

ASISTENCIA TECNICA EN DISEÑOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN VEREDA  
CONTADERO (BUENA VISTA)

PRACTICA SOCIAL, EMPRESARIAL Y SOLIDARIA

PRESENTADO POR:  
GINNA NATHALIA SOLER GARCIA

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
VILLAVICENCIO - META

2020



ASISTENCIA TECNICA EN DISEÑOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN VEREDA  
CONTADERO (BUENA VISTA)

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

GINNA NATHALIA SOLER GARCIA

ING. NELSON EDUARDO GONZALEZ ROJAS  
Asesor Técnico Universidad

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
VILLAVICENCIO - META

2020



## PAGINA DE ACEPTACIÓN

Jurado: \_\_\_\_\_

Jurado: \_\_\_\_\_

Jurado: \_\_\_\_\_

**Villavicencio,**

**AUTORIDADES ACADEMICAS**

**Dra. MARITZA RONDON RANGEL**

Rector Nacional

**Dr. CÉSAR AUGUSTO PEREZ LONDOÑO**

Director académico de la sede Villavicencio

**HENRY EMIRO VERGARA BOBADILLA**

Subdirector académico de la sede Villavicencio

**Dra. RUTH EDITH MUÑOZ JIMENEZ**

Subdirectora de desarrollo institucional y financiero

**Ing. RAUL ALARCON BERMUDEZ**

Decano de la facultad de ingeniería civil

**PhD SANDRA REYES ORTIZ**

Coordinador de investigación del programa de ingeniería civil

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer a la vida que me rodea. A mi mamá que quien con mucho esfuerzo logro cumplir la meta, que me apoyo en cada instante y supo convencerme de que es lo mejor para mí, que sin tenerla como ejemplo de vida no estaría donde estoy ahora, gracias a ti. Gracias a dos mujeres jóvenes que me acompañaron en el progreso de la carrera, que una cerquita y otra lejitos lograron tranquilizarme en los peores momentos de estrés y de rendimiento, que sus almas tan hermosas son de las pocas que quedan en el mundo. Gracias a mi compañero de grandes momentos especiales, quien me enseñó que no todo es fiesta, que debemos ser firmes, que ahorita podemos sufrir, pero luego valdrá la pena todo lo malo, y que no siempre debemos recalcar lo malo, porque lo bueno vale mucho más; espero que la vida nos permita compartir mas años. Dicen que los animales son ángeles enviados por el creador, mil gracias a ellos, que su existencia es maravillosa y son mis compañeros de vida, quienes me trasmiten amor de verdad, paciencia y sobre todo paz.

## Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	5
INTRODUCCIÓN.....	11
OBJETIVOS.....	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
MARCO REFERENCIAL .....	14
<b>Marco Contextual</b> .....	14
<b>Marco Teórico</b> .....	15
<b>Red de distribución de agua potable:</b> .....	15
<b>Redes primarias.</b> .....	16
<b>Redes secundarias.</b> .....	17
<b>Requerimientos contra incendio.</b> .....	17
<b>Modelación de redes de distribución de agua.</b> .....	18
<b>Localización de redes de acueducto</b> .....	18
<b>Profundidades máximas y mínimas para instalación de tuberías enterradas en las         redes de distribución</b> .....	19
<b>Marco Legal</b> .....	19
GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	21
<b>Vereda Contadero</b> .....	21
<b>Climatología</b> .....	21
<b>Precipitación</b> .....	21
<b>Humedad relativa</b> .....	23
METODOLOGÍA.....	24
<b>Enfoques Metodológicos</b> .....	24
<b>Metodología descriptiva:</b> .....	24
<b>Metodología Retrospectiva:</b> .....	24
<b>Metodología Prospectiva:</b> .....	24
PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO.....	26
<b>Levantamiento Topográfico</b> .....	26
Localización.....	26
Personal y equipos .....	27

<b>Caudal de Diseño</b> .....	28
<b>Población Beneficiada</b> .....	28
<b>Periodo de Diseño</b> .....	29
<b>Dotación Neta</b> .....	29
<b>Perdidas</b> .....	29
<b>Dotación Bruta</b> .....	29
<b>Caudal medio diario (Qmd)</b> .....	30
<b>Caudal máximo diario (QMD)</b> .....	31
<b>Caudal máximo horario (QMH)</b> .....	31
<b>Caudal De Diseño</b> .....	32
<b>Modelación Hidráulica</b> .....	33
<b>Módulo de Calculo</b> .....	33
<b>Construcción Topología</b> .....	33
<b>Resultados Diseños Hidráulicos</b> .....	34
<b>Presupuesto</b> .....	36
<b>Especificaciones Técnicas</b> .....	38
<b>CONCLUSIONES</b> .....	39
<b>REFERENCIAS</b> .....	40

## Ilustraciones

Ilustración 1 Localización del proyecto. Fuente: Google Earth .....	27
Ilustración 2 Identificación de nodos, red vereda Contadero .....	34
Ilustración 3 Identificación de tuberías, vereda Contadero .....	35
Ilustración 4 Diámetros de la red Vereda Contadero .....	35
Ilustración 5 Presiones de la red Vereda Contadero.....	35
Ilustración 6 Velocidades de la red Vereda Contadero .....	36



## Ecuaciones

Ecuación 1 Dotación Bruta.....	30
Ecuación 2 Caudal Medio Diario .....	30
Ecuación 3 Caudal Máximo Diario .....	31
Ecuación 4 Caudal Máximo Horario .....	31
Ecuación 5 Perdidas de Carga por fricción con Darcy-Weisbach.....	33

## Tablas

Tabla 1 Profundidades mínimas a cota clave de la tubería.....	19
Tabla 2 Población actual.....	28
Tabla 3 Caudales de Diseño .....	32
Tabla 4 Presupuesto Diseño red de distribución Vereda Contadero .....	37

## INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua es el sistema que permite llevar el agua potable hasta los domicilios de la población. Supone la captación del agua y su conducción hasta el punto en el que se consume en condiciones aptas. Para que el agua sea apta para el consumo no solo tiene que cumplir requisitos de tipo sanitario, sino también requisitos relativos a la calidad.

Las redes de distribución de agua constituyen el activo más importante de todo sistema de abastecimiento. Se trata de conducciones sometidas a presión, enterradas en un medio húmedo y con corrientes parásitas.

El proyecto consiste en el apoyo al diseño de “La red de distribución Vereda Contadero”. Se basa en el diseño de la red de distribución de la red de agua potable de la Vereda Contadero, la cual conectara con un sistema de tanque existente ubicado en la Vereda Buena Vista, red que funcionara por gravedad beneficiando un promedio de 640 habitantes.

## **OBJETIVOS**

### Objetivo General

Realizar asistencia en el diseño del proyecto “Red de distribución de agua potable para la Vereda El Contadero (Buena Vista)”

### Objetivos Generales

- Identificar las condiciones de la zona de captación del agua para correcta distribución.
- Dar asistencia en los diseños de Acueducto y especificaciones técnicas para la construcción.
- Dar asistencia en el cálculo de las estructuras que componen El Acueducto en el Aspecto hidrológico, Geológico, Meteorológico, Climatológico y Topográfico.

## JUSTIFICACIÓN

Ante la necesidad de La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio - EAAVESP en la optimización y expansión de las redes menores, troncales y matrices de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Villavicencio, se decide realizar el diseño de la Red de distribución de agua potable para la Vereda Contadero.

Para la viabilidad del proyecto en la prestación del servicio de agua potable se realiza el diseño con base en una estructura proyectada (taque de almacenamiento de agua potable) ubicada en la vereda Buenavista donde se conectara la red de distribución, actualmente la vereda en su totalidad no cuenta con el servicio de distribución, en algunos puntos se abastecen de fuentes externas cercanas a la montaña y otros de manera improvisada por medio de tuberías que dejaron instaladas durante la construcción y los arreglos que se han realizado a la antigua vía Bogotá – Villavicencio.

La Constitución Política de Colombia decreta como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las cuales se ubica con un carácter especial el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. En este sentido es preciso que la comunidad de la vereda Contadero pueda recibir agua potable para cubrir sus necesidades básicas, la forma en que pretende que esto sea posible es la construcción de la red que conectara con un sistema de tanque existente ubicado en la Vereda Buena Vista y que funcionara por gravedad beneficiando un promedio de 640 habitantes.

## **MARCO REFERENCIAL**

### **Marco Contextual**

El municipio de Villavicencio se encuentra situado en el Piedemonte de la Cordillera Oriental, al noroccidente del departamento del Meta, en la margen izquierda del río Guatiquía, localizado a 04° 09' 12" de latitud norte y 73° 38' 06" de longitud oeste y a una altura media de 467 m sobre el nivel del mar.

Está conformado básicamente por dos regiones una planicie y la otra montañosa. La primera inclinada ligeramente hacia el Oriente y el Nororiente, corresponde al piedemonte de la cordillera delimitada al Norte por el río Guayuriba. En la parte central de esta planicie cruzan los ríos Ocoa y Negro, además de numerosos caños y afluentes menores. En la región montañosa ubicada entre el Occidente y Noroccidente la conforma el costado de la Cordillera Oriental. Esta ciudad colombiana, capital del departamento del Meta, es el centro de acopio y comercial más importante de los Llanos Orientales. Cuenta con una población urbana de 495.227 habitantes al año 2016 según la proyección del censo de 2005 del DANE. Este municipio se encuentra conformado por suelo urbano y suelo rural. El suelo urbano cuenta con un área continua de 6.796 ha y algunas zonas aisladas reconocidas: 15 zonas por el Decreto 535/00 y 3 zonas más por una modificación parcial según el acuerdo 021/02. A su vez cuenta con 7 Corregimientos para la zona rural y el sector urbano se encuentra dividida en 8 Comunas.

El proyecto en estudio se ubica en la Ciudad de Villavicencio en la vereda contadero que se ubica a aproximadamente a 1.5km del casco urbano de la ciudad en la antigua vía que comunica a la capital del departamento del Meta, con la ciudad de Bogotá.



## **Marco Teórico**

### **Red de distribución de agua potable:**

La red de distribución es el conjunto de tuberías, válvulas y otros componentes diseñados para transportar el agua potable que está almacenada en el tanque o que ha sido purificada en la planta de tratamiento hasta el punto donde se abastece una población (conexión del servicio), ya sea en forma de una toma comunitaria o hasta cada una de las viviendas a través de las conexiones domiciliarias. Si el agua se trata antes de la distribución o en el punto de consumo dependerá del contexto en el que se aplique, pero generalmente en los

sistemas de distribución de agua bien planificados y diseñados, esta es tratada previamente a su distribución hacia el usuario final, incluyendo un paso de desinfección con cloro para evitar la contaminación.

El agua que procede de la conducción, planta de tratamiento o tanque de almacenamiento se distribuye hacia la toma de agua comunitaria o los domicilios es lo que se denomina red matriz, que es la que se “encarga de mantener las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema”. La red matriz (tubería principal) se conecta una red secundaria, sobre la cual se instalan generalmente las conexiones domiciliarias. El conjunto de ambas redes conforma el sistema de distribución de agua potable. ((seecon), 2019)

### **Redes primarias.**

Este tipo de tubería le sigue en importancia a la línea de alimentación, en función al gasto que conduce. A las redes primarias están conectadas las líneas secundarias.

El diámetro mínimo por utilizar es de 250 mm (10’)

El cálculo hidráulico de la red primaria se realiza para las condiciones estáticas; sin embargo, cuando es posible, ésta se calcula para las condiciones dinámicas, lo que permite verificar las presiones en la red y las variaciones de nivel en los tanques a través del tiempo.

Las válvulas de seccionamiento sirven principalmente para operar y dar mantenimiento a la red primaria, y el número de válvulas debe tender al mínimo, considerando que su operación y mantenimiento sean económicos y que se pueden realizar acciones de detección y control de fugas en forma sistemática. ((seecon), 2019)



### **Redes secundarias.**

Una vez definidas las líneas de alimentación y las redes primarias, las tuberías restantes para cubrir la totalidad de calles son conocidas como redes secundarias. El diámetro mínimo de las redes secundarias para áreas urbanas debe ser de 100 mm (4”) de diámetro, incluso en redes internas bajo. Requerimiento establecido por el organismo.

La red secundaria no se calcula hidráulicamente, deberá considerarse el arreglo convencional. ((seecon), 2019)

### **Requerimientos contra incendio.**

En las zonas donde sea necesario atender la demanda contra incendio, principalmente en zonas industriales, se deben ubicar hidrantes en función de las necesidades, equipo disponible y experiencia del cuerpo de bomberos. El diseño deberá hacerse conforme a los estándares internacionales, y se deberá proporcionar la ubicación de las válvulas de desfogue a protección civil, bomberos y los organismos correspondientes para su operación. En condiciones de emergencia se acepta que el suministro de la red de distribución se destine a la zona de conflicto mediante el manejo de válvulas disminuyendo el servicio a los usuarios, en esos casos exclusivamente. En la red convencional, los conductos se unen a la red primaria y entre sí en cada cruce de calles, instalando válvulas de seccionamiento tanto en su conexión a la red primaria como en sitios estratégicos de la red secundaria. En condiciones topográficas favorables, la longitud máxima de una tubería secundaria debe ser del orden de los 200m, principalmente cuando tiene una sola conexión a la red primaria (funcionando como línea abierta). ((seecon), 2019)

## **Modelación de redes de distribución de agua.**

Todos los sistemas de redes de distribución deben contar con un modelo hidráulico, a través del cual se pueda predecir el comportamiento frente a diferentes condiciones operativas, de mantenimiento o de expansión. Deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

La modelación debe realizarse en periodo extendido, con frecuencia horaria, incorporado en los nodos los patrones de consumo medidos en campo. En condiciones excepcionales en las que dicha información no este disponible, debe justificarse la selección de los patrones empleados.

Los programas utilizados para la modelación hidráulica deben incorporar el método del gradiente para sus cálculos.

La validación de los modelos hidráulicos debe realizarse con una frecuencia mínima de cinco años, o cada que se realice un cambio que afecte sustancialmente las condiciones operativas del sistema.

El diseño de la red debe contemplar los sitios de salida para mediciones piezométricas, de caudal y puntos de muestreo en red de distribución.

Se deberá implementar un escenario de modelación que contemple la operación de la red de distribución bajo la premisa de contingencia por incendio; para lo cual se deben tener en cuenta las disposiciones en los artículos 70, 71 y 72 de la presente Resolución. (Ministerio de Viviencia, 2017)

## **Localización de redes de acueducto**

En el caso de redes nuevas y cuando la persona prestadora del servicio público de acueducto en el municipio que no tenga normas que especifiquen la localización de las redes de distribución de agua potable, las tuberías se deben ubicar en los costados norte y oriente de las calles y carreras, exceptuando aquellas vías que lleven doble tubería.

(Ministerio de Vivienda, 2017)

### **Profundidades máximas y mínimas para instalación de tuberías enterradas en las redes de distribución**

La profundidad de instalación de las tuberías que conforman la red de distribución no debe exceder de 1,5 m, medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno.

(Ministerio de Vivienda, 2017)

Tabla 3. Profundidades mínimas a cota clave de la tubería

<b>SERVIDUMBRE</b>	<b>PROFUNDIDAD A LA CLAVE DE LA TUBERÍA (M)</b>	
	<b>Zona Urbana</b>	<b>Zona rural</b>
Vías peatonales o zonas verdes o agrícolas	0,60	1,00
Vías vehiculares	1,00	1,00

Tabla 1 Profundidades mínimas a cota clave de la tubería

### **Marco Legal**

La elaboración de este proyecto se basa en las normas y especificaciones descritas a continuación:

- Resolución 0330 del 8 de junio de 2017.
- Recomendaciones del RAS 2010 – Título B: sistemas de acueducto.

- Políticas y lineamientos de la EAAV ESP.: Manual Técnico para Constructores y Urbanizadores de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio - EAAV E.S.P – Versión 05-2017.

## **GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO**

### **Vereda Contadero**

El proyecto DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN VEREDA CONTADERO se encuentra situado en suelo rural de la ciudad de Villavicencio en departamento del Meta y se encuentra a 1.00 km aproximadamente del casco urbano de la ciudad.

### **Climatología**

Debido a su ubicación geográfica, a su cercanía a la línea del ecuador y su baja altura comparte el clima ecuatorial. La ciudad tiene un clima cálido con temperaturas anuales que oscilan entre los 18° y los 33° C. La temperatura guarda cierta relación con la precipitación, de manera que los meses más calurosos son aquellos en que la lluvia es menor, en especial febrero y marzo, en los cuales la temperatura máxima sobrepasa en la zona urbana los 33 °C, y los meses más frescos son aquellos considerados como los meses más lluviosos, en enero y desde mayo hasta julio, siendo la temperatura máxima alrededor de 29°C. Y se encuentra sobre un régimen de lluvias que oscilan entre 3.000 y 9.000 mm por año.<sup>1</sup>

### **Precipitación<sup>2</sup>**

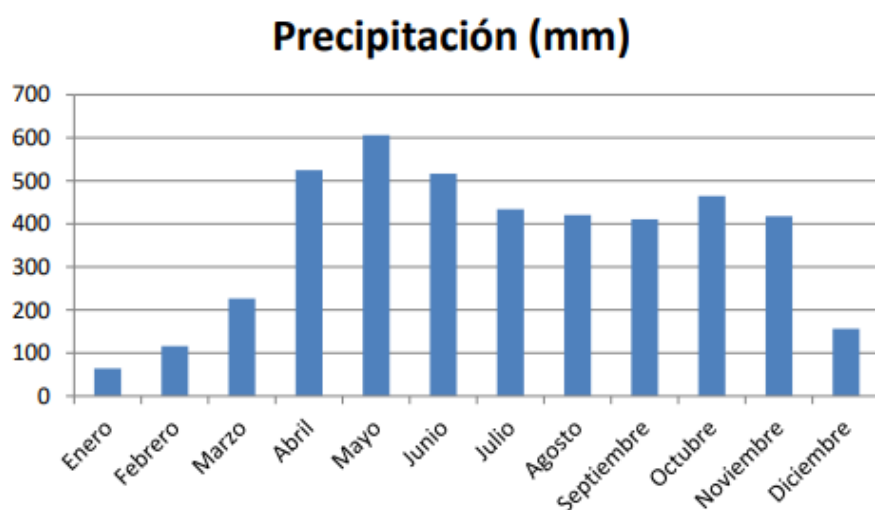
El promedio de lluvia total anual es de 4.383 mm. Durante el año, presenta una temporada

---

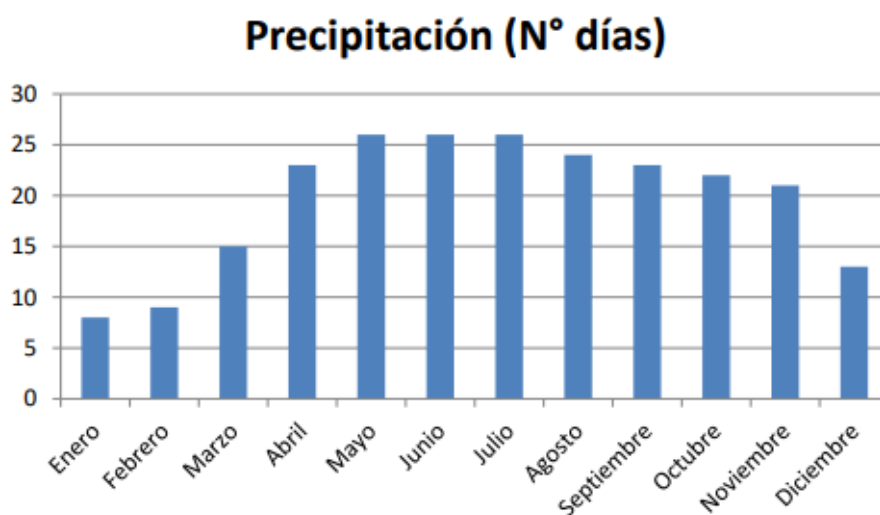
<sup>1</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA (2016, 20 de octubre). Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Recuperado de <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf>

<sup>2</sup> IDEAM. (2016, 20 de octubre). Precipitación. Recuperado de [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

seca y una temporada de lluvias. La temporada seca se extiende de diciembre a marzo. En estos meses llueve entre 8 y 15 días al mes. De abril a noviembre se presenta la temporada de mayores lluvias, siendo abril, mayo y junio los meses con las mayores precipitaciones del año. La frecuencia promedio de días lluviosos entre los meses de abril a noviembre es de 21 a 26 y los meses con mayor frecuencia de eventos de lluvia son mayo, junio y Julio.



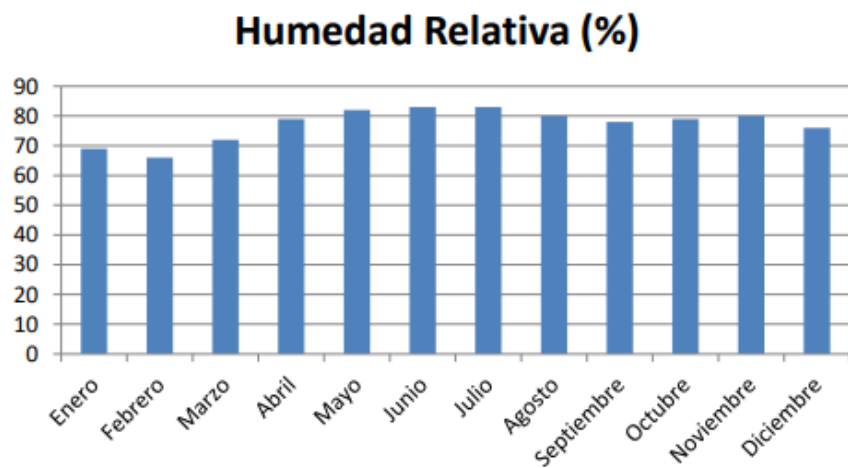
Grafica 1 Precipitación IDEAM



Grafica 2 Precipitación (N° días) IDEAM

## Humedad relativa

La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 66 y 83 %, siendo menor durante los tres primeros meses del año y los valores máximos registrados tienen lugar entre los meses de junio y julio.<sup>3</sup>



<sup>3</sup> IDEAM. (2016, 20 de octubre). Humedad Relativa. Recuperado de (IDEAM, 2016)

## **METODOLOGÍA**

### **Enfoques Metodológicos**

#### **Metodología descriptiva:**

Se exploró información sobre el servicio de acueducto que tienen los habitantes del municipio Villavicencio; su cobertura, calidad, servicio constante, operación, mantenimiento y demás detalles, esta información fue recolectada de la alcaldía del municipio y de la empresa de acueducto municipal encargada de prestar el servicio (Empresa de Acueducto y alcantarillado de Villavicencio)

#### **Metodología Retrospectiva:**

Detrás de conocer y analizar la asistencia del servicio por parte de la empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio, se obtuvo como conclusión el poco cubrimiento que tiene la prestación del servicio sobre las veredas del municipio y más puntualmente se conocieron las dificultades que en este caso sufren los habitantes de la vereda Contadero, en la cual para tener agua en sus casas los pobladores deben conectar mangueras a fuentes cercanas a ellas. De aquí la necesidad de proyectar un sistema de abastecimiento de agua potable óptimo para cubrir las necesidades de los habitantes.

#### **Metodología Prospectiva:**

Se formuló a partir del análisis de la metodología retrospectiva y como resultado la propuesta en resumen se realiza el diseño con base en una estructura proyectada (taque de almacenamiento de agua potable) ubicada en la vereda Buenavista donde se conectara la red de distribución, actualmente la vereda en su totalidad no cuenta con el servicio de



distribución, en algunos puntos se abastecen de fuentes externas cercanas a la montaña y otros de manera improvisada por medio de tuberías que dejaron instaladas durante la construcción y los arreglos que se han realizado a la antigua vía Bogotá – Villavicencio. A continuación, podremos ver la ejecución del proyecto propuesto, en las cuales se recolecto información en la alcaldía, acueducto municipal y en la comunidad de la vereda.

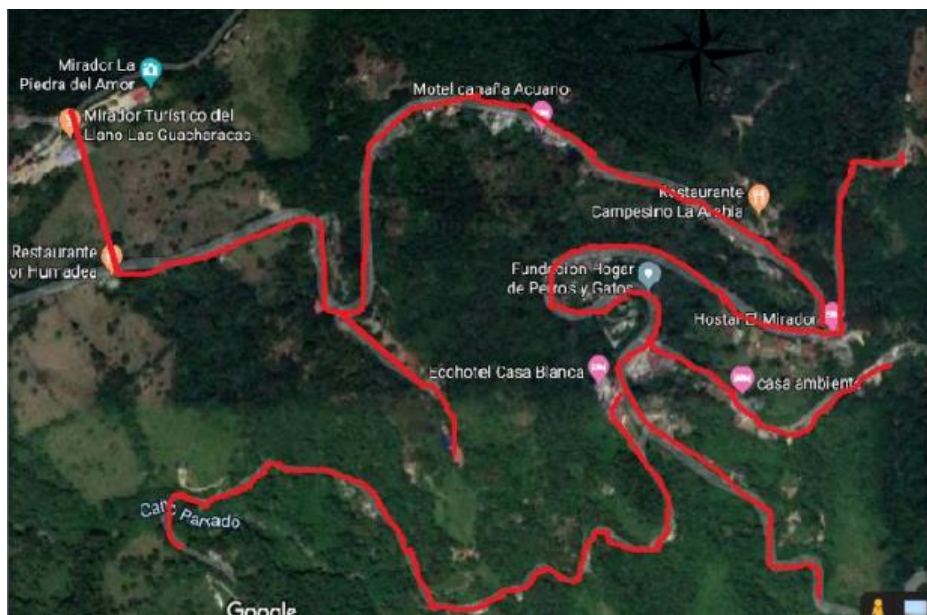
## PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO

Además de la recolección de datos generales del área de estudio que se encuentran en el título “Generalidades del Área de Estudio”, Según los lineamientos establecidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “República de Colombia” en la resolución 0330 de 08 de junio 2017, Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Estipulado en el Capítulo 2 “DISEÑO” artículo 22. Procedimiento General, la elaboración de los diseños detallados de cada proyecto debe seguir los siguientes pasos, de los cuales se nombran los más requeridos por el anexo técnico del contrato, y los descritos en la metodología del trabajo de grado presentado en la propuesta.

### Levantamiento Topográfico

#### Localización

El levantamiento topográfico se realizó en la Vereda el Contadero.



## Personal y equipos

Para realizar los levantamientos topográficos se cuenta con una comisión de topografía conformada por:

- 1 topógrafo, certificado por el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA)
- 1 cadenero I
- 1 cadenero II

Con el fin de realizar los levantamientos topográficos y catastro de pozos requeridos, se cuenta con los siguientes equipos:

- GPS de Precisión referencia sokkia grx-1
- Estación Total
- Trípode, miras y bastones
- Prismas y Porta Prisma
- Cinta métrica
- Barra
- Pica
- Llave para tapa de pozos

Se elaboró el punto de amarre con el GPS de precisión Sokkia GRX-1, este sistema nos permite elaborar el levantamiento topográfico con solo un punto de referencia, la recolección de información se puede máximo 15 kilómetros de distancia, desde el estático hasta el colector, no es necesario tener certificaciones de calibración ya que este GPS

trabaja con información satelital. Con este sistema no se necesita elaborar ajuste de poligonales para poder realizar el trabajo de campo.

Se levantaron detalles tales como: vías, drenajes, construcciones, cerramientos, árboles, postes, cajas, puentes, alcantarillas y demás estructuras necesarias para el proyecto.

Terminado el levantamiento, se descargan los datos y se procesa la información con el fin de obtener las coordenadas de los puntos para el respectivo diseño. Una vez procesada la información en oficina se obtiene como resultado las coordenadas de todos los detalles y se obtiene la salida gráfica donde se representa la información levantada.

### **Caudal de Diseño**

### **Población Beneficiada**

La población estimada en el área del proyecto corresponde al número de viviendas actuales y proyectadas mediante tasa de crecimiento a nivel departamental (2.12%) para el periodo de diseño u año horizonte de planeamiento del proyecto. Siguiendo los lineamientos que formulan al proyecto y de acuerdo al párrafo anterior, se presenta a continuación el número de viviendas actuales y la densidad de población por vivienda, según boletín de censo del Dane.

<b>USUARIOS</b>	<b>DENSIDAD (hab/viv.)</b>	<b>HABITANTES</b>
160	4.0	640

*Tabla 2 Población actual*

## **Periodo de Diseño**

De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 en su Artículo 40, para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como período de diseño 25 años, teniendo un año base el 2020 con horizonte de diseño el año dos mil cuarenta y cuatro, 2045.

## **Dotación Neta**

El consumo medio diario por habitante correspondiente a la dotación neta, que establece la cantidad de agua que el consumidor efectivamente recibe para satisfacer sus necesidades.

De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 en su artículo 43, la dotación neta máxima por habitante está definida por la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida. Para el caso de la ciudad de Villavicencio y área de estudio con una altura promedio sobre el nivel del mar de 439 metros la dotación neta máxima permitida es de 140 L/hab.día (ver Resolución 0330 de 2017), seleccionado para este proyecto un valor de 140 L/hab.día como dotación neta.

## **Perdidas**

Las pérdidas en el sistema de acueducto que se desarrolla en este estudio y de acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 en su artículo 44 se asumen con un valor máximo del 25%

## **Dotación Bruta**

La dotación bruta se establece según la siguiente ecuación y de acuerdo con lo establecido por la Resolución 0330 de 2017 en su artículo 44:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

*Ecuación 1 Dotación Bruta*

Dónde:

- $d_{neta}$ : Dotación neta (L/hab.día)
- $d_{bruta}$ : Dotación bruta (L/hab.día)
- %P: Porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles para el diseño

### **Caudal medio diario (Qmd)**

El caudal medio diario (Qmd) para un sistema de acueducto, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada, se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_{md} = \frac{(p * d_{bruta})}{86400}$$

*Ecuación 2 Caudal Medio Diario*

Dónde:

- Qmd: Caudal medio diario (L/s)
- p: Población (hab.)
- $d_{bruta}$ : Dotación bruta (L/hab.día)

### **Caudal máximo diario (QMD)**

El caudal máximo diario (QMD) para un sistema de acueducto corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1:

$$Q_{MD} = Q_{md} * K_1$$

*Ecuación 3 Caudal Máximo Diario*

Dónde:

- QMD: Caudal máximo diario (L/s)
- Qmd: Caudal medio diario (L/s)
- K1: Coeficiente de consumo máximo diario, estimado en 1.2 para poblaciones mayores a 12,500 habitantes, caso cumplido para el casco urbano del municipio de Villavicencio y área donde se dispone el proyecto en estudio, de acuerdo con lo estipulado por la Resolución 0330 de 2017 en su artículo 47 párrafo 2.

### **Caudal máximo horario (QMH)**

El caudal máximo horario (QMH) para un sistema de acueducto corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente de consumo máximo horario, k2:

$$Q_{MH} = Q_{MD} * K_2$$

*Ecuación 4 Caudal Máximo Horario*

Dónde:

QMH: Caudal máximo horario (L/s)

QMD: Caudal máximo diario (L/s)

K2: Coeficiente de consumo máximo horario, estimado en 1.5 para poblaciones mayores a 12,500 habitantes, caso cumplido para el casco urbano del municipio de Villavicencio y área donde se dispone el proyecto en estudio, de acuerdo a lo estipulado por la Resolución 0330 de 2017 en su artículo 47 párrafo 2.

### Caudal De Diseño

De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 en su artículo 47, el caudal de diseño de las redes de distribución será el caudal máximo horario – QMH.

AÑO	NIVEL DE COMPEJIDA D	POBLACION VEREDA	PORCENTAJE POBLACION FLOTANTE	POBLACION FLOTANTE	POBLACION FINAL	DOTACION NETA	PERDIDAS	DOTACION BRUTA	Qmd	CONSUMO ESCOLAR (Qmd)	Qmd Total	K1	QMD	K2	QMH
		hab	%	hab	hab	l/s/hab		l/s/hab	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
2019	BAJO	640	5,0%	32	672	140	20%	175,0	1,37	0,01	1,38	1,30	1,80	1,50	2,70
2020	BAJO	654	5,0%	33	687	140	20%	175,0	1,40	0,01	1,41	1,30	1,84	1,50	2,76
2021	BAJO	668	5,0%	33	701	140	20%	175,0	1,42	0,01	1,43	1,30	1,86	1,50	2,79
2022	BAJO	682	5,0%	34	716	140	20%	175,0	1,46	0,01	1,47	1,30	1,92	1,50	2,88
2023	BAJO	697	5,0%	35	732	140	20%	175,0	1,49	0,01	1,50	1,30	1,95	1,50	2,93
2024	BAJO	711	5,0%	36	747	140	20%	175,0	1,52	0,01	1,53	1,30	1,99	1,50	2,99
2025	BAJO	726	5,0%	36	762	140	20%	175,0	1,55	0,01	1,56	1,30	2,03	1,50	3,05
2026	BAJO	742	5,0%	37	779	140	20%	175,0	1,58	0,01	1,59	1,30	2,07	1,50	3,11
2027	BAJO	757	5,0%	38	795	140	20%	175,0	1,62	0,01	1,63	1,30	2,12	1,50	3,18
2028	BAJO	773	5,0%	39	812	140	20%	175,0	1,65	0,01	1,66	1,30	2,16	1,50	3,24
2029	BAJO	790	5,0%	40	830	140	20%	175,0	1,69	0,01	1,70	1,30	2,21	1,50	3,32
2030	BAJO	807	5,0%	40	847	140	20%	175,0	1,72	0,01	1,73	1,30	2,25	1,50	3,38
2031	BAJO	824	5,0%	41	865	140	20%	175,0	1,76	0,01	1,77	1,30	2,31	1,50	3,47
2032	BAJO	841	5,0%	42	883	140	20%	175,0	1,79	0,01	1,80	1,30	2,34	1,50	3,51
2033	BAJO	859	5,0%	43	902	140	20%	175,0	1,83	0,01	1,84	1,30	2,40	1,50	3,60
2034	BAJO	877	5,0%	44	921	140	20%	175,0	1,87	0,01	1,88	1,30	2,45	1,50	3,68
2035	BAJO	896	5,0%	45	941	140	20%	175,0	1,91	0,01	1,92	1,30	2,50	1,50	3,75
2036	BAJO	915	5,0%	46	961	140	20%	175,0	1,95	0,01	1,96	1,30	2,55	1,50	3,83
2037	BAJO	934	5,0%	47	981	140	20%	175,0	1,99	0,01	2,00	1,30	2,60	1,50	3,90
2038	BAJO	954	5,0%	48	1002	140	20%	175,0	2,03	0,01	2,04	1,30	2,66	1,50	3,99
2039	BAJO	974	5,0%	49	1023	140	20%	175,0	2,08	0,01	2,09	1,30	2,72	1,50	4,08
2040	BAJO	995	5,0%	50	1045	140	20%	175,0	2,12	0,01	2,13	1,30	2,77	1,50	4,16
2041	BAJO	1016	5,0%	51	1067	140	20%	175,0	2,17	0,01	2,18	1,30	2,84	1,50	4,26
2042	BAJO	1037	5,0%	52	1089	140	20%	175,0	2,21	0,01	2,22	1,30	2,89	1,50	4,34
2043	BAJO	1059	5,0%	53	1112	140	20%	175,0	2,26	0,01	2,27	1,30	2,96	1,50	4,44
2044	BAJO	1082	5,0%	54	1136	140	20%	175,0	2,31	0,01	2,32	1,30	3,02	1,50	4,53
2045	BAJO	1105	5,0%	55	1160	140	20%	175,0	2,35	0,01	2,36	1,30	3,07	1,50	4,61

Tabla 3 Caudales de Diseño



## **Modelación Hidráulica**

### **Módulo de Calculo**

Se hizo el apoyo en el análisis y modelación del sistema hidráulico de la red matriz de acueducto proyectado, en donde se utilizó el software EPANET de U.S. Environmental Protection gency el cual ofrece una solución dinámica y de multiplataforma para la modelación de sistemas de acueducto.

La ecuación de pérdidas usada para los modelos corresponde a la ecuación de Darcy Weisbach debido a su amplio rango de uso en los diferentes tipos de flujos (desde el Laminar hasta el Turbulento). El cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción en una tubería o conducto cilíndrico largo, con un diámetro interior continuo utilizando la ecuación de Darcy - Weisbach, debe hallarse como se indica a continuación:

$$h_L = f \frac{l V^2}{D 2g}$$

*Ecuación 5 Perdidas de Carga por fricción con Darcy-Weisbach*

### **Construcción Topología**

Como primer paso para la construcción geométrica del modelo se ubicaron los nodos (uniones de tramos) con las siguientes características:

- Coordenadas (x, y)
- Cota Rasante

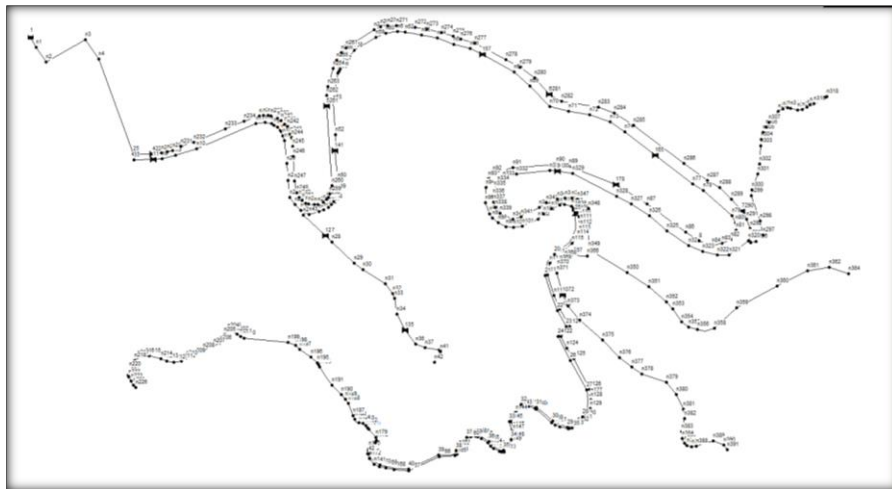
Una vez ubicados los nodos se conectaron a través de tramos de tuberías, ingresando el valor del diámetro y el coeficiente de rugosidad absoluta (función del material). En

resumen, las características de las tuberías que se ingresaron en el modelo matemático son las siguientes:

- Nodo Inicial y Nodo Final
- Diámetro
- Material

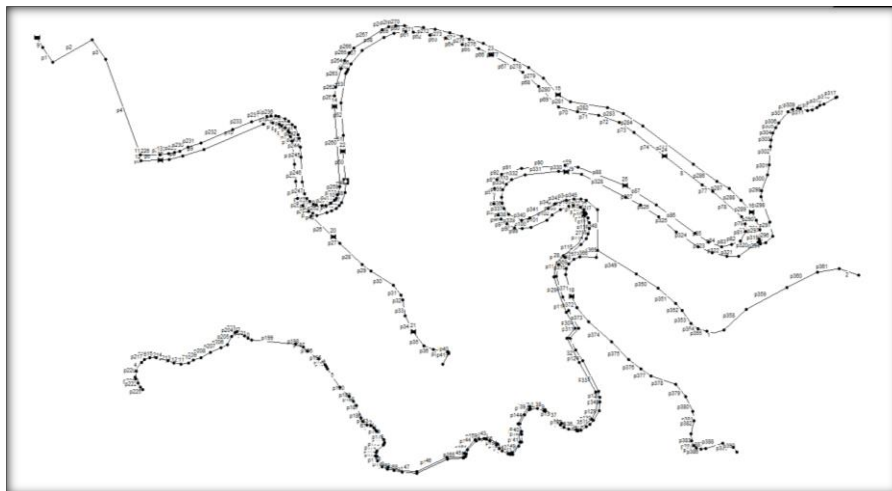
### **Resultados Diseños Hidráulicos**

Identificación de Nodos:



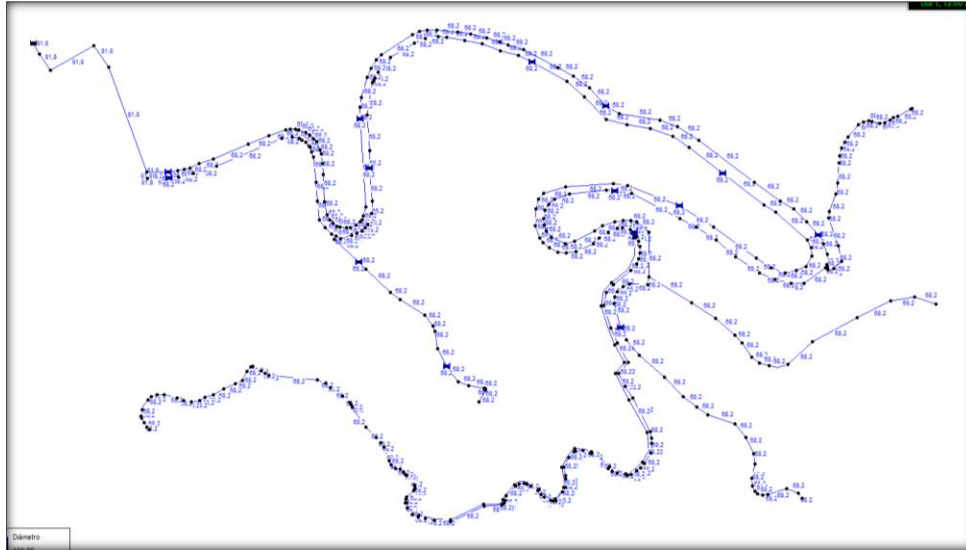
*Ilustración 2 Identificación de nodos, red vereda Contadero*

Identificación de tuberías:



*Ilustración 3 Identificación de tuberías, vereda Contadero*

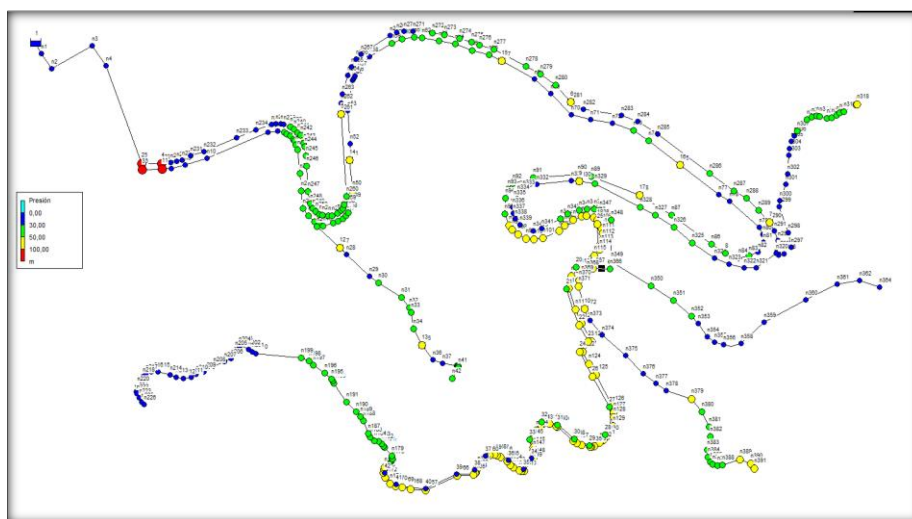
Diámetros de la red:



*Ilustración 4 Diámetros de la red Vereda Contadero*

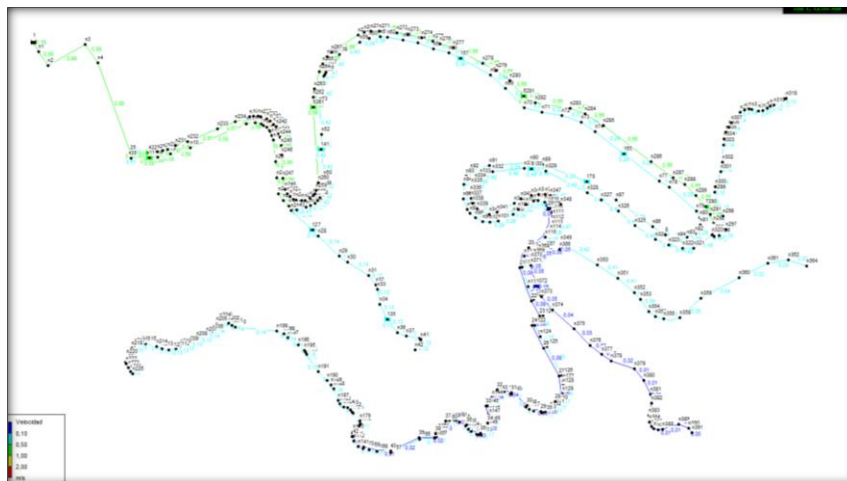
El diámetro de tubería utilizado es de 40.80mm, 51.40mm, 61.36mm y 73.60mm RDE 11 PN 16, presión de trabajo 230 psi con una longitud de 11034,501 metros lineales de tubería.

Presiones de la red:



*Ilustración 5 Presiones de la red Vereda Contadero*

Velocidades de la red:



*Ilustración 6 Velocidades de la red Vereda Contadero*

## **Presupuesto**

Se realizó asistencia en la creación del presupuesto DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN VEREDA CONTADERO, se organizó en ítems (Preliminares, demoliciones, vías, excavaciones, rellenos, suministro e instalación tubería, suministro e instalación accesorios, pasos elevados, conexiones domiciliarias y actividades complementarias) y subítems.

El valor unitario de algunos ítems fue tomado con base a los precios unitarios suministrados por la Empresa de Acueducto Y Alcantarillado de Villavicencio E.S.P, así mismo, los ítems que se utilizaron para realizar los unitarios faltantes fueron suministrados por la misma.



PRESUPUESTO DISEÑO RED DE DISTRIBUCION VEREDA CONTADERO



ITEM	ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>\$ 69.459.397,00</b>
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE REDES DE ACUEDUCTO	M	11034,50	\$ 3.628,85	\$ 40.042.594,00
1.2	CAMPAMENTO (ESPACIO 36 M2)	UND	1	\$ 5.462.487,00	\$ 5.462.487,00
1.3	DESCAPOTE MANUAL E=0,20 (INCLUYE RETIRO)	M2	1149,66	\$ 20.836,00	\$ 23.954.316,00
<b>2</b>	<b>DEMOLICIONES</b>				<b>\$ 110.680.809,00</b>
2.1	DEMOLICIÓN DE CONCRETO REFORZADO (INCLUYE RETIRO DE ESCOMBROS)	M3	593,39	\$ 168.549,00	\$ 100.014.725,00
2.2	CORTE DE PAVIMENTO RIGIDO	M	398,56	\$ 9.155,00	\$ 3.648.817,00
2.3	DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO (INCLUYE RETIRO DE ESCOMBROS)	M2	259,06	\$ 27.087,00	\$ 7.017.267,00
<b>3</b>	<b>VIAS</b>				<b>\$ 740.953.778,00</b>
3.1	CUNETA REVESTIDA CONCRETO 3000 PSI 0.8 X 0.10 MTS INCLYE REFUERZO	ML	7417,33	\$ 97.212,00	\$ 721.053.776,00
3.2	PAVIMENTO RIGIDO, CONCRETO 3000 PSI (E=0.10M), INC. INSTALACIÓN	M2	259,064	\$ 76.815,00	\$ 19.900.002,00
<b>4</b>	<b>EXCAVACIONES</b>				<b>\$ 390.913.339,00</b>
4.1	EXCAVACION MANUAL EN CONGLOMERADO HUMEDO H<1,5	M3	7172,10	\$ 39.237,00	\$ 281.411.688,00
4.2	RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE CON CARGUE MANUAL	M3	2813,00	\$ 38.927,00	\$ 109.501.651,00
<b>5</b>	<b>RELLENOS</b>				<b>\$ 474.678.813,00</b>
5.1	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACION CON COMPACTACION MANUAL CADA 0,20M	M3	2264,40	\$ 16.311,00	\$ 36.934.629,00
5.2	ARENA PARA CAMA DE CIMENTACION, ATRAQUE Y/O RELLENO INICIAL DE TUBERIA (INC. TRANSPORTE, EXTENDIDA Y COMPACTADA)	M3	2546,00	\$ 93.895,00	\$ 239.056.670,00
5.3	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO DE RIO TAMAÑO MÁXIMO 2 1/2" (INCLUYE EXPLOTE, CARGUE, ACARREO Y CONFORMACIÓN)	M3	3396,60	\$ 58.496,00	\$ 198.687.514,00
<b>6</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA</b>				<b>\$ 230.630.458,00</b>
6.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA Ø 2" PEAD RDE 11	ML	4226,24	\$ 13.266,00	\$ 56.065.353,00
6.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA Ø 2 1/2" PEAD RDE 11	ML	2120,82	\$ 14.884,00	\$ 31.566.241,00
6.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA Ø 3" PEAD RDE 11	ML	4303,67	\$ 29.436,00	\$ 126.682.889,00
6.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA Ø 3 1/2" PEAD RDE 11	ML	383,22	\$ 42.576,00	\$ 16.315.975,00
<b>7</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS</b>				<b>\$ 568.096.649,00</b>
7.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO PEAD Ø 3 1/2" 90°	UND	3	\$ 85.198,00	\$ 255.594
7.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO PEAD Ø 2" 90°	UND	6	\$ 54.556,00	\$ 327.336
7.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO PEAD Ø 3" 45°	UND	4	\$ 85.198,00	\$ 340.792
7.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO Ø 2" 45°	UND	19	\$ 53.579,00	\$ 1.017.051
7.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE 3X3 PEAD	UND	3	\$ 69.077,00	\$ 207.231
7.6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE 3X2 PEAD	UND	1	\$ 78.705,00	\$ 78.705
7.7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE 2X2 PEAD	UND	1	\$ 41.800,00	\$ 41.800
7.8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCIÓN 3 1/2" A 3" PEAD	UND	2	\$ 113.560,00	\$ 227.120
7.9	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCIÓN 3" A 2,5" PEAD	UND	3	\$ 107.729,00	\$ 323.187
7.10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCIÓN 2,5" A 2" PEAD	UND	10	\$ 33.144,00	\$ 331.440
7.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN VÁLVULA VENTOSA DE 2" (INCLUYE ACCESORIOS, EMPATE A TUBERÍA D=2" Y CAJA D=12")	UND	20	\$ 8.243.149,00	\$ 164.862.980
7.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN VÁLVULA VENTOSA DE 3" (INCLUYE ACCESORIOS, EMPATE A TUBERÍA D=3" Y CAJA D=12")	UND	11	\$ 8.407.829,00	\$ 92.486.119
7.13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN VÁLVULA DE PURGA DE 2" (INCLUYE ACCESORIOS, EMPATE A TUBERÍA D=2" Y CAJA D=12")	UND	6	\$ 8.260.114,00	\$ 49.560.684
7.14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN VÁLVULA DE PURGA DE 3" (INCLUYE ACCESORIOS, EMPATE A TUBERÍA D=3" Y CAJA D=12")	UND	2	\$ 8.665.904,00	\$ 17.331.808
7.15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN VÁLVULA REDUCTORA A DE PRESIÓN 2" (INCLUYE CAJA VALV., UNIONES UNIVERSAL Y ANCLAJE EN CONCRETO)	UND	8	\$ 14.455.142,00	\$ 115.641.136
7.16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN VÁLVULA REDUCTORA A DE PRESIÓN 3" (INCLUYE CAJA VALV., UNIONES UNIVERSAL Y ANCLAJE EN CONCRETO)	UND	7	\$ 17.866.238,00	\$ 125.063.666
<b>8</b>	<b>PASOS ELEVADOS</b>				<b>\$ 40.803.866,00</b>
8.1	CONCRETO 2000 PSI PARA SOLADOS, ELAB. EN OBRA (INC. FORMALETA 1/4 USOS Y COLOCACIÓN)	M3	0,94	\$ 535.883,00	\$ 503.731,00
8.2	CONCRETO IMPERMEAB. 4000 PSI PARA ZAPATAS ELAB. EN OBRA, ELEVACIONES H<3.0M (INC. FORMALETA 1/4 USOS Y COLOCACIÓN)	M3	4,272	\$ 798.705,00	\$ 3.412.068,00
8.3	CONCRETO IMPERMEAB. 4000 PSI PARA PEDESTAL ELAB. EN OBRA, ELEVACIONES H<3.0M (INC. FORMALETA 1/4 USOS Y COLOCACIÓN)	M3	4,02	\$ 800.928,00	\$ 3.219.731,00
8.4	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI (INCLUYE AMARRE Y FIGURACIÓN)	KG	829,2	\$ 5.206,00	\$ 4.316.816,00
8.5	FABRICACIÓN, TRANSPORTE, MONTAJE Y PINTURA DE ESTRUCTURA METALICA EN ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	KG	1760	\$ 16.677,00	\$ 29.351.520,00
<b>9</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>				<b>\$ 33.881.550,00</b>
9.1	ACOMETIDA DOMIC. ACUED. 2x1/2" (INC. SUMIN. E INSTAL. MANGUERA 10M, ACCESORIOS, REGISTRO CORTE Y CAJILLA)	UND	150	\$ 225.877,00	\$ 33.881.550,00
<b>10</b>	<b>ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS</b>				<b>\$ 105.590.796,00</b>
10.2	CONCRETO PARA ANCLAJES RED DE ACUEDUCTO, EN 3000 PSI ELAB. EN OBRA (INC. FORMALETA 1/4 USOS Y COLOCACIÓN)	M3	42	\$ 648.457,00	\$ 27.235.194,00
10.3	MANEJO DE AGUAS EN EXCAVACIONES, (INCLUYE 2 MOTOBOMBAS 2", Y 2 MOTOBOMBAS 3")	MES	9	\$ 8.706.178,00	\$ 78.355.602,00
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 2.765.689.455,00</b>
				<b>A.L.U (31%)</b>	<b>\$ 857.363.731,00</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.623.053.186,00</b>
				<b>INTERVENTORIA (7%)</b>	<b>\$ 253.613.723,00</b>
				<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>\$ 3.876.666.909,00</b>

ING. TITO ALEJANDRO SAAVEDRA RAMIREZ  
DIRECTOR DE CONSULTORIA

NOTA: El valor unitario de algunos items fueron tomados con base a los precios unitarios suministrados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio E.S.P, así mismo, los insumos que se utilizaron para realizar los unitarios faltantes fueron suministrados por la misma.

Tabla 4 Presupuesto Diseño red de distribución Vereda Contadero

## **Especificaciones Técnicas**

Se realizó asistencia en la elaboración del documento de Especificaciones Técnicas con supervisión del Ingeniero a cargo, en donde se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos, se refiere, a que se toma cada subítem del presupuesto oficial y se describe lo anteriormente mencionado.

## CONCLUSIONES

Se realizó la correcta asistencia en el proyecto ‘Diseños de la red de distribución vereda Contadero’

En un recorrido por la vereda se conocen por su cercanía y ubicación las posibles fuentes de abastecimiento y finalmente de acuerdo con los criterios de calidad, cantidad y continuidad del agua para abastecimiento se seleccionó que la red de distribución conectara a un sistema de tanque existente en la Vereda Buena vista.

La implementación de sistemas de abastecimiento de agua permite reducir el tiempo invertido diariamente para recolectarla de fuentes que están lejanas, con el consiguiente derroche de energía. Este tiempo y energía pueden ser reinvertidos en labores más productivas, fundamentalmente en el caso de las mujeres y los niños, que son quienes normalmente se encargan de ir por agua de dichas fuentes.

## REFERENCIAS

(seecon), E. G. (15 de Octubre de 2019). *SSWM*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria>

Alonso, J. S. (2019). *Proyecto de un sistema de abastecimiento de agua potable en togo*. Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/5469/PFC\\_Jesus\\_Serrano\\_Alonso.pdf;jsessionid=B0B827D97058BD49227E388DB5C006C9?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/5469/PFC_Jesus_Serrano_Alonso.pdf;jsessionid=B0B827D97058BD49227E388DB5C006C9?sequence=1)

IDEAM. (20 de Octubre de 2016). *IDEAM*. Obtenido de Humedad relativa: [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

Ministerio de Viviencia, c. y. (8 de Junio de 2017). *Acodal*. Obtenido de <http://www.acodal.org.co/reglamento-tecnico-ras-nueva-resolucion-0330-de-2017/>