



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1803

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSTRUCCIÓN DE LA TERCERA ETAPA DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DEL ÀREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ITUANGO, ANTIOQUIA**

JUAN PABLO MONSALVE CATAÑO

PROGRAMA ACADÉMICO: INGENIERÍA SANITARIA

ASESOR INTERNO: ROBERTO MEJÍA RUIZ

ASESOR EXTERNO: NICOLAS MUÑOZ



17 DE ENERO DE 2018

INDICE

1	Resumen.....	3
2	Introducción.....	3
3	Objetivos.....	5
3.1	Objetivo general.....	5
3.2	Objetivos específicos.....	5
4	Marco Teórico.....	5
4.1	Descripción de la zona de estudio.....	5
4.1.1	Información de localización.....	5
4.1.2	Antecedentes.....	7
4.2	Formulación y diseño de los sistemas de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia.....	10
4.2.1	Periodo de diseño.....	11
4.2.2	Dotación.....	11
4.2.3	Caudales de diseño.....	15
4.3	Contribución de aguas residuales actual y futura.....	16
5	Metodología.....	18
5.1	Capacitaciones:.....	19
5.2	Estudio de información secundaria:.....	19
5.3	Visitas de campo:.....	19
5.4	Revisión de insumos de estudios complementarios:.....	19
5.5	Diagnóstico del sistema existente:.....	19
5.6	Elección de alternativas:.....	19
5.7	Diseño:.....	19
5.8	Recolección de documentación:.....	20
5.9	Socialización:.....	20
6	Resultados y análisis.....	20
6.1	Revisión de información:.....	20
6.2	Diagnóstico de las redes de acueducto y alcantarillado:.....	20
6.3	Diagnostico social:.....	21
6.4	Actualización y ajuste de diseños:.....	21
7	Conclusiones.....	22

CONSTRUCCIÓN DE LA TERCERA ETAPA DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DEL ÀREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ITUANGO, ANTIOQUIA

1 Resumen

El proyecto “Construcción de la tercera etapa del plan maestro de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia” pertenece al banco de proyectos de la gerencia de servicios públicos del departamento de Antioquia en el programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad- Plan Departamental de Agua de Antioquia PAP-PDA, el cual surgió como una iniciativa cuando en el año 2008 se formuló y publicó el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado-PMAA de dicho municipio; en el que se planteaba la optimización de los sistemas de acueducto y alcantarillado, ya que contaba con estructuras deficientes para el abastecimiento de agua potable y el saneamiento básico, generando una baja cobertura en el servicio de acueducto, además de la ineficiencia hidráulica en su sistema de alcantarillado, ocasionada por los reducidos diámetros de las tuberías instaladas, incapaces de transportar conjuntamente las aguas lluvias y las aguas residuales domésticas lo cual ha generado una alta afectación a la comunidad incidente en esta área. Sin embargo, para el año 2018 se han materializado las primeras dos etapas de este plan, las cuales cubrieron un porcentaje importante de lo planteado en los diseños, no obstante, carecen de un sistema de tratamiento de aguas residuales por lo que se contaminan los cuerpos de agua. Por esta razón, el PAP-PDA y la Universidad de Antioquia decidieron actualizar, formular, diseñar y viabilizar la “Construcción de la tercera etapa del plan maestro de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia”, para satisfacer algunas de las necesidades mencionadas. Para tal fin, se tuvieron en cuenta diferentes componentes tales como el social, jurídico, ambiental, institucional, administrativo y presupuestal, además de algunos estudios técnicos previos, insumos necesarios para proceder con la formulación y diseño de este proyecto. Como resultado se formuló y diseñó la optimización del sistema de acueducto compuesto por la red de distribución y del sistema de alcantarillado, el cual comprende la red de alcantarillado del distrito norte, cárcamos, aliviaderos y estructuras de descarga.

2 Introducción

En Colombia el acceso al agua se considera un derecho fundamental y se define como “el derecho de todos de disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal o doméstico” (Corte Constitucional de Colombia, 2017). Por este motivo, garantizar la

disponibilidad del recurso es una de las prioridades establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo, que pretende reducir brechas en la provisión de servicios públicos como el agua potable y saneamiento básico (FINDETER 2017); sin embargo, en la actualidad las diferentes regiones de Colombia presentan problemas en la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado, a pesar de que es un país con gran riqueza hídrica, su infraestructura se encuentra en estado deficiente, lo cual genera carencia de este recurso en condiciones aptas para el consumo humano y problemas de salud pública; por tanto, para dar solución efectiva a dicha situación se debe mejorar la cobertura, eficiencia y calidad en la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico.

En los últimos años el Gobierno Colombiano emprendió una política denominada Planes Departamentales de Agua y Saneamiento (PDA) destinados a la formulación, diseño y gestión de proyectos que permitan la construcción de los sistemas de acueducto y alcantarillado; en los cuales todos sus componentes funcionen correctamente. Con esto se busca mejorar sustancialmente las condiciones de vida de las comunidades con las problemáticas mencionadas anteriormente (CEPAL 2011).

El municipio de Ituango está localizado en la zona norte del departamento de Antioquia, donde se presentan grandes problemáticas asociadas a los sistemas de acueducto y alcantarillado, debido a que los componentes de los sistemas no cumplen con las especificaciones técnicas adecuadas para su óptimo funcionamiento, sumado a su antigüedad, por lo que se hace necesario reemplazarlas, ya que la operación de los sistemas en estas condiciones provoca un rápido deterioro en las redes y las estructuras urbanas. Un claro ejemplo de esto es la escorrentía superficial que no discurre por el alcantarillado y las altas presiones en la red de acueducto, que ocasiona estragos al sistema vial. Además de esto no se tiene para el sistema de alcantarillado un tratamiento de aguas residuales, ocasionando con esto graves problemas de saneamiento en el centro poblado y una contaminación continua a las fuentes de agua cercanas del mismo. (P.M.A.A A.S.S S.A 2008).

Para la zona urbana del municipio de Ituango se realizará la formulación de diagnóstico y diseño de los sistemas de acueducto y alcantarillado, partiendo de la revisión de información secundaria presentada en el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (P.M.A.A) del municipio de Ituango realizado por la empresa de consultoría A.A.S S. A para el año 2008 y así poder elaborar la actualización del mismo para el año 2018. Según los lineamientos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS/0330.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Apoyar la formulación, el diseño y la gestión del proyecto "Construcción de la tercera etapa del plan maestro de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia"

3.2 Objetivos específicos

- Apoyar la revisión y ajuste de la información secundaria suministrada por la Gobernación de Antioquia.
- Apoyar la realización del diagnóstico de las redes de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia.
- Apoyar en el diagnóstico social de las dinámicas poblacionales de los habitantes de la zona urbana del municipio de Ituango, Antioquia.
- Apoyar la actualización y ajuste del diseño del sistema de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia; conforme a lo establecido en el reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico (RAS 2017).
- Apoyar en la gestión de la documentación necesaria para la presentación, viabilización y aprobación del sistema de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia; según la resolución 0672 del año 2015.
- Participar en la presentación ante el mecanismo departamental de evaluación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico, el proyecto "Construcción de la tercera etapa del plan maestro de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia".

4 Marco Teórico

4.1 Descripción de la zona de estudio

4.1.1 Información de localización

El municipio de Ituango está localizado en la margen derecha de la cordillera occidental colombiana; en las coordenadas 75° 47' 7'' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, 7° 9' 45'' de latitud Norte como se evidencia en la **figura 1**. Su cabecera se encuentra ubicada a una altura de 1.550 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio de 21°C; del área total de 2.347 Km², 1.5 Km² corresponden a la cabecera municipal. Limita al norte con el departamento de Córdoba y con el Municipio de Tarazá; por el Nororiente el río Cauca lo separa de los municipios de Valdivia, Briceño y Toledo; por el Suroriente limita con Sabanalarga; por el Sur, con Peque y Dabeiba y por el Occidente con Mutatá (Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Ituango, 2014). El Parque Nacional Natural Paramillo (P.

N. N. Paramillo), abarca 2.144,4, que comprende el 54,8% del área municipal y el área del casco urbano se estima en 0,5 Km². Cabe resaltar que el perímetro sanitario es menor que el perímetro urbano, pues los sectores de El Requitadero, aproximadamente 20 casas y la partida a Peque, con 23 casas y que pertenecen a la zona urbana, no tienen servicio de agua potable, el perímetro urbano se muestra en la **Figura 2** (Acueducto y Alcantarillados Sostenibles S.A E.S.P – AAS SA., 2008).

Figura 1. Localización general del municipio de Ituango.

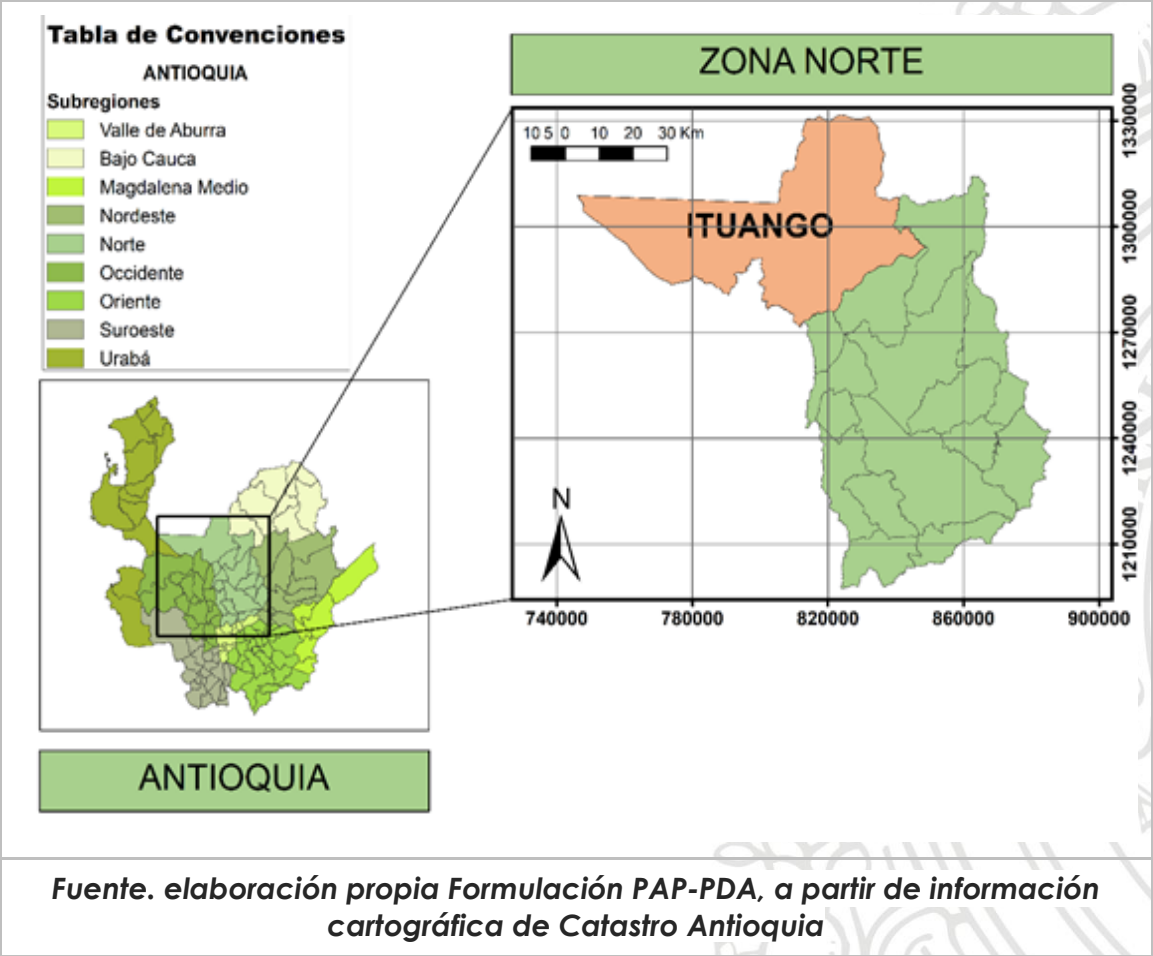
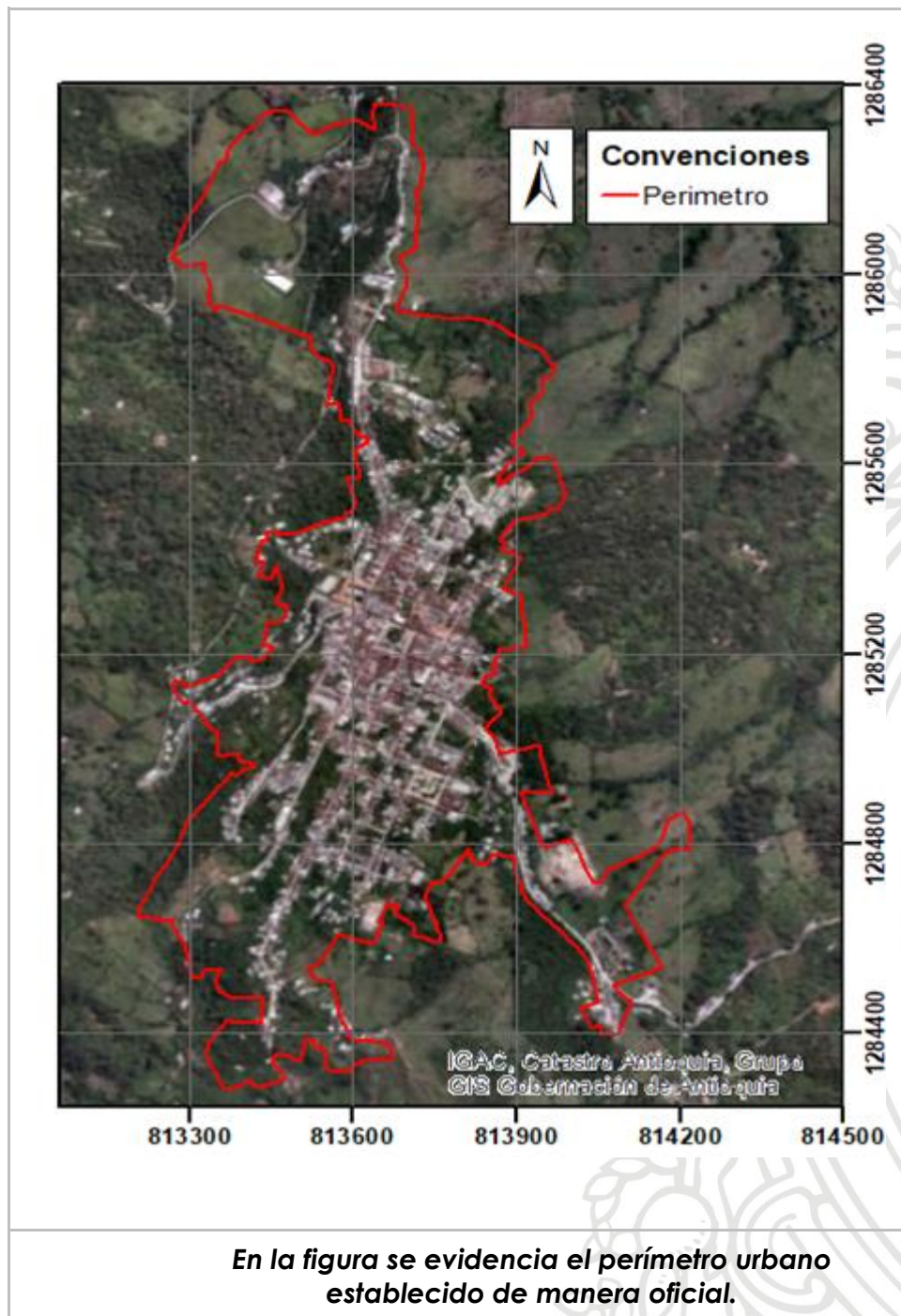


Figura 2. Perímetro urbano del municipio de Ituango, Antioquia



Fuente. Elaboración propia a partir de información del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado. Ituango.

4.1.2 Antecedentes

De acuerdo con la información suministrada por la E.S.P Servituango, para el mes de agosto del 2018, se cuenta con cobertura en el servicio de acueducto de 98,2%, con un total de 2.714 establecimientos adscritos al servicio de acueducto, el cual es prestado con una continuidad del 100%, para la zona urbana del municipio de Ituango. Hasta el momento se ha ejecutado la primera y segunda etapa del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.

Con respecto al sistema de acueducto se realizaron las siguientes obras para la primera etapa:

- Construcción de un tanque de almacenamiento de 300 m³ en la planta de tratamiento.
- Construcción de un tanque de almacenamiento de 50 m³ en el sector del Requintadero.
- Instalación de un macromedidor de 3".
- Instalación de una estación reguladora de presión de 3"
- Construcción de una bocatoma Batea Mojada
- Construcción de un sistema de bombeo a tanque de 50 m³ (Sector Requintadero)
- Optimización en la red de aducción: 896,95 m en tubería de 4" en aducción de Batea Mojada y 2.479 m en tubería de 6" en aducción de Media Falda
- Instalación de 124 micromedidores
- Instalación de un hidrante tipo Milán de 3"
- Instalación de 3 válvulas de corte para sectorizar
- Instalación de 2 válvulas de purga
- Instalación de 11 válvulas ventosas
- Instalación de 131 domiciliarias de acueducto (Carrera Quindío, carrera Córdoba y sector Requintadero y partidas de Peque).

Para la segunda etapa del plan maestro de acueducto y alcantarillado, se repusieron algunos tramos de acueducto, cambiando tuberías de asbesto cemento por tubería de PVC, presión RDE 21 de diámetro 2" y 3"; además se instaló una válvula reguladora de presión de 2", para optimizar el sistema de presiones en un amplio sector de la red ubicada en el sector de Chapinero.

Actualmente, la Planta no cuenta con ningún sistema de recolección, manejo y disposición de lodos, por lo cual se descargan directamente sobre el alcantarillado municipal, que posteriormente cae a la quebrada Chapinero. Dada la alta carga contaminante de dichos lodos y considerando los costos de la tasa retributiva impuesta por CORANTIOQUIA debido a los vertimientos, es necesario implementar un sistema de manejo y disposición de los lodos.

A continuación, se hará una descripción del estado actual de los diferentes componentes del sistema de acueducto, es importante resaltar que la presente intervención va enfocada a la reposición de las redes que no se intervinieron en la primera y segunda etapa del PMAA, y que se encuentran en asbesto cemento.

Por otra parte, de acuerdo con la información suministrada por la E.S.P. Servituango S.A, la red de alcantarillado urbana del municipio de Ituango, cuenta con un total de 2.504 usuarios y una cobertura del 92,2%. Está compuesto por siete (7) Distritos Sanitarios (D.S), alrededor del 50% de las tuberías instaladas en el sistema son de concreto. El sistema de alcantarillado presenta algunas deficiencias, debido a que inicialmente fue concebido para transportar conjuntamente las aguas lluvias y las aguas residuales domésticas;

sin embargo, fue necesario clausurar algunos sumideros en la zona alta y media de la cabecera urbana, como consecuencia de la ineficiencia hidráulica ocasionada por los reducidos diámetros de las tuberías instaladas. Por esta razón, algunos sectores del sistema funcionan como alcantarillado sanitario (Acueducto y Alcantarillados Sostenibles S.A E.S.P – AAS SA., 2008). Adicionalmente, el sistema de alcantarillado presenta continuamente velocidades de flujo que superan los $5 \frac{m}{s}$, que la norma establece; debido a esto se ha generado abrasión en las tuberías y deterioro físico de las estructuras de conexión.

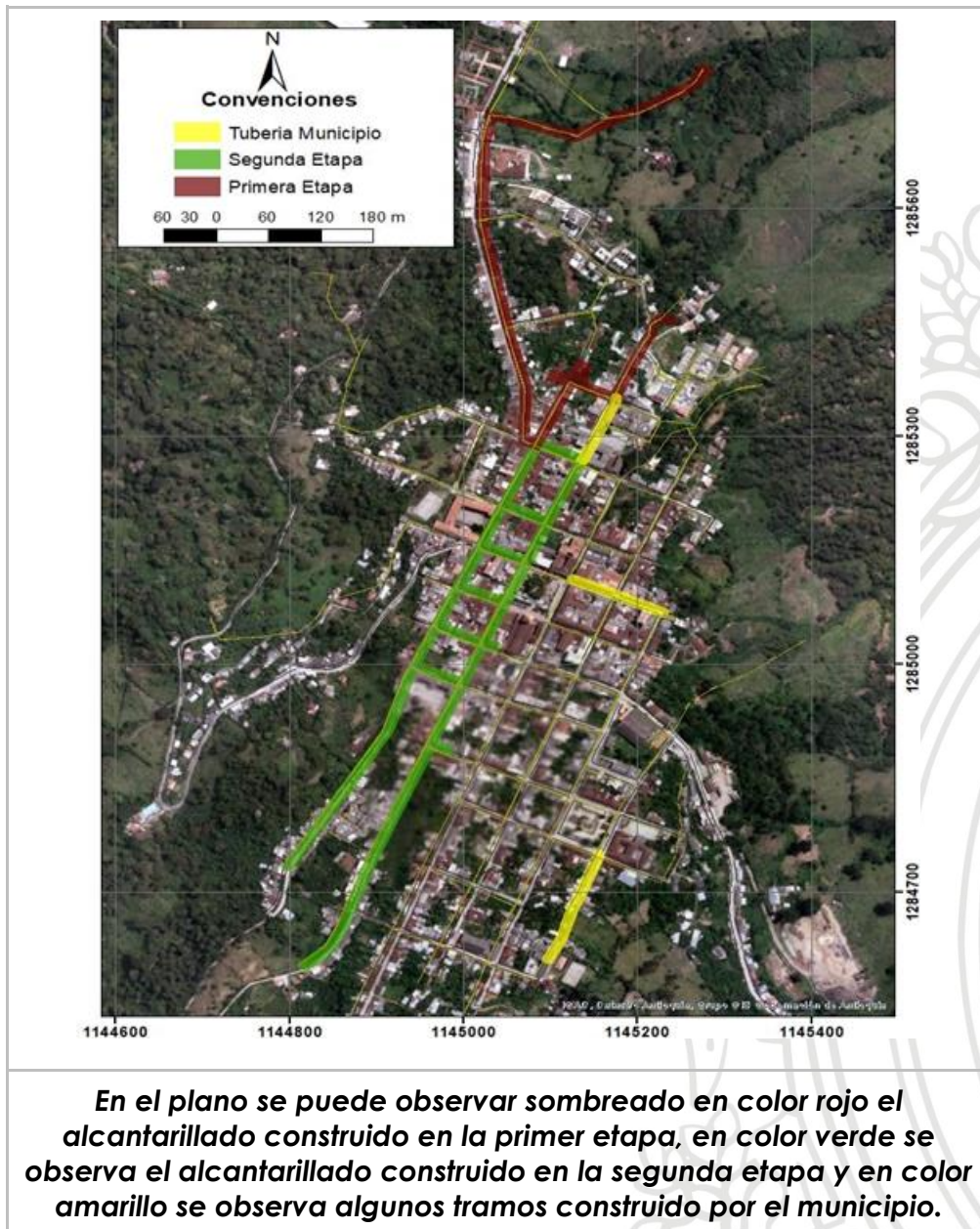
Otro de los efectos de la inadecuada operación del sistema de alcantarillado, es el desgaste en la infraestructura vial durante las épocas de invierno, debido al escurrimiento de las aguas lluvias a altas velocidades; ocasionadas por el sellamiento de los sumideros y las altas pendientes del terreno.

Hasta el momento se ha ejecutado la primera y segunda etapa del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, con respecto al sistema de alcantarillado se realizaron las siguientes obras para la primera etapa:

- Optimización de 1.182 m de redes de alcantarillado en 12",16",18" y 24". (Carrera Quindío, Córdoba y Santander)
- Instalación de 141 domiciliarias (Carrera Quindío, Córdoba y Santander)
- Construcción de 12 sumideros (Universidad de Antioquia, 2014)

En la segunda etapa del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado se intervinieron: la carrera 20 entre las calles 12 y 19, la carrera 21 entre las calles 13 y 22 vía a Palo blanco, la calle 17 entre las carreras 20 y 21, calle 18 entre las carreras 20 y 21, calle 19 entre las carreras 20 y 21, calle 20 entre las carreras 20 y 21 donde se restituyó la tubería de concreto por tubería de PVC NOVAFORT de diámetros entre 600 mm (24") y 250 mm (10") en los tramos principales y cometidas domiciliarias con tubería PVC NOVAFORT de 150 mm (6"). (Consortio Energía Colombia- Empresas Públicas de Medellín, 2016). Como se observa en la **figura 3**.

Figura 3. Plano record primera y segunda etapa Plan Maestro Acueducto y Alcantarillado.



4.2 . Formulación y diseño de los sistemas de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Itango, Antioquia

Para garantizar la óptima construcción y un buen funcionamiento en los sistemas de acueducto y alcantarillado para el centro poblado, se hace necesario conocer información detallada de la dinámica de población del sitio, los usuarios o número de viviendas, habitantes, costumbres y actividad económica, además, se requiere conocer aspectos técnicos como la calidad del agua, la pendiente del terreno, la presión del agua en la tubería, las velocidades alcanzadas y el trazado que mejor se ajuste a las condiciones del lugar , como también se deben tener en cuenta estudios complementarios de suelos, hidrológicos, topográficos, estructurales, que pueden estar sujetos a las características particulares de cada zona.

Los sistemas de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, son sistemas que funcionan a gravedad y cuyo principal objetivo es mejorar las condiciones de vida de los pobladores de este sector, con el fin de disminuir riesgos de contraer enfermedades, como también suministrar una vida digna.

La formulación y diseño de los sistemas se reglamentó mediante la resolución 0330 de 2017, la cual establece la normatividad técnica que se debe cumplir en las etapas de diseño, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Inicialmente en la formulación se definen aspectos como el periodo de diseño, dotación neta máxima, la población afectada y el caudal de diseño, los cuales fundamentan básicamente el diseño de las estructuras que componen cada sistema anteriormente mencionado.

4.2.1 Periodo de diseño.

Según la Resolución 0330 del año 2017 en el Capítulo 1 de aspectos generales, en el artículo 40 se establece el periodo de diseño para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño para el proyecto un tiempo de 25 años.

4.2.2 Dotación

Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto; siempre que existan datos históricos de consumo confiables para el municipio o distrito, la dotación neta máxima a utilizar en el diseño de un nuevo sistema de alcantarillado o la ampliación del sistema existente debe basarse en dichos datos.

A continuación, se describen las dotaciones neta y bruta, actual y futura para la zona urbana del municipio de Ituango.

- **Dotación neta actual del sistema**

Para determinar la dotación neta en el año 2018, se utilizaron los registros de consumo mensual suministrados por la E.S.P Servituango.s.a, con base en estos datos se obtiene un valor de 111.82 para la dotación neta (Ver Ecuación 9).

$$\text{Ecuación 1}$$
$$\text{DotaciónNeta} = \frac{24,995\text{m}^3}{30 \text{ días}} \times \frac{1,000 \text{ l}}{1\text{m}^3 \times 7.451\text{hab}} = 111.82 \frac{\text{l}}{\text{hab-día}}$$

- **Dotación neta futura del sistema**

La dotación neta futura del sistema se define a partir de la Resolución 0330 de 2017, artículo 43, donde se establece que la dotación está en función de la altura promedio sobre el nivel del mar y sus valores se establecen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Asignación de la dotación por habitante de acuerdo a la altura de la zona sobre el nivel del mar.

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida.	Dotación neta (L/hab-día)
>2000 m.s.n.m	120
1000-2000 m.s.n.m	130
<1000 m.s.n.m	140

Fuente. Resolución 0330/2017; Artículo 43.

- **Dotación bruta actual del sistema**

Para establecer la dotación bruta actual del sistema, se parte del Reglamento técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS –. 2000) título B, donde se calcula a partir de la siguiente ecuación (Ver Ecuación 10).

$$\text{Ecuación 2}$$

$$d_{Bruta} = \frac{d_{neta}}{1-\%P}$$

Donde:

dbruta=Dotación bruta

dneta=Dotación neta

%P= Pérdidas máximas admisibles.

Donde el porcentaje de pérdidas máximas admisibles no deberá superar el 25%; ya que en la actualidad la red de distribución no funciona adecuadamente, se parte del Índice de Agua No contabilizada (IANC), elaborado por la E.S.P Servituango para el mes junio del 2018, donde se presenta un porcentaje de pérdidas mayor al 25% de 46,24%. Al aplicar la ecuación anterior se obtiene para la zona urbana del municipio de Ituango, Antioquia, un valor para la demanda bruta actual de 208 L/hab-día (Ver Ecuación 3).

$$\text{Ecuación 3}$$

$$d_{Bruta} = \frac{111.821 \frac{L}{Hab-día}}{1-46.24\%} = 208 \frac{L}{Hab-día}$$

- **Dotación bruta futura del sistema**

Para determinar la dotación bruta futura del sistema, se aplica la (Ecuación 2) expuesta en la resolución 0330 de 2017 en el artículo 44 y se utiliza el porcentaje de pérdidas técnicas máximas para el diseño, de 25%.

Se obtiene para la zona urbana del municipio de Ituango, Antioquia, un valor de dotación bruta futura igual a 173,33 L/hab-día, calculada a partir de la siguiente ecuación (Ver Ecuación 4).

$$\text{Ecuación 4}$$

$$d_{Bruta} = \frac{130 \frac{L}{Hab-día}}{1-25\%} = 173,3 \frac{L}{Hab-día}$$

2.3 Proyección de la población objetivo.

De acuerdo con el RAS 2000 en el título B.2.2.4, para realizar las proyecciones de población se implementan los siguientes métodos de proyección, el método geométrico, el método exponencial y el método Wappaus; con base en el censo del 2005 y con una tasa de crecimiento de 1,65%.

- **Método geométrico**

Este es un método de cálculo útil para poblaciones con importante actividad económica, que generen un apreciable desarrollo, además de poseer importantes áreas de expansión que puedan ser dotadas con servicios públicos sin dificultad alguna.

Para calcular la población proyectada se describe a continuación la **Ecuación 5** extraída de (RAS/2000, Título B.2.2)

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal

P_f = Población correspondiente al año del periodo de diseño (hab)

P_{uc} = Población correspondiente a la proyección del DANE (hab)

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial (hab)

T_{uc} = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE

T_{ci} = Año correspondiente al censo inicial con información

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.

Para calcular la tasa de crecimiento se describe a continuación la **Ecuación 6** extraída de (RAS/2000, Título B.2.3)

$$\text{Ecuación 6}$$

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(t_{uc} - t_{ci})}} - 1$$

- **Método exponencial**

Este método requiere conocer por lo menos tres censos, para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población; donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se aplica generalmente en poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión, mediante la **Ecuación 7**.

Ecuación 7

$$P_f = P_{ci} \times e^{kx(T_f - T_{ci})}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población, la cual se calcula mediante la **Ecuación 8**.

Ecuación 8

$$K = \frac{\ln \ln P_{cp} - \ln \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde:

P_{uc} = Población del censo posterior

P_{ca} = Población del censo anterior (hab)

T_{cp} = Año correspondiente al censo posterior

T_{ca} = Año correspondiente al censo anterior

L_n = Logaritmo natural o neperiano.

- **Método Wappaus**

Se utiliza para poblaciones pequeñas de 5.000 a 10.000 habitantes. Este método únicamente puede emplearse cuando el producto de la tasa de crecimiento (i en %), la diferencia entre el año a proyectar (Tf) y el año del censo inicial (Tcf) es menor a 200; como se muestra a continuación (**Ver Ecuación 9**)

Ecuación 9

$$i * (T_f - C_f) < 200$$

Si esta condición no se cumple, debido a la forma matemática de la ecuación la población obtenida será creciente pero negativa. La ecuación que se utiliza para calcular la población proyectada es la siguiente (**Ver Ecuación 10**)

Ecuación 10

$$P_f = P_{ci} \frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})}$$

Donde:

P_f = Población correspondiente al año del periodo de diseño (hab)

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial (hab)

T_{ci} = Año correspondiente al censo inicial con información

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.
 i = Índice de crecimiento anual (%)

La tasa de crecimiento (i en %) se calcula de acuerdo con el crecimiento de las poblaciones censadas, se halla utilizando la siguiente ecuación (**Ver Ecuación 11**)

$$i = \frac{200 * (P_{cu} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) * (P_{ci} + P_{uc})}$$

Ecuación 11

4.2.3 Caudales de diseño.

Según la resolución 0330 de 2017 en su capítulo 2, los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, se establecen según las variaciones diaria y horarias que se puedan presentar, como se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Caudales de diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución 0330 de 2017.

La definición de los diferentes caudales para los sistemas de acueducto y alcantarillado se dan con base a lo establecido en el RAS 2000, como se evidencia a continuación.

- **Caudal medio diario (qmd)**

El caudal medio diario es el caudal calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios de un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación (**Ver Ecuación 12**)

$$Q_{med} = \frac{P * d_{Bruta}}{86400}$$

Ecuación 12

- **Caudal máximo diario (QMD)**

El Caudal Máximo Diario corresponde al consumo máximo durante 24 horas en un período de un año. Se estima mediante el coeficiente K_1 que tiene un

valor de 1,30, según el artículo 47 en su párrafo 2° de la resolución 0330 de 2017. El QMD se halla mediante la **Ecuación 13**.

$$\text{Ecuación 13}$$
$$QMD = Q_{med} * K_1$$

- **Caudal máximo horario (QMH)**

El Caudal Máximo Horario corresponde al consumo máximo durante una hora en un período de un año. El cual se estima mediante el coeficiente K2, que tiene un valor de 1,60 según el artículo 47 en su párrafo 2° de la resolución 0330 de 2017 (**ver Ecuación 14**).

$$\text{Ecuación 14}$$
$$QMH = QMD * K_2$$

4.3 Contribución de aguas residuales actual y futura

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación, está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales. Su estimación debe basarse en lo posible, en información histórica de consumos, mediciones periódicas y evaluaciones regulares.

- **Domésticas (Q_D)**

El aporte de aguas residuales domésticas (Q_D) está dado por la siguiente expresión recomendada por el RAS/2000 D.3.3. (**ver Ecuación 15**)

$$\text{Ecuación 15}$$
$$Q_D = \frac{C_{R} * P * D_{NETA}}{86400}$$

Donde:

Q_D= Caudal de aguas residuales domesticas (L/s)

C_R=Coeficiente de retorno (adimensional)

P= número de habitantes proyectados al periodo de diseño (hab)

D_{NETA}= Demanda neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab/dia).

- **Industriales (Q_I)**

En la zona urbana del municipio de Ituango, no se cuenta con industrias que hagan aportes representativos a los caudales de aguas residuales generadas por la comunidad.

- **Comerciales (Q_C)**

Teniendo en cuenta que en la zona urbana del municipio de Ituango, se presentan zonas mixtas, es decir, comerciales y residenciales; los caudales comerciales serán estimados como lo sugiere el manual de buenas prácticas de Ingeniería título D 3.3.3.3, teniendo en cuenta la concentración comercial

relativa a la concentración residencial, utilizando una contribución de caudal comercial correspondiente a 0,5 L/s por ha comercial (**Ver Ecuación 16**).

Ecuación 16

$$Q_{CE} = \text{Area tributaria comercial} * 0.5 \frac{L}{s*ha}$$

- **Institucionales (Q_{IN})**

Considerando que en la zona urbana del municipio de Ituango, las 28 instituciones oficiales suscriptas al servicio de alcantarillado se ubican en zonas residenciales, los aportes de aguas residuales institucionales se estimaran en 0,5 L/s por ha, como lo sugiere el manual de buenas prácticas de Ingeniería título D 3.3.3.4.

Para determinar el Q_{IN} , se toma el factor anteriormente estimado, multiplicado por el área tributaria institucional del tramo (**Ver Ecuación 17**).

Ecuación 17

$$Q_{CE} = \text{Area tributaria institucional} * 0.5 \frac{L}{s*ha}$$

- **Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD})**

El caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD}) se calcula a partir de la siguiente expresión, dada por el manual de buenas prácticas de ingeniería título D 3.3.4. (**Ver Ecuación 18**)

Ecuación 18

$$Q_{MD} = Q_D + Q_i + Q_C + Q_{IN}$$

Donde:

Q_{MD} = Caudal medio diario de aguas residuales (L/s)

Q_D = Caudal de aguas residuales domesticas (L/s)

Q_i = Caudal de aguas residuales industriales (L/s)

Q_C =Caudal de aguas residuales comerciales (L/s)

Q_{IN} = Caudal de aguas residuales institucionales (L/s)

Se resalta que para la zona urbana del municipio de Ituango, el caudal medio (Q_{MD}) no toma en cuenta el caudal de aguas industriales, esto se debe a que en la zona no hay presencia de grandes industrias.

- **Caudal por conexiones erradas**

El caudal de conexiones erradas se calcula a partir de las recomendaciones del manual de buenas prácticas de Ingeniería título D.3.3.3.5 donde se establece un factor máximo de conexiones erradas igual a 0,2 L/s multiplicado por el área tributaria total del tramo. (**Ver Ecuación 19**)

Ecuación 19

$$Q_{CE} = \text{Area total tributaria} * 0.2 \frac{L}{s * ha}$$

- **Factor de mayoración**

De acuerdo al artículo 134 de la resolución 0330 de 2017, el factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario, debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1,4 y 3,8.

Para hallar el factor de mayoración, se usó la ecuación de Harmon, la cual es válida para poblaciones menores a un millón de habitantes

$$\text{Ecuación 20}$$
$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0.5})}$$

Donde:

F = Factor de mayoración (adimensional).

P = Población servida en miles de habitantes (hab/1000).

- **Caudal de diseño**

El caudal de diseño de cada tramo que conforma la red de tuberías del alcantarillado se obtiene a partir de la siguiente expresión como lo sugiere el RAS/200 D.3.3.6. Donde Q_{MH} es el caudal máximo horario, Q_{INF} es el caudal por infiltraciones y Q_{CE} es el caudal por conexiones erradas. **(Ver Ecuación 22)**

$$\text{Ecuación 21}$$
$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Cuando el caudal calculado sea menor que 1,5 L/s, se debe asumir este último valor como caudal de diseño para dimensionar las tuberías que conforman la red de alcantarillado de aguas residuales.

5 Metodología

A continuación, se presentan las actividades que dieron cumplimiento con los objetivos planteados en pro de la viabilización del proyecto: Construcción de la tercera etapa del plan maestro de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Ituango, Antioquia.

5.1 Capacitaciones:

Se asistió a capacitaciones programadas por parte del PAP-PDA para lograr la nivelación de todos los practicantes de acuerdo a los requerimientos técnicos de los proyectos. Se realizaron capacitaciones en temas como: implementación de software de simulaciones hidráulicas, programación de obras, presupuesto, entre otros.

5.2 Estudio de información secundaria:

Se revisó y analizó la información suministrada por fuentes externas como: Gobernación de Antioquia, Alcaldía Municipal y empresa prestadora de servicios públicos de la zona, que dieron cuenta del estado actual de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

5.3 Visitas de campo:

Se realizaron visitas de reconocimiento de la zona de estudio, con el fin de corroborar y recolectar información que permitiera la ejecución de los diseños óptimos para la población beneficiada.

5.4 Revisión de insumos de estudios complementarios:

se realizó una investigación detallada en estudios complementarios existentes del plan maestro de acueducto PMA del año 2008, para determinar la necesidad de nuevos estudios complementarios como topografía y estudio de suelos.

5.5 Diagnóstico del sistema existente:

Se plasmó el estado actual (2018) de las redes de acueducto y alcantarillado existente tras revisar la información secundaria y realizar las visitas de campo a la zona de estudio. Con el objetivo de plantear la solución que mejor satisfaga la problemática que afronta la zona urbana del municipio de Ituango.

5.6 Elección de alternativas:

De acuerdo con el diagnóstico, se realizó una elección en las alternativas que buscaban dar solución a los problemas identificados, desde el punto de vista técnico, ambiental, jurídico, económico y social.

5.7 Diseño:

Se diseñó la optimización de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la zona urbana del municipio de Ituango, mediante herramientas informáticas (HidroSIG, EPANET, Google Earth, entre otros), que permitieran dar cumplimiento a lo establecido en la normatividad vigente, Resolución 0330 2017.

5.8 Recolección de documentación:

Se gestionaron y cumplieron los requerimientos mínimos técnicos de presentación, viabilización y aprobación de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico establecidos en la resolución 0672 de 2015.

5.9 Socialización:

Se presentó el proyecto formulado ante la comunidad beneficiada, donde se dieron a conocer los múltiples beneficios que éste generaría para los habitantes de la zona urbana.

6 Resultados y análisis

En cumplimiento de los objetivos planteados durante el periodo de la práctica académica en la modalidad de Práctica Social acerca del diseño de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la zona urbana del municipio Ituango, se obtuvo los siguientes resultados:

6.1 Revisión de información:

Se revisó la información secundaria entregada por la Gobernación de Antioquia (PMAA 2008), con el fin de tener una idea detallada de las condiciones de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la zona urbana del municipio de Ituango. Para posteriormente, mediante la recolección de información suministrada por la Empresa de Servicios Públicos (E.S.P) Servituango SA, generar una actualización de las condiciones en las que se encuentran los sistemas de acueducto y alcantarillado al año 2018.

6.2 Diagnóstico de las redes de acueducto y alcantarillado:

Luego de revisar y actualizar la información otorgada por la gobernación de Antioquia, se realizó el respectivo diagnóstico del estado actual de los sistemas de acueducto y alcantarillado, esto con el fin de conocer la problemática generada por los deficientes sistemas con que se cuenta en el lugar; para la elaboración de los diagnósticos, se utilizaron lineamientos establecidos por las directrices del proyecto PAP-PDA, donde se analizaron y diagnosticaron las condiciones físicas e hidráulicas de cada uno de los componentes a optimizar de ambos sistemas; allí se obtuvo que en la actualidad el sistema de acueducto tiene una red de distribución que cuenta con buenas características físicas y no ha cumplido su vida útil, sin embargo, es necesario realizar actividades de optimización para controlar las altas presiones, las pérdidas de agua en el sistema y en algunos tramos de la red, Además se hace necesario la reposición de los tramos de tubería instalados en asbesto cemento, ya que por su antigüedad y deterioro no operan adecuadamente. En relación al sistema de alcantarillado, se realizó un informe luego de realizar

un diagnóstico en campo y su respectivo chequeo hidráulico donde se obtuvo que el 60% correspondiente a cerca de 3,067 m de las redes, no cuentan con la suficiencia hidráulica para la recolección y transporte de las aguas combinadas, por esto se hace necesario optimizar los diámetros y pendientes, de tal forma que sea posible habilitar todos los sumideros que se encuentran clausurados, evitando que las aguas lluvias escurran por vías y andenes, además de esto las redes del sistema de alcantarillado evidencian un notorio desgaste en sus componentes, principalmente en las tuberías de concreto y cámaras de inspección. Esta situación se debe a las altas velocidades que manejan los flujos (velocidades > 5 m/s) producidas por las altas pendientes y a la carencia de cámaras de caída que minimicen la energía acumulada durante el recorrido. Por esto se hace necesario la reposición de los tramos de alcantarillado construidos en concreto, con el fin de que cumplan hidráulicamente.

6.3 Diagnóstico social:

En vista de la situación crítica de orden público generada históricamente, tanto en el área urbana como rural del municipio de Ituango, la dinámica poblacional varía frecuentemente por motivos de seguridad, lo que se complica aún más por efectos de los cierres viales de ingreso y salida de la cabecera municipal asociados al proyecto hidroeléctrico Ituango.

La formulación del proyecto de alcantarillado urbano en el municipio de Ituango, se puede ver afectado por las situaciones mencionadas anteriormente, en tanto que la alteración que presenta el sistema de orden público puede llegar a implicar retrasos en las obras que se lleguen a ejecutar con motivo del inicio de las obras del PDA.

6.4 Actualización y ajuste de diseños:

Luego de realizar un diagnóstico previo, se apoyó la formulación y diseño de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la zona urbana del municipio de Ituango.

En relación al sistema de acueducto, se apoyó la construcción de las memorias y modelaciones hidráulicas de la red de distribución, para posteriormente diseñar la optimización que mejor se ajustara a las condiciones requeridas en la zona urbana del municipio de Ituango, basándose en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS/2000) y por la resolución 0330 de 2017.

En lo relacionado al sistema de alcantarillado, se apoyó la elaboración de las memorias hidráulicas de las redes de alcantarillado y estructuras de descarga disipadoras de energía, con el fin de optimizar las redes para que tengan la capacidad hidráulica de captar, transportar y evacuar las aguas residuales y aguas lluvias.

En cuanto a las redes de alcantarillado, se apoyó el diseño para optimizar las combinadas existentes, con el fin de que contaran con la capacidad hidráulica suficiente para evacuar los caudales superiores de aguas lluvias producidos en épocas de invierno, para esto, se plantea diseñar y construir aliviaderos en algunos tramos del sistema, además de esto, se planteó ubicar cárcamos estratégicamente sobre el sistema vial de la zona urbana del municipio de Ituango, como sistema de captación de aguas lluvias.

Para las estructuras de descarga disipadoras de energía, debido a las altas pendientes que posee el terreno en las zonas de descarga, se hace necesario diseñar Canales de Rápidas con Tapa y Columpio (CRTC) combinados con rápidas escalonadas, con el fin de disminuir la erosión producida por la alta energía que llevan las aguas al ser descargadas.

7 Conclusiones

- Debido al apoyo en la formulación y diseño de proyecto en el Plan Departamental de Aguas, se logró obtener un conocimiento acerca del proceso de formulación de un proyecto según la resolución 0672 del 2015.
- Se asimiló como se realiza el diligenciamiento de formatos y certificados, como la ficha MGA (Metodología General Ajustada), el cual es un requisito de la resolución 0672 donde se resume todos los componentes del proyecto (técnico, social, jurídico, presupuestal). Adicionalmente, esto es una ventaja que se considera de gran utilidad a futuro en la formación de los profesionales ya que brinda grandes capacidades en el momento de formular proyectos.
- Se considera de suma importancia realizar un diagnóstico exhaustivo de los sistemas de acueducto y alcantarillado de los proyectos, ya que se evidenció que, en ocasiones, las informaciones secundarias presentadas, se encuentran desactualizadas y es necesario conocer el estado actual del proyecto para dar la mejor solución a los problemas que se presenten.
- Es indispensable tener en cuenta las diferentes dinámicas sociales que se presentan en la zona de estudio, ya que pueden acarrear costos adicionales en la ejecución de las obras proyectadas en el diseño, ya sea por conflictos sociales o dificultades en el transporte.

8 Referencias Bibliográficas

- CEPAL (2011). Retos a futuro en el sector de acueducto y alcantarillado en Colombia: <https://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/42733/lcw379e.pdf>
- Resolución 2115. Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Bogotá, Colombia, 22 de junio de 2007. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRec>

ursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Acueductos y alcantarillados sostenibles S.A. (2008). *Plan maestro de acueducto y alcantarillado Municipio de Ituango*. Antioquia, Colombia.

(Empresas públicas de Medellín [EPM], 2009). Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM recuperado de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/NormasDisenoSistemasAcueducto.pdf

FINDETER 2017. Informe sectorial Agua potable y Saneamiento básico. <https://www.findeter.gov.co/descargar.php?idFile=253376.pdf>

Universidad de Antioquia. (2014). Informe Final de Interventoría del Contrato de Obra N° 2013 00-37-0036 Municipio Ituango-Antioquia. Medellín

Consortio Energía Colombia- Empresas Públicas de Medellín. (2016). Acta de Entrega de Obra Ejecutada. Ituango.

