en línea de conducción de 6"	un	0,00	\$ 1.278.073,00	\$ -
11.8.2.8.7.1. 7	Suministro e Instalación sistema de Válvula de Admisión y Expulsión de Aire (Ventosas), (Cámara Doble) Acción Múltiple 1/2"Rosca en línea de conducción de 8"	un	0,00	\$ 1.303.399,00	\$ -
11.8.2.8.7.1. 8	Macro medidor bridado 6" Electromagnético	un	0,00	\$ 19.249.363,00	\$ -
11.8.2.8.7.2	CAJAS DE INSPECCIÓN SISTEMA PURGAS Y VENTOSAS EN LÍNEA DE CONDUCCIÓN				
11.8.2.8.7.2. 1	Construcción caja válvulas 0,80 x 0,80 m base y tapa en concreto 21 MPA (3000 psi) muros en mampostería	un	10,00	\$ 625.927,00	\$6.259.270,00
11.8.2.8.7.2. 2	Construcción caja para válvulas y accesorios de 1,00 m. X 1,00 m., base y tapa en concreto 21 MPA (3000 psi) muros en mampostería	un	0,00	\$ 761.331,00	\$ -
11.8.2.8.7.2. 3	Tapas, Tapa para Pozo de Inspección o 0,61 con Llave de Seguridad	un	0,00	\$ 939.590,00	\$ -
11.8.2.8.7.2. 4	Tapas, Tapa Válvula Tipo Chorote Aya-Tráfico Pesado	un	5,00	\$ 384.144,00	\$1.920.720,00
11.8.2.8.7.2. 5	Tapas, Tapa Válvula Tipo Chorote Aya-Trafico Liviano	un	5,00	\$ 237.929,00	\$1.189.645,00
	TOTAL INSTALACIÓN DE TUBERÍA Y ACCESORIOS RED DISTRIBUCIÓN ZONA 2				\$23.268.734,00
11.10	OBRAS COMPLEMENTARIAS -VÍAS, ANDENES Y ANCLAJES				
11.10.1	Andén concreto 3000 psi en sitio e=0.1m	m2	50,00	\$ 61.268,00	\$3.063.400,00
11.10.2	Sardinell prefabricado A-85 bajo rampa (20X35X80) (SUMINISTRO E INSTALACIÓN, INCLUYE 3 CM MORTERO 1:3)	m	20,00	\$ 66.513,00	\$1.330.260,00
11.10.3	Sardinell prefabricado A-100 transición (20X50X60) (SUMINISTRO E INSTALACIÓN, INCLUYE 3 CM MORTERO 1:3)	m	20,00	\$ 77.872,00	\$1.557.440,00
11.10.4	Sardinell prefabricado a-10 (SUMINISTRO E INSTALACIÓN, INCLUYE 3 CM MORTERO 1:3)	m	20,00	\$ 100.039,00	\$2.000.780,00

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
11.10.5	Bordillo prefabricado a-80 (SUMINISTRO E INSTALACIÓN, INCLUYE 3 CM MORTERO 1:3)	m	10,00	\$ 71.717,00	\$717.170,00
11.10.6	Reconstrucción pavimento rígido MR-41 incluye sello de juntas y acero de transferencia y unión	m³	10,00	\$ 702.920,00	\$7.029.200,00
11.10.7	Reconstrucción pavimento flexible MDC-19 incluye emulsión asfáltica	m³	20,00	\$ 707.663,00	\$14.153.260,00
11.10.8	Concreto estructural de 27,6 MPa (4000 Psi), Para Columnas	m³	0,00	\$ 848.260,00	\$ -
11.10.9	Refuerzos Acero fy: 60.000 PSI	kg	50,00	\$ 4.698,00	\$234.900,00
11.10.10	Suministro e instalación de viga metálica tipo cercha en perfil estructural para paso elevado de tubería sobre el Rio Apulo	m	0,00	\$ 685.294,00	\$ -
11.10.11	PILOTE PRE EXCAVADO D=50 CM (INCLUYE RETIRO DE SOBRESALIENTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m	0,00	\$ 307.473,00	\$ -
11.10.12	Suministro e instalación de viga metálica en perfil tipo IPE 300 para paso elevado de tubería sobre cauces en casco urbano	m	0,00	\$ 401.402,00	\$ -
11.10.13	Suministro e instalación de viga metálica en perfil tipo IPE 450 para paso elevado de tubería sobre cauces en casco urbano	m	0,00	\$ 547.250,00	\$ -
11.10.14	Verificación geotécnica por sondeos entre 0 y 6 metros de profundidad, para cruces y pasos elevados sobre cauces en el casco urbano	un	0,00	\$ 1.126.908,00	\$ -
11.10.15	Verificación estructural para cruces y pasos elevados sobre cauces en el casco urbano	un	0,00	\$ 7.560.000,00	\$ -
11.11	Medidores y Cajillas				
11.11.1	Acometida domiciliaria PF + UAD incluye Micromedidor con registro de rueda,	un	50,00	\$ 236.586,00	\$11.829.300,00
11.11.2	Suministro e instalación Cajilla plástica para medidor de 1/2	un	50,00	\$ 72.587,00	\$3.629.350,00
11.11.3	Reparación Acometida domiciliaria PF + UAD	un	20,00	\$ 28.390,00	\$567.800,00
	TOTAL OBRAS COMPLEMENTARIAS -VÍAS, ANDENES Y ANCLAJES				\$46.112.860,00
	TOTAL OBRA CIVIL RED DE DISTRIBUCIÓN ZONA 2				\$240.276.682,00
11.12	SUMINISTRO DE TUBERÍA RED DE DISTRIBUCIÓN ZONA 2				
11.12.1	SUMINISTRO TUBERIA UNION MECÁNICA PVC				
11.12.1.1	Tubería PVC rde 21, 3" Unión Mecánica	m	2717,08	\$ 23.342,00	\$63.422.081,00
11.12.1.2	Tubería PVC rde 21, 4" Unión Mecánica	m	0,00	\$ 35.817,00	\$ -
11.12.1.3	Tubería PVC rde 21, 6" Unión Mecánica	m	0,00	\$ 77.950,00	\$ -
11.12.1.4	Tubería PVC rde 21, 8" Unión Mecánica	m	0,00	\$ 131.888,00	\$ -

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	TOTAL SUMINISTRO RED DE DISTRIBUCIÓN ZONA 2				\$63.422.081,00
	TOTAL COMPONENTE ACUEDUCTO PARA ZONA 2				\$303.698.763,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS MANO DE OBRA				\$240.276.682,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS SUMINISTRO				\$63.422.081,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				\$303.698.763,00
	COSTOS INDIRECTOS				
	A.I.U- MANO DE OBRA			31,25%	\$75.086.463,00
	A. SUMINISTRO			17,00%	\$10.781.754,00
	VALOR TOTAL OBRA CIVIL				\$389.566.980,00
	INTERVENTORÍA MANO DE OBRA			7,74%	\$18.603.812,00
	INTERVENTORÍA SUMINISTRO			2,53%	\$1.603.331,00
	VALOR TOTAL OBRA CIVIL E INTERVENTORIA				\$409.774.123,00
	SEGUIMIENTO MVCT			2,00%	\$4.820.872,00
	SEGUIMIENTO EPC			1,6732%	\$4.033.046,00
	TOTAL, PRESUESTO				\$418.628.041,00

La Administración Municipal de Apulo como garante de la prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios, creó la Empresa EMPOAPULO S.A E.S.P. en 2010, para que operara la prestación de acueducto en el casco urbano del Municipio. Por tanto, EMPOAPULO S.A E.S.P. tiene como misión dar prioridad al suministro de agua potable para el uso doméstico de los habitantes, en cuanto está contribuyendo a la salubridad pública y bienestar de todos sus usuarios.

En la actualidad, la red de acueducto del sector 2 del municipio de Apulo, genera pérdidas técnicas como fugas, consumo no facturado, bajo control de fluido entregado contra lo facturado, etc. Por tanto, como se puede observar en la Tabla 2, la rehabilitación de la malla de acueducto del sector 2, constituido por 2.717,08 M (metros lineales) nuevos de tubería de PVC, asciende a \$418.628.041, inversión que debe realizar EMPOAPULO S.A E.S.P. para reducir el IANC y mejorar la calidad de vida de los habitantes de este sector. Debe resaltarse, que el sector 2 es modelo para replicar en los sectores 1, 3, 4 y 5 del casco urbano del Municipio de Apulo. Finalmente, debe recordarse que el asbesto cemento es clasificado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una sustancia perjudicial para la salud por su naturaleza cancerígena.

7.3. Caracterización de los usuarios en el Municipio de Apulo.

Los usuarios del servicio de EMPOAPULO S.A E.S. P se concentran en los estratos 1, 2 y 3, siendo el 2 el de mayor población (Tabla 3). Se puede observar que no existe presencia de la actividad industrial y siendo mayor el número de usuarios con carácter comercial que los usuarios declarados del sector oficial.

Tabla 3. Caracterización de los usuarios de EMPOAPULO S.A E.S. P por estrato social y actividad económica.

NÚMERO DE USUARIOS DE ACUEDUCTO EMPOAPULO S.A. E.S.P. POR ESTRATOS.		
ACTIVIDAD ECONÓMICA / ESTRATO	ESTATUS SOCIO-ECONÓMICO	NÚMERO DE USUARIOS
RESIDENCIAL		2.589
1	BAJO-BAJO	690
2	BAJO	1.021
3	MEDIO-BAJO	686
4	MEDIO	64
5	MEDIO-ALTO	112
6	ALTO	16
INDUSTRIAL	NO APLICA	0
COMERCIAL	NO APLICA	48
OFICIAL	NO APLICA	19
TOTAL		2.656

Según la concesión de agua con que cuenta actualmente EMPOAPULO S.A S.E.P. expedida por la Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAR): (i) una familia está compuesta por 3,3 habitantes casa, representando una población total de 8,764 personas (Tabla 4) y (ii) una persona presenta un consumo de 4,20 m³/ mes.

Por otro lado, la Tabla 4 muestra el número de habitantes totales en el municipio, así como de la facturación actual y la pérdida anual estimada que asciende a más de 239 millones de pesos para 2021.

Tabla 4. Caracterización de facturación y consumo del servicio de agua tratada de los usuarios de EMPOAPULO S.A S.E.P.

Número de habitantes en el Municipio	8.764,80
Precio del m ³ de agua tratada	\$1.563,64
Consumo mes promedio / habitante / m ³	4,20
Facturación teórico en m ³ / bimestre	73.624
Facturación teórico anual	441746
Facturación actual promedio m ³ / bimestre	48.101,00
Facturación actual anual	288.606,00
Pérdida en m ³ anual	153.140
Pérdida anual	\$239.455.704,51

Por lo anterior, es de suma importancia la optimización de las redes de acueducto que se encuentran en asbesto cemento a tubería de presión PVC, lo cual permitirá una mejora económica importante para la empresa prestadora del servicio en el municipio de Apulo.

7.4. Análisis de la inversión del reemplazo de la tubería existente del sector 2.

Para llevar a cabo el análisis económico para el reemplazo de la malla del acueducto del sector 2, modelo en esta investigación, se han listado las tarifas aplicadas al acueducto en la Tabla 5. Para lo cual, se destacan y conceptualizan el cargo fijo de acueducto o consumos aplicados en esa lista tarifaria, las cuales han venido incrementando su valor de acuerdo al IPC, (EMPOAPULO S.A E.S.P, 2019, p.94-98).

Cargo fijo. Es el valor unitario por suscriptor o usuario, que refleja los costos económicos involucrados en garantizar la disponibilidad permanente del servicio, independientemente del nivel de uso.

Consumo Básico Acueducto: Es el valor que se factura, de acuerdo con el instrumento de medida medidor, el cual corresponde a 16 m³ bimestrales. de acuerdo con la resolución de 750 de 2016, artículo 4, que son los municipios que están por debajo de 1.000 msnm.

Consumo complementario (QC), este fue definido como el **consumo** ubicado en la franja entre 20 m³ y 40 m³ mensuales y, Consumo suntuario (QS) como el consumo mayor a 40 m³ mensuales.

Tabla 5. Tarifas de acueducto aplicadas a los usuarios de la Empresa (EMPOAPULO S.A E.S. P, 2019).

SECTOR	ESTRATO	TARIFA FIJA BIMENSUAL	TARIFA BÁSICO	% SUBSIDIO	TARIFA COMPLEMENTARIO	TARIFA Suntuario
Residencial	Bajo (1)	\$ 10.304,68	\$ 781,82	-50%	\$ 1.563,64	\$ 1.563,64
	Bajo (2)	\$ 12.365,62	\$ 1.094,55	-40%	\$ 1.563,64	\$ 1.563,64

SECTOR	ESTRATO	TARIFA FIJA BIMENSUAL	TARIFA BÁSICO	% SUBSIDIO	TARIFA COMPLEMENTARIO	TARIFA SUNTUARIO
	Medio bajo (3)	\$ 17.517,96	\$ 1.329,10	-15%	\$ 1.563,64	\$ 1.563,64
	Medio (4)	\$ 20.609,36	\$ 1.563,64	0%	\$ 1.563,64	\$ 1.563,64
	Medio alto (5)	\$ 30.914,06	\$ 2.345,46	50%	\$ 2.345,46	\$ 2.345,46
	Alto (6)	\$ 32.975,00	\$ 2.501,83	60%	\$ 2.501,83	\$ 2.501,83
Comercial	Categoría única	\$ 30.914,06	\$ 2.345,46	50%	\$ 2.345,46	\$ 2.345,46
Oficial	Categoría única	\$ 20.609,36	\$ 1.563,64	0%	\$ 1.563,64	\$ 1.563,64

Se habla de la **contribución**, como el aporte de solidaridad, que es el impuesto que se cobra con el objeto de subsidiar el costo de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado para los estratos 1, 2 y 3, cuyos sujetos pasivos son los usuarios residenciales de estratos 5 y 6 y los usuarios industriales y comerciales, de igual manera el numeral 6° del artículo 99 de la Ley 142, manifiesta que en ningún caso el **subsidio** puede ser superior al 15% del costo medio de suministro en lo que respecta al estrato 3; al 40% del costo medio para el estrato 2; ni superior al 50% de dicho costo para el estrato 1. En la Tabla 5 se encuentra la caracterización de los usuarios de EMPOAPULO S.A E.S.P en cuanto a consumo y facturación.

Por lo anterior, la estimación de pérdidas económicas producidas por agua no contabilizada se basará en un estrato 4, el cual es la base de referencia, en un estudio tarifario, debido a que no subsidia ni contribuye. De tal manera que en el sector 2 no nos influye que un usuario este en estrato 1, 2, y 3 o en su defecto 5, 6, uso comercial o industrial, por lo siguiente:

El valor del m³ que actualmente se le factura a un estrato 4 es de \$ 1.563,64, de tal manera que si un usuario esta estratificado en estrato 1, donde se le subsidia el %50 del m³, tabla 4 el usuario vía factura deberá pagar \$ 781,82, el otro %50 la entidad debe generar una factura para que sea pagado por la secretaria de hacienda de acuerdo con el fondo de solidaridad y redistribución de ingresos y así sucesivamente con el estrato 2 y 3.

Retomando el sector 2 como modelo para los demás sectores de los que se compone el casco urbano del municipio de Apulo, se estima un promedio 274 usuarios (durante el año inmediatamente anterior 2021) y para los cuales se tiene un promedio de facturación de 5.114 m³.

Tabla 6. Facturación bimestral del servicio prestado por EMPOAPULO S.A S.E.P. en el sector 2 del municipio de Apulo para el año 2021.

PERIODO DE FACTURACIÓN EN 2021	NÚMERO DE USUARIOS	CONSUMO (m ³)
Enero - Febrero	271	5.250
Marzo – Abril	273	4.800
Mayo - Junio	275	5.120
Julio – Agosto	275	4.989
Septiembre – Octubre	275	5.125
Noviembre - Diciembre	276	5.400
Promedio Facturación bimestral		5.114
Promedio facturación anual 2021 (6 periodos)		30.684

De acuerdo con la Tabla 6, y tomando en cuenta la facturación del servicio por m³ para el estrato 4 del sector 2, se estima que actualmente se cuenta con una pérdida en la facturación anual de \$23.266.963 anuales (Tabla 7), como se explica a continuación:

- (i) Existen 274 usuarios en promedio en el sector 2 con un índice promedio de habitante de 3,3 por vivienda (CAR, 2020), lo que representa una población de 904 habitantes, base para los datos teóricos.
- (ii) El consumo bimestral promedio por persona es de 8,40 m³ según la RAS (CAR, 2020), lo que implica un consumo teórico de agua potable de 7,595 m³ para el sector 2.
- (iii) Para una facturación anual de 45,572 m³, tomando en cuenta la tarifa básica del servicio para el estrato 4 (Tabla 5), se estima anualmente una pérdida de 14.888 m³ por agua no contabilizada, que a su vez representan más de 23 millones solo en el sector 2 por año.

Tabla 7. Caracterización de consumo de agua tratada por los habitantes de estrato 4 del sector 2 del municipio de Apulo.

Datos para la población del estrato 4 del sector 2	CONSUMO (M ³)		FACTURACIÓN	
	REAL	TEÓRICO	REAL	TEÓRICO
Bimestral / habitante sector	***	8,4	***	12.759,30
Bimestral total sector	5.114,00	7.594	\$7.996.454,96	\$11.874.282,2
Anual total sector	30.684,00	45.564	\$47.978.729,76	\$71.245.693
Agua no contabilizada sector	14.888		\$23.266.963,30	

*** Datos no determinados.

Con respecto a los datos no determinados (***), no se tiene claridad al respecto, una vez que el municipio de Apulo es destino turístico de alta afluencia en los meses de abril, junio, julio y diciembre; estimándose un incremento de hasta 3 veces la población para el mes de enero cuando se llevan a cabo las Fiestas de Apulo. Es de resaltar, que si bien el número

de usuarios se mantiene casi constante durante el año, no implica que se mantenga un índice de habitante/usuario de 3,3 sino que puede alcanzarse valores superiores. Lo anterior se observa en la Tabla 6, donde la temporada alta tiene un aumento de hasta 0,6 m³ en comparación a la temporada baja. Debe decirse, que algunos sectores del casco urbano y de la ruralidad del municipio de Apulo, mostrarán este aumento en el consumo de agua tratada de manera heterogénea, siendo los sectores con mayor ocupación hotelera y fincas de descanso, los que puedan alcanzar mayores consumos por usuario durante la temporada alta. Se recomienda, por tanto, que EMPOAPULO S.A S.E.P. lleve a cabo sondeos a lo largo del año, para conocer de primera mano la ocupación del municipio en temporada alta y baja, lo que permitiría llegar a valores más precisos sobre el consumo y la facturación del agua tratada en el municipio de Apulo.

De la Tabla 7, se puede extraer que el IANC del sector 2 es del 30,7%, valor no muy lejano al valor permisible (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009); por lo que el valor de 52% que reporta (Herrera, 2021, p.5) provendría del total de IANC del Municipio de Apulo y no exclusivamente del sector 2, como allí se expresa. Lo anterior, se explica a partir de la buena micro y macro medición e información completa que se tiene del sector y que permite mantener un IANC adecuado.

Por otro lado, el agua no contabilizada anual estimada en 23 millones de pesos (Tabla 7), no representa un valor significativo para el sector 2 y la tasa de retorno de la inversión en la reposición de redes de acueducto, podría alcanzar varias décadas. Sin embargo, es importante hacer el reemplazo de las tuberías de la red de acueducto no solo por lograr un mayor control del agua no contabilizada y disminuir el IANC, sino también con el ánimo de preservar la salud de los usuarios de EMPOAPULO S.A S.E.P. al cambiar asbesto cemento por PVC. Es por esto, que la empresa prestadora de servicios deberá buscar los medios financieros internos y externos para llevar a cabo la reposición de las mallas de acueducto, una vez que no es factible contar con una tasa de retorno a mediano plazo.

Una vez, que el sector 2 ha sido modelo para la estimación del agua no contabilizada, debido a la amplia información de la malla catastral e información de consumo y facturación; se recomienda que sea levantada la misma información para los sectores 1, 3, 4 y 5 y parte de la ruralidad cubierta por servicio de EMPOAPULO S.A S.E.P., de tal manera que la metodología que se expone en el presente trabajo pueda ser replicada para todos los usuarios de la empresa prestadora del servicio.

8. CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió dar claridad económica a la propuesta técnica presentada por Herrera (2021), con lo cual (i) se da respaldo a la necesidad de llevar a cabo el reemplazo de la tubería de asbesto cemento a tubería de presión de PVC de 3", permitiendo la

cuantificación del costo unitario y total del cambio de redes además de resaltar la necesidad de cuidar la salud de los usuarios; (ii) se estimó que las adecuaciones técnicas asciende a \$418.628.041,00 solo para el sector 2, empleado como sector modelo del municipio de Apulo; (iii) el agua no contabilizada para el sector 2 fue estimada en \$23.266.963, lo que no permitiría una tasa de retorno a corto o mediano plazo; y finalmente, (iv) EMPOAPULO S.A S.E.P. deberá contar con proyectos internos o externos que permitan la financiación de la implementación técnica enfocada en la reducción del IANC en el Municipio de Apulo, así como para el levantamiento de información catastral, que permita la replicación del presente trabajo en los demás sectores del casco urbano y sondeos de ocupación a lo largo del año, además de contar con información más precisa y real.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Apulo. (2022). Proyecto Plan Maestro Acueducto y alcantarillado de Apulo. Municipio de Apulo, Cundinamarca. En Aprobación.

CAR. (2020). Resolución DJUR No. 0766 de 2020. Colombia

EMPOAPULO - Empresa de Servicios Públicos de Apulo S.A.E.S.P. (2019). Estudio tarifario Servicios Públicos Domiciliarios Acueducto y Alcantarillado. Resolución CRA 825.

Gobernación de Cundinamarca (2022). Lista de precios construcción, urbanismo y vías 2022. ICCU – Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca. Colombia

Herrera, J. (2021). Metodología para la reducción del índice de agua no contabilizada (IANC) en el municipio de Apulo, Cundinamarca. Tesis Maestría en Gestión Sostenible del Agua. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009). Resolución de la Comisión de Regulación de Agua Potable CRA No.87 de 2009. Comisión de Regulación de agua potable y saneamiento básico. Colombia.

10. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a sus docentes y en especial a su tutora por su apoyo y colocar todo su conocimiento profesional durante este proceso. De igual manera, a toda su familia por estar con su apoyo en los momentos difíciles que consideraba que no iba cumplir este logro. Por último, el autor agradece a todas las personas que le apoyaron e hicieron posible que este trabajo llegue a su culminación.

