



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia

DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO VEREDAL  
ASUARCOPSA DE ANAPOIMA ENTRE LA BOCATOMA Y LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO

JORGE ALEXANDER HUERFANO MACIADO  
CÓDIGO ESTUDIANTIL: 505663

ÁLVARO DANIEL SEGURA GARZÓN  
CÓDIGO ESTUDIANTIL: 504481

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL BOGOTÁ D.C.

2019

DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO VEREDAL  
ASUARCOPSA DE ANAPOIMA ENTRE LA BOCATOMA Y LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO

JORGE ALEXANDER HUERFANO MACIADO  
CÓDIGO ESTUDIANTIL: 505663

ÁLVARO DANIEL SEGURA GARZÓN  
CÓDIGO ESTUDIANTIL: 504481

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIEROS CIVILES

DIRECTOR: INGENIERO CIVIL JESÚS ERNESTO TORRES QUINTERO  
MAGISTER RECURSOS HIDRÁULICOS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL BOGOTÁ D.C.

2019



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

---

---

---

---

---

Nota de aceptación:

---

. Ingeniero Civil. Jesús Ernesto Torres Quintero  
Director de Proyecto

---

Ing. Asesor de Proyecto

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del jurado

Fecha: I periodo 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Los funcionarios de LA ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE ANAPOIMA "ASUARCOPSA", especialmente a su representante legal el señor Arturo Peñalosa Páez, por permitir la visita a las instalaciones, acompañarnos en el recorrido de inspección de las estructuras del acueducto, el suministro de la información indispensable para llevar a cabo este proyecto y su excelente trato con nosotros.

Al ingeniero Jesús Ernesto Torres, nuestro guía de investigación y actor fundamental en la culminación de nuestro trabajo de grado.

## RESUMEN

El agua es un recurso necesario para la humanidad, este recurso debe cumplir una serie de condiciones de potabilidad establecidas por la normatividad vigente, el consumo de agua no tratada o en malas condiciones puede ocasionar diferentes enfermedades, afectar el medio ambiente, la economía y la calidad de vida de la población.

En el presente documento se realizó el diagnóstico y optimización del sistema de acueducto ASUARCOPSA ubicado en el municipio de Anapoima con una extensión total de 124.2 Km<sup>2</sup>, a una distancia de 87 Km de Bogotá. La investigación está centrada entre la bocatoma y la planta de tratamiento. De esta manera mejorar las condiciones del estado actual del acueducto, mediante análisis investigativos como: estudio poblacional, estudio hidrológico, estudio estructural actual, así mismo presentar la propuesta de mejoramiento, garantizando la calidad del recurso hídrico y la disponibilidad del servicio.

En este proyecto se identificaron algunos problemas y falencias en el sistema de acueducto ASUARCOPSA, los cuales fueron descritos por los requerimientos de diseño y funcionamiento según normatividad actual vigente (resolución 0330 del 8 de junio de 2017).

En lo expuesto anteriormente se contribuye con la protección y cuidado del medio ambiente, así mismo la optimización del sistema de acueducto para que este preste un servicio eficiente durante su periodo de servicio, brindando calidad para el consumo y el uso eficiente del recurso hídrico sin ser afectado por el crecimiento poblacional a largo plazo.

Se utilizaron recursos electrónicos como SMADA online y bases de referenciación geográfica del DANE en el software ARCGIS, arrojando diferentes resultados satisfactorios para un estudio profundo y preciso de los análisis obtenidos.

### **Palabras clave:**

Recurso hídrico, Calidad del agua, diagnostico, optimización, acueducto, calidad de vida,

## **ABSTRACT**

Water is a necessary resource for humanity, this resource must meet a series of potability conditions established by current regulations, the consumption of untreated water or in bad conditions can cause different diseases, affect the environment, the economy and the Quality of life of the population.

In this document, the diagnosis and optimization of the ASUARCOPSA aqueduct system located in the municipality of Anapoima was made with a total area of 124.2 km<sup>2</sup>, at a distance of 87 km from Bogotá. The investigation is centered between the intake and the treatment plant. In this way improve the conditions of the current state of the aqueduct, through research analysis such as: population study, hydrological study, current structural study, present the proposal for improvement, ensure the quality of water resources and service availability.

In this project some problems and shortcomings were identified in the ASUARCOPSA aqueduct system, which were described by the design and operation requirements according to current regulations (resolution 0330 to June 8, 2017).

This refers to the protection and the environment, as well as the optimization of the action system so that an efficient service is provided during its service period, providing quality for consumption and efficient use of the service. Water resource without being affected by the long-term population growth.

Electronic resources such as SMADA and DANE geographical reference bases were used in the ARCGIS software, yielding different satisfactory results for a thorough and precise study of the corresponding analyzes.

### **Key words:**

Water resources, water quality, diagnosis, optimization, aqueduct, quality of life.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. ANTECEDENTES.....	2
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL MUNICIPIO.....	2
1.1.1 Descripción Física:.....	2
1.1.2 Límites del municipio: .....	2
1.2 ESTADO ACTUAL DEL ACUEDUCTO .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	7
1.4 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.4.1 Planteamiento del problema .....	8
1.4.2 Pregunta orientadora .....	8
1.5 ESTADO DEL ARTE .....	9
1.6 MARCO DE REFERENCIA .....	12
1.6.1 Marco conceptual.....	12
1.7 MARCO TEÓRICO.....	16
1.7.1. Factores de diseño .....	16
1.7.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	20
1.8 MARCO LEGAL.....	26
1.8.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE 1991 .....	26
1.8.2 RECURSOS HIDRICOS .....	26
1.9 OBJETIVOS .....	27
2.9.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
2.9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
1.10 ALCANCE Y LIMITACIONES .....	28
1.10.1 ALCANCE .....	28
1.10.2 LIMITACIONES.....	28
2. METODOLOGÍA.....	29
2.1. FASE 1: Investigación y primera visita. ....	29
2.2. FASE 2: Recolección de información. ....	29
2.3. FASE 3: Estudio y Análisis Hidrológico. ....	29
2.4. FASE 4. Segunda. Visita Análisis estructuras existentes acueducto actual. .....	30

2.5. FASE 5 Propuesta de mejoramiento .....	31
3. DIAGNÓSTICO Y PROYECCIÓN DE DEMANDA DE USUARIOS .....	32
3.1 DATOS CENSOS .....	32
3.2 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y DEMANDA .....	32
3.3. CÁLCULOS DE DOTACIÓN ACUEDUCTO ASURCOPSA .....	34
3.3.1. DOTACIÓN .....	35
4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA .....	37
4.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	37
4.2. MORFOMETRÍA.....	38
4.2.1 Cuenca hidrográfica .....	38
4.2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS.....	38
4.3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA .....	45
4.3.1. Precipitación total.....	47
4.3.2 Temperatura .....	50
4.3.3. Humedad relativa .....	54
4.3.4. Brillo solar .....	56
4.3.5. Velocidad y dirección del viento.....	57
4.4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO .....	58
4.4.1 Verificación y complementación de información .....	58
4.4.2. Isoyetas.....	58
4.4.3 Balance hidroclimático .....	60
4.4.4 Balance hidroclimático .....	61
4.5 HIDROGRAFÍA.....	62
4.5.1 SISTEMA DE DRENAJE .....	62
4.6. HIDROLOGÍA .....	63
4.6.1. Información hidrológica .....	63
4.6.2. Estudio de caudales.....	64
4.7 BALANCE HÍDRICO .....	70
4.7.1 oferta-demanda.....	70
4.7.2 índice de escasez .....	71
5. DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES .....	72
5.1 GENERALIDADES .....	72

5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DEL ACUEDUCTO ASUARCOPSA .....	72
5.3 BOCATOMA DE FONDO ACUEDUCTO ASUARCOPSA.....	72
5.3.1. Rejilla Bocatoma Asuarcopsa: .....	73
5.4. TUBERÍA DE ADUCCIÓN ENTRE LA BOCATOMA Y DESARENADOR ...	75
5.5. ESTADO ACTUAL DESARENADOR .....	78
5.6. PLANTA DE TRATAMIENTO ACUEDUCTO ASUARCOPSA .....	81
5.6.1. LABORATORIO ACTUAL ACUEDUCTO ASUARCOPSA.....	82
5.6.2 FLOCULADOR Y SEDIMENTADOR ASUARCOPSA .....	82
5.6.3. TANQUES ALMACENAMIENTO .....	84
5.6.4. RED DE DISTRIBUCIÓN:.....	86
5.4. EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA.....	86
5.4. CUMPLIMIENTO CON REQUISITOS SEGÚN RESOLUCIÓN 0330 DE 2017 .....	88
5.5 EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE .....	90
5.5.1 Bocatoma.....	90
5.5.2 Tubería de aducción .....	90
5.5.3 Desarenador .....	91
6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO .....	94
6.1 Propuesta de mejoramiento .....	94
7. CONCLUSIONES .....	95
8. RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	98
ANEXOS.....	101
Anexo 1. Acta de registro y compromisos .....	101
Anexo 2. Información Estaciones .....	102
Anexo 3. Datos caudales.....	115
Anexo 4. Cartografías Sig. ....	116
Anexo 5. Cartografías IGAC 1:10000 .....	125
Anexo 6. Registros de Macromedición y Micromedición .....	129
Anexo 7. Memorias de Calculo.....	132
Anexo 8. Planos .....	153

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dotación neta máxima. ....	16
Tabla 2. Caudales de diseño de estructuras. ....	17
Tabla 3. Métodos de cálculo para estimación de población. ....	18
Tabla 4. Clasificación de unidades hidrológicas en función del área geométrica. .	21
Tabla 5. Clasificación de cuenca en función del índice de Gravelius. ....	22
Tabla 6. Población histórica de Anapoima .....	32
Tabla 7. Tabla proyección de población Anapoima. ....	32
Tabla 8. Tabla proyección de población acueducto ASUARCOPSA .....	34
Tabla 9. Tabla proyección de dotación acueducto ASUARCOPSA .....	35
Tabla 10. Tabla de dotación acueducto ASUARCOPSA. ....	36
Tabla 11. Tabla de características morfométricas de la cuenca .....	38
Tabla 12. Tabla pendiente media de la cuenca. ....	39
Tabla 13. Perfil quebrada Campos .....	41
Tabla 14. Pendiente media de la corriente principal .....	42
Tabla 15. Curva hipsométrica. ....	43
Tabla 16 Longitudes rectángulo equivalente. ....	45
Tabla 17. longitudes por intervalo de cotas rectángulo equivalente. ....	45
Tabla 18. Estaciones dentro del área de estudio. ....	46
Tabla 19. Cantidad Total de series por variable. ....	48
Tabla 20. Evapotranspiración potencial. ....	63
Tabla 21. Balance hidroclimático. ....	63
Tabla 22. Áreas tributarias de las cuencas. ....	67
Tabla 23. Generación de caudales mensuales. ....	68
Tabla 24. Caudales medios generados. ....	69
Tabla 25. Periodos de retorno y caudales máximos. ....	70
Tabla 26. Periodo de retorno y caudales mínimos .....	72
Tabla 27. Balance hídrico. ....	73
Tabla 28. Clasificación índice de escasez .....	73
Tabla 29. Índice de escasez. ....	74
Tabla 31. Cumplimiento de requerimientos según resolución 0330 de 2017. ....	93

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración. 1 Límites del municipio. ....	3
Ilustración. 2 Cámara de aducción y transporte, cámara de válvulas inundadas....	4
Ilustración. 3 Tubería de aducción expuesta sujeta con guayas, estructura inestable de 6" de diámetro y de 36 metros de largo. ....	5
Ilustración. 4 Estado actual del desarenador .....	5
Ilustración. 5 PTAP ASUARCOPSA.....	6
Ilustración. 6 Esquema de acueducto convencional. ....	12
Ilustración. 7 Grafica de proyección .....	33
Ilustración. 8 Figura proyección de población acueducto ASUARCOPSA.....	35
Ilustración. 9 Zona de estudio .....	37
Ilustración. 10 Pendiente media de la cuenca.....	39
Ilustración. 11 Curva hipsométrica .....	43
Ilustración. 12 Distribución espacial estaciones hidrometeoro lógicas.....	46
Ilustración. 13 Valores totales medios, máximos y mínimos mensuales de precipitación.....	48
Ilustración. 14 Valores totales medios, máximos y mínimos mensuales de precipitación.....	48
Ilustración. 15 Valores totales medios, máximos y mínimos mensuales de precipitación.....	49
Ilustración. 16 Valores totales medios, máximos y mínimos mensuales de precipitación.....	49
Ilustración. 17 Valores de temperatura mínimos, medios y máximos mensuales. .	50
Ilustración. 18 Valores de temperatura mínimos, medios y máximos mensuales. .	51
Ilustración. 19 Valores de temperatura mínimos, medios y máximos mensuales. .	51
Ilustración. 20 Valores de evaporación mínimos, medios y máximos mensuales..	52
Ilustración. 21 Valores de evaporación mínimos, medios y máximos mensuales..	53
Ilustración. 22 Valores de evaporación mínimos, medios y máximos mensuales..	53
Ilustración. 23 Valores de humedad relativa mínimos, medios y máximos mensuales .....	54
Ilustración. 24 Valores de humedad relativa mínimos, medios y máximos mensuales .....	55
Ilustración. 25 Valores de humedad relativa mínimos, medios y máximos mensuales .....	55
Ilustración. 26 Valores de brillo solar mínimos, medios y máximos mensuales .....	56
Ilustración. 27 Valores de brillo solar mínimos, medios y máximos mensuales .....	57
Ilustración. 28 Valores de velocidad del viento mínimos, medios y máximos mensuales.....	57
Ilustración. 29 Distribución espacial de precipitaciones. ....	59
Ilustración. 30 Distribución espacial de temperatura.....	59
Ilustración. 31 Distribución espacial de evapotranspiración.....	60
Ilustración. 32 Gráfico de balance hídrico. ....	62

Ilustración. 33 Clasificación de causas según Horton.....	63
Ilustración. 34 Clasificación de causas según Horton.....	65
Ilustración. 35 Distribución espacial de las cuencas. ....	65
Ilustración. 36 Gráfico de caudales medios generados. ....	67
Ilustración. 37 Caudales máximos generados. ....	68
Ilustración. 38 Caudales mínimos generados. ....	69
Ilustración. 39 Bocatoma de fondo Acueducto ASUARCOPSA. ....	73
Ilustración. 40 Rejilla Bocatoma ASUARCOPSA. ....	73
Ilustración. 41 Vertederos de Excesos y Control Bocatoma ASUARCOPSA.....	74
Ilustración. 42 tubería expuesta. ....	74
Ilustración. 43 Tubería de aducción entre Bocatoma y Desarenador. ....	75
Ilustración. 44 Tubería de aducción entre Bocatoma y Desarenador. ....	76
Ilustración. 45. Guayas sujetas a arboles tubería aducción. ....	77
Ilustración. 46 Desarenador ASUARCOPSA. ....	78
Ilustración. 47 Tubería de paso directo entre Bocatoma y Desarenador ....	79
Ilustración. 48. Detalle conexión de entrada al desarenador. ....	80
Ilustración. 49 Planta de tratamiento acueducto Asuarcopsa. ....	81
Ilustración. 50 Laboratorio Asuarcopsa.....	82
Ilustración. 51 Laboratorio Asuarcopsa.....	82
Ilustración. 52 Floculador, sedimentadores y filtro actuales planta de tratamiento Asuarcopsa.....	83
Ilustración. 53 Tanque Almacenamiento Acueducto Asuarcopsa. ....	84
Ilustración. 54 Macro medidor de entrada Acueducto Asuarcopsa. ....	85
Ilustración. 55 Distribución geográfica de veredas.....	86
Ilustración. 56 Reporte de resultados de laboratorio.....	87
Ilustración. 57 Localización en planta desarenadores. ....	91
Ilustración. 58. Corte longitudinal A-A Desarenador propuesto. ....	92
Ilustración. 59 Vista en plante desarenador propuesto. ....	93

## **GLOSARIO ABREVIATURAS:**

?: porcentaje.

CAR: Corporación Autónoma Regional.

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social.

EAAB: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial.

Ha: Hectáreas

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Km: Kilometro. Lps: Litros por Segundo. m: metros.

M<sup>3</sup>/s: metros cúbicos por segundo.

M<sup>3</sup>: metros cúbicos.

MAVDT: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. mca: metros columna de agua. mm: milímetros.

S: Sur,

O: Oeste.

E: Este.

N: Norte.

NE: Noreste.

NO: Noroeste.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

OT: Ordenamiento Territorial.

PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial.

PGAR: Planes de Gestión Ambiental Regional.

POAT: Planes de Ordenamiento Ambiental Territorial.

POT: Plan de Ordenamiento Territorial.

Q (l/s): caudal en litros sobre segundo.

S: Coeficiente almacenamiento.

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable.

ARCGIS: conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica.

SMADA: Gestión de aguas pluviales y ayuda de diseño.

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

FONDECUN: Fondo de Desarrollo de Proyectos de Cundinamarca.



## INTRODUCCIÓN

Desde el origen de los primeros asentamientos humanos, el suministro de agua potable ha sido muy importante para cualquier comunidad sin importar el tamaño de su población; de manera que sea capaz de satisfacer sus necesidades vitales, como la producción de alimentos, aseo personal y limpieza del hogar; factores importantes para el desarrollo social y económico de las comunidades.

Los primeros avances se desarrollaron mediante procesos industriales de tratamiento de agua potable en el año 1804, cuando John Gill desarrolló en Escocia el primer suministro de agua potable filtrada transportada a Glasgow. En 1806, en París, se comenzó a operar la mayor planta potabilizadora de la época, con un sedimentador, un filtro de arena y carbón, con 6 y 12 horas de tiempo de retención, respectivamente. En 1827 el inglés James Simplón construyó un filtro “lento” de arena muy efectivo para potabilizar el agua. No obstante, el mayor desarrollo en plantas potabilizadoras se dio después de 1854, con el descubrimiento de John Snow de que el agua contaminada del pozo en Golden Square (Londres), era la causa del brote del cólera<sup>1</sup>.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen por lo menos 25 enfermedades que pueden ser provocadas por la contaminación del agua, por ejemplo: la hepatitis A, la fiebre tifoidea/paratifoidea y enfermedad diarreica aguda, las cuales son adquiridas al beber agua cruda o con tratamientos deficientes, cuyas víctimas mortales son por lo general niños menores a cinco años<sup>2</sup>.

Este documento tiene como finalidad resaltar la importancia de la práctica en nuestra formación como ingenieros civiles de la universidad Católica de Colombia; para complementar y aplicar los conocimientos adquiridos en nuestras cátedras como lo son mecánica de fluidos, hidráulica, hidrología, acueductos y plantas de tratamiento de agua potable; en un problema específico, en este caso el estudio hidrológico para la fuente de captación y el diagnóstico hidráulico entre la bocatoma y la planta de tratamiento del sistema de acueducto veredal ASUARCOPSA, ubicado en el municipio de Anapoima Cundinamarca; con el fin de realizar una investigación detallada acerca del acueducto, identificando problemáticas actuales y a futuro. Se presenta propuesta de mejoramiento que cumpla con la normatividad vigente y satisfaga las necesidades de la comunidad afectada por el acueducto.

---

<sup>1</sup> (DESCALCIFICADOR, agua potable: historia. (en línea) (18-01-2017). disponible en internet. <https://descalcificador10.com/agua-potable-historia/>. 2017)

<sup>2</sup> (BARRAGAN, TOVAR Y BUSTACARA, Instituto Nacional de salud, Colombia,2014, pag2)

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL MUNICIPIO

**Nombre del municipio:** Anapoima

**NIT:** 890.680.097-1

**Código Dane:** 25035

**Gentilicio:** Anapoimunos

**Extensión total:** 124.2 Km<sup>2</sup>

**Altitud de la cabecera municipal:** 710 metros sobre el nivel del mar

**Temperatura media:** 28-35° C

**Distancia de referencia:** 87 Km a Bogotá

#### 1.1.1 Descripción Física:

El Municipio de Anapoima está ubicado al sur occidente del Departamento de Cundinamarca, en la zona cálida de la provincia del Tequendama, en las estribaciones bajas del flanco occidental de la cordillera oriental. A mitad del camino entre los altiplanos interandinos del centro - oriente del país (como el cundiboyacense) concretamente entre las frías y fértiles tierras de la Sabana de Bogotá y el valle cálido interandino del río Magdalena (por implicación con algunos puertos fluviales como Guataqui y Girardot) en un territorio que hoy puede ser considerado como uno de los corredores o de los conglomerados turísticos más importantes del centro del país.

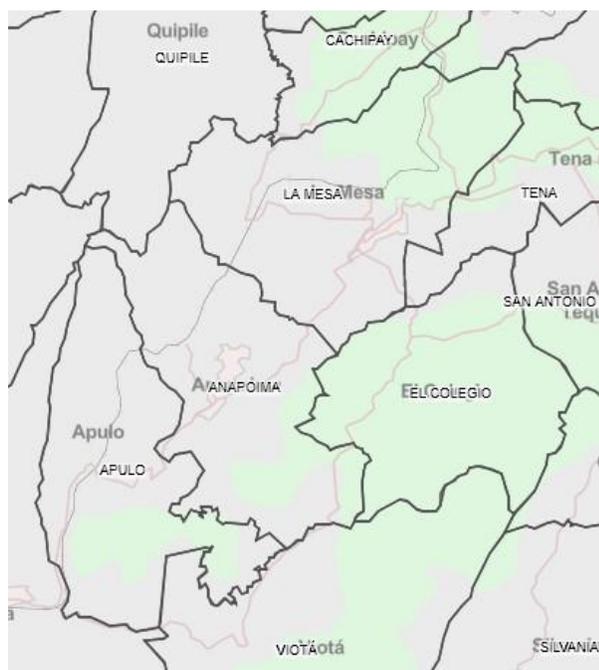
#### 1.1.2 Límites del municipio:

En la ilustración 1. Se muestran los límites del municipio de Anapoima, al norte limita con el Municipio de La Mesa, al sur con los Municipios de Apulo y Viotá, al oriente con el Municipio de El Colegio y al occidente con los Municipios de Jerusalén y Quipile.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> (MUNICIPIO ANAPOIMA, Información del municipio.  
(<https://www.anapoimacundinamarca.gov.co/mimunicipio/paginas/información-delmunicipio.aspx>. Colombia.2018

Ilustración. 1 Límites del municipio.



Fuente: (IGAC, 2018)

## 1.2 ESTADO ACTUAL DEL ACUEDUCTO

Los sistemas de acueducto son sistemas fundamentales para el suministro de agua potable y saneamiento básico. Su correcto diseño e implementación no solo permite proveer agua de calidad a las poblaciones si no tan bien reduce el riesgo de enfermedades y protege el medio ambiente<sup>4</sup>.

En la actualidad, en países como Colombia, los sistemas de acueducto y alcantarillado han mejorado significativamente, sin embargo, existen muchas regiones del país especialmente en los acueductos veredales en que dichos sistemas se encuentran en muy mal estado. Además de no cumplir con la normatividad vigente, brindando una mala calidad y disponibilidad del recurso hídrico a dichas poblaciones.

En el caso del acueducto veredal ASUARCOPSA, se abastece de la quebrada Campos; considerada una de las más importantes del municipio de Anapoima debido a que este afluente abastece cinco acueductos veredales entre los cuales están:

---

<sup>4</sup> (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, Resolución 0330 2017)

1. El triunfo- Anapoima.
2. Andalucía- Panamá.
3. Golconda, las pavas.
4. La toma, La esmeralda.
5. Asuarcopsa, El consuelo.

En el informe de campo realizado el 5 de febrero de 2018 por la empresa INALCOM S.A.S., para la elaboración de estudios hídricos en los municipios de Apulo, El Colegio, Viotá y Anapoima. Se realizaron las siguientes observaciones para el acueducto ASUARCOPSA.

En la ilustración 2, se evidenció que la cámara de aducción y transporte se encuentra en mal estado, debido a que presenta fugas y permanece inundada.

Durante la temporada invernal de finales de 2017 se presentó una creciente de la quebrada la cual debilito el terreno y se llevó parte de la tubería de conducción entre el desarenador y la bocatoma; razón por la cual los pobladores recurrieron a una solución provisional y económica, la cual fue sujetar la tubería por medio de guayas y alambres para reestablecer el servicio de agua potable que hasta el momento está expuesta y vulnerable a fallas importantes en el sistema, como se evidencia en la ilustración 3.

*Ilustración. 2 Cámara de aducción y transporte, cámara de válvulas inundadas.*



Fuente: Informe de campo, proyecto Calandaima.

*Ilustración. 3 Tubería de aducción expuesta sujeta con guayas, estructura inestable de 6" de diámetro y de 36 metros de largo.*



Fuente: Informe de campo, proyecto Calandaima.

El desarenador se encuentra sobre dimensionado según las especificaciones de la CAR al presentar un caudal superior al estimado para la población y presenta fallas estructurales con grietas y fisuras que posiblemente generan filtraciones o escapes de agua evidenciados en la ilustración 4.

*Ilustración. 4 Estado actual del desarenador*



Fuente: Informe de campo, proyecto Calandaima.

El acueducto, al día de hoy cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable, una de las cuales fue construida recientemente gracias al programa “agua a la vereda” del fondo de desarrollo de proyectos de Cundinamarca (FONDECUN), pero no se encuentra en funcionamiento debido a que no cumple con algunos parámetros de seguridad en el trabajo y la falta de ciertos equipos de laboratorio.

En contraste, la otra planta de tratamiento recibe el agua del desarenador, la cual llega a la canaleta donde se le aplica el polímero y sulfato (120 mg/L), de ahí se dirige a los cubículos donde se realiza la coagulación y posteriormente pasar al proceso de floculación; enseguida pasa a los paneles de sedimentación llegando a el filtro y finalmente al tanque de almacenamiento el cual cuenta con una capacidad de 7 m<sup>3</sup>.

La planta tiene una capacidad de 27 a 28 m<sup>3</sup>/hora. la cual presenta tres tiempos de mayor consumo los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera, de 5:00 am a 8:00 am, de 11:00 am a 1:00 pm y de 5:00 pm a 11:00 pm, la planta abastece a 566 usuarios al año 2018 y cuenta con tres tanques de distribución, los cuales tiene una capacidad de 341,6 m<sup>3</sup> en su totalidad.

*Ilustración. 5 PTAP ASUARCOPSA.*



Fuente: Informe de campo, proyecto Calandaima.

Los tanques abastecen la red por medio de gravedad a 5 veredas del municipio de Anapoima las cuales son: el consuelo, santa Ana y santa rosa, providencia García y el Cabral. La red de distribución se divide en tres sectores los cuales son:

- El Cabral con una longitud de 7 a 8 Km
- Santa Ana y Santa rosa con una longitud de 8 a 9 Km - Provincia
- García con una longitud de 5 a 6 Km.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente el sector urbano de Cundinamarca cuenta con una cobertura de acueducto cercana al 98 por ciento, en el sector rural apenas llega al 52 por ciento. Para poder prestarle este servicio al 48 por ciento restantes, especialmente a las poblaciones alejadas; el fondo de desarrollo de proyectos de Cundinamarca (FONDECUN), desarrolla el programa Agua a la Vereda, que cuenta con una inversión de 7.692 millones de pesos y que permitirá atender este año a 120 acueductos veredales.

El programa Agua a la Vereda consiste en apoyar a los cundinamarqueses, para que cada acueducto rural funcione como una empresa moderna fortalecida administrativa, legal, financiera, técnica y comercialmente, teniendo en cuenta la preservación, conservación y restauración de las fuentes hídricas naturales. Siempre haciendo un trabajo social con las comunidades en aras de proteger las fuentes hídricas aprovechables; contribuyendo de esta forma con la disminución de la brecha entre el área urbana y rural frente a la prestación del servicio de agua potable. El programa Agua a la Vereda consta de dos fortalecimientos, el fortalecimiento Técnico y el Institucional.<sup>5</sup>

Este proyecto se enfoca en el fortalecimiento técnico para el acueducto veredal ASUARCOPSA, por medio de la aplicación de la ingeniería civil, para lo cual es necesario realizar el diagnóstico de funcionamiento actual del sistema, teniendo en cuenta el tamaño de la población y la estimación de la misma para el período de funcionamiento del acueducto, la topografía, hidrología, y en general, las características físicas de la región, con el fin de establecer las condiciones iniciales de la fuente de abastecimiento y de las estructuras hidráulicas; teniendo presente lo anterior, se presentan propuestas de mejoramiento con el fin de reparar o hacer mantenimientos a las estructuras que lo conforman (bocatoma, desarenador, floculador, sedimentador), realizar cambios de tuberías, protegiéndolas ante cualquier eventualidad, instalar micro o macro medidores según sea el caso, entre otras actividades; de manera que se cumplan los estándares de calidad vigentes tanto con el recurso hídrico como en disponibilidad de este, con el fin de beneficiar a la comunidad afectada y a futuras generaciones.

---

<sup>5</sup> (EMPRESAS PÚBLICAS DE CUNDINAMARCA S.A. Programa Agua la vereda. Colombia E.S.P 2017.

## **1.4 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 Planteamiento del problema**

El estado actual del acueducto ASUARCOPSA, permite plantear diferentes puntos de vista en cuanto a las problemáticas actuales, la primera es el factor económico el cual se ve reflejado en el estado actual del sistema y la falta de mantenimiento para su óptimo desempeño, por lo tanto, está limitado por sus pobladores y posible mal manejo de los recursos destinados a dichas obras.

El segundo punto de vista está reflejado en el contexto ambiental el cual deteriora y afecta de manera directa los componentes del sistema de acueducto, de esta manera se ve afectado el recurso hídrico disminuyendo la calidad de este y desarrollando soluciones temporáneas, como en el caso del tubo de transporte del recurso hídrico, que debido a deslizamientos en la zona esta sujetado mediante guayas y cables para no interrumpir su funcionamiento. Además, se encuentran fallas en el sistema estructural del acueducto lo cual puede generar un colapso del sistema exponiendo a la población a quedarse sin el recurso y sin una propuesta o solución bien elaborada para futuros problemas.

Por último la población carece del líquido preciado en épocas de sequía lo cual no solo afecta a 566 habitantes de esta población, si no al mundo resultado del cambio climático y el aumento de la población<sup>6</sup>.

Anteriormente se plantearon los problemas principales los cuales están sujetos a problemas encontrados durante los estudios e investigaciones a realizar, buscando una serie de soluciones a desarrollar e identificando las ideas y/o soluciones más óptimas para las problemáticas propuestas y las encontradas durante el proyecto.

De esta manera se contribuirá con la población afectada la cual puede ser a futuro el hogar de muchas personas que viven en grandes ciudades o lugares con deficiencia de suministro de agua potable.

### **1.4.2 Pregunta orientadora**

¿Con el plan de mejoramiento y/o optimización de la planta de tratamiento de agua potable ASUARCOPSA se garantizará la calidad del recurso hídrico y la disponibilidad del servicio constantemente?

---

<sup>6</sup> (National Geographic 2018).

## 1.5 ESTADO DEL ARTE

A través del tiempo la universidad católica de Colombia cuenta con proyectos de grado enfocados en la optimización, diseños, análisis, implementaciones, diagnósticos entre otros, en cuanto a plantas de tratamiento de agua potable. Con el objetivo de mejorar la calidad del recurso hídrico y disponibilidad de este, brindando un mejor servicio y mejorando la calidad de estructuras existentes, cumpliendo la normatividad legal vigente. Dichos estudios se han enfocado en pueblos y veredas las cuales presentan un grado de atención mayor frente a la sociedad, buscando una mejor calidad de vida y condición de habitabilidad.

A continuación, se darán a conocer algunos de los proyectos y/o estudios realizados en los últimos años en la universidad católica de Colombia, ya que se han desarrollado muy buenas propuestas de optimización y mejoramiento en plantas de tratamiento de agua potable.

- Proyecto de grado. Universidad Católica de Colombia.  
Título: Evaluación técnica y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Girardot. Autores: Caballero López, Jorge Armando  
Director: Sarmiento Rodríguez Páez, Álvaro Enrique  
Fecha de Publicación: 2013

Esta investigación realiza un análisis detallado de todos los procesos que realiza la planta de tratamiento tipo convencional de la ciudad de Girardot, dando así, una evaluación técnica de la misma, además se encuentra un capítulo en el cual se optimizan los procesos que presentan o generar algún tipo de falla al proceso de potabilización del agua, se realizan los ensayos de laboratorio requeridos por la norma RAS-2000, y finalmente se realiza una serie de recomendaciones para el mejoramiento de la calidad de agua entregada al usuario.

- Proyecto de grado. Universidad Católica de Colombia.  
Título: Diagnóstico técnico del acueducto del municipio de Quipile Cundinamarca.  
Autores: Garcés Ricardo, José Ignacio ; Caicedo Escamilla, Diego Alexander  
Director: Torres Quintero, Jesús Ernesto  
Fecha de Publicación: 2016

El documento presenta como objetivo principal diagnosticar y evaluar técnicamente el sistema de acueducto urbano del municipio de Quipile Cundinamarca, mediante observaciones y toma de datos para obtener un óptimo funcionamiento y continuidad en dicho sistema, que garantice la

calidad del agua potable en la población. Mediante los estudios realizados pudieron evidenciar problemas de funcionamiento en sus componentes como bocatoma y planta de tratamiento de agua potable, por lo que es necesario realizar una intervención al sistema en sus estructuras, para mejorar su capacidad hidráulica y calidad del agua potable.

- Proyecto de grado. Universidad Católica de Colombia.  
Título: Diagnóstico y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de guateque en el departamento de Boyacá-Colombia. Autores: Pérez Cuadros, Zaida Camila.  
Director: Torres Quintero, Jesús Ernesto  
Fecha de Publicación: 2016

El documento tiene como objetivo principal realizar la evaluación y diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Guateque Boyacá y proponer las soluciones para la mejora en la operación de la planta y mejora en el servicio a los suscriptores. En este proyecto se identificaron diferentes falencias y problemas, uno de ellos se evidenció en los cálculos realizados para el diseño actual de la canaleta Parshall existente el cual no cumple con el número de Froude, la velocidad establecida ni la relación  $ha/W$  en el RAS 2000.

- Proyecto de grado. Universidad Católica de Colombia.  
Título: Optimización del diseño hidráulico del acueducto veredal del alto del ramo de municipio de Chipaque Cundinamarca Autores: Parrado German, Sandoval Misael  
Director: Córdoba Romero, Henry Alberto  
Fecha de Publicación: 2018

Este proyecto plantea el diseño hidráulico y la necesidad de optimizar el acueducto Veredal de Alto del Ramo (fudavear), ya que este no posee con las estructuras básicas para el tratamiento de la potabilización del agua, para el mejoramiento de la calidad de vida para la población de esta vereda. Se efectuó un análisis a las estructuras hidráulicas actuales; Bocatoma, Aducción, Planta de Tratamiento compacta, y conducción, una descripción gráfica con ubicación de estructuras y posteriormente la optimización.

- Proyecto de grado. Universidad Católica de Colombia.  
Título: Diagnóstico y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Apulo en el departamento de Cundinamarca.  
Autores: Alvarado Ronald, Becerra Jeison  
Director: Torres Quintero, Jesús Ernesto  
Fecha de Publicación: 2018

Este documento tiene como finalidad realizar el diagnóstico y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Apulo – Cundinamarca. En este proyecto en las inspecciones realizadas a la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Apulo, a nivel general, se encontró deteriorada debido a que lleva años en funcionamiento y por ende requiere de mantenimiento en las estructuras que cumplen con su respectivo funcionamiento y un nuevo diseño a los elementos que no cumplen con su pertinente tarea de potabilización.

- Proyecto de grado. Universidad Católica de Colombia.  
Título: Modelación y optimización de la red de acueducto urbano del municipio de Tibaná-Boyacá  
Autores: Alvarado Ronald, Becerra Jeison  
Director: Sarmiento Luis, Silva Rolando  
Fecha de Publicación: 2017

En este proyecto se tiene como objeto principal proponer una optimización a través de una modelación de la red de distribución de agua potable del casco urbano perteneciente al municipio de Tibaná-Boyacá, teniendo como punto de partida el inadecuado servicio actual de la red. Uno de sus hallazgos es que en la actualidad la red de acueducto presenta graves deficiencias en cuanto a la prestación del servicio, un 30% del total de la red presenta presiones por debajo de los 15 mca y un 51% del total de red presenta presiones por encima de los 50 mca, dejando así únicamente un 19% que cumple con las especificaciones exigidas por el RAS 2000.

Según lo Expuesto anteriormente se evidencia que todos los proyectos fueron sometidos a la normatividad RAS **2000** la cual en la actualidad no está vigente, la norma anterior ha sido derogada por la **Resolución 0330 de 2017**.

## 1.6 MARCO DE REFERENCIA

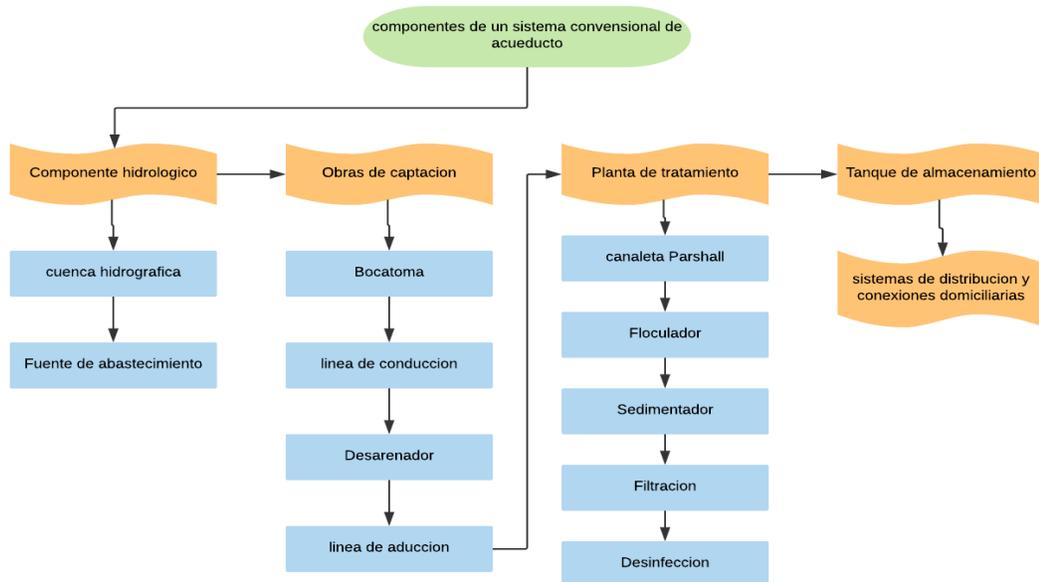
### 1.6.1 Marco conceptual

La purificación del agua es uno de los problemas de la ingeniería civil y Ambiental de más urgente solución, el objetivo inmediato es proveer a toda la comunidad agua potable de calidad, satisfaciendo las necesidades del ser humano ya que es un requerimiento fundamental para su bienestar y comodidad<sup>7</sup>.

Existen distintos procesos para la potabilización del recurso hídrico los cuales son realizados dependiendo de calidad de la fuente y de la necesidad que esta tenga, para cumplir con todos los parámetros y normas de calidad del recurso se debe realizar una caracterización físico- química y una serie de estudios y ensayos para el diseño de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

#### 1.6.1.1 Esquema convencional de abastecimiento

*Ilustración. 6 Esquema de acueducto convencional.*



Fuente: autores

<sup>7</sup> (ROJAS, Potabilización del Agua, 3ª Edición.1999.pag.11).

- **Microcuenca hidrográfica**

La cuenca es aquella superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector (rio-quebrada) que descarga a otras cuencas aledañas<sup>8</sup>

- **Fuente de abastecimiento**

La fuente de abastecimiento puede ser superficial (ríos, lagos, embalses), o de aguas subterráneas superficiales o profundas. La elección del tipo de fuente de abastecimiento depende de factores como localización, calidad y cantidad<sup>9</sup>

- **Obras de captación**

La captación es una estructura de concreto que sirve para proteger al manantial y recolectar el agua para abastecer a la población. Asimismo, debe cumplir con las especificaciones de estructuras apoyadas de concreto para almacenamientos de líquidos en lo referente a ubicación, encofrados y concretos.

- **Tipos de captaciones**

- Toma lateral con muro transversal.
- Bocatoma de fondo.
- Bocatoma lateral con bombeo.
- Bocatoma lateral por gravedad.
- Toma mediante estabilización de lecho.
- Toma en embalses o lagos.

- **Bocatoma**

Es el conjunto de obras hidráulicas construidas en una fuente de agua, ya sea río, canal o laguna, con la finalidad de captar y derivar de dicha fuente un determinado volumen de agua para utilizarlo con fines energéticos, de irrigación, o de abastecimiento público.<sup>10</sup>

- **Obras de conducción**

Está constituido por las tuberías o mangueras que conducen el agua a la planta de tratamiento de agua.

---

<sup>8</sup> BREÑA Y JACOBO. Principio y Fundamentos de la Hidrología Superficial 2006),

<sup>9</sup> (CUALLA. Elementos y Diseño para Acueductos y Alcantarillados. 1995)

<sup>10</sup> (PEREZ. Bocatomas. 2010)

- **Tubería de conducción**  
Es una tubería que conduce el agua cruda (agua sin ningún tratamiento) de la bocatoma al desarenador generalmente por gravedad.
- **Tubería de aducción**  
Es una tubería que conduce el agua del desarenador a la planta de tratamiento de agua potable<sup>10</sup>.
- **Desarenador**  
Es una estructura construida con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Generalmente se debe ubicar lo más cerca posible a la bocatoma, con el fin de evitar la obstrucción de la aducción.

#### 1.6.1.2 Planta de tratamiento de agua

Una planta es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.(CASERO 2007) Dependiendo de la calidad del agua cruda el grado de dificultad es diferente por ello es muy importante tener en cuenta un estudio de ingeniería en la selección adecuada de los procesos y operaciones para el tratamiento adecuado y económico para obtener agua de calidad requerida.<sup>11</sup>

#### componentes de una planta:

- **Mezcla rápida**  
Proceso por el cual se crean turbulencias para favorecer la mezcla rápida del coagulante.
- **Floculador**  
Tanque con varias láminas de madera o acero en donde el agua pasa en laberinto o describiendo un zigzag que ayuda a que se produzca la coagulación y la floculación. Es un tanque especial con unos tabiques para que el agua circule lentamente, con el fin de dar tiempo para que se formen los floc<sup>13</sup>.

---

<sup>10</sup> (CUALLA. Elementos y Diseño para Acueductos y Alcantarillados. 1995)

<sup>11</sup> (ROMERO, Jairo. Potabilización del agua. México, Alfaomega grupo editor, s.a. de c.v. D. F. 1999)

<sup>13</sup> (ISAGEN y CEAM .2007)

- **Sedimentador**

Es una estructura donde se efectúa la remoción de las partículas gruesas por efecto de la gravedad; sus principales elementos son la zona de ingreso, la zona de sedimentación y la salida. Es un tanque donde el agua circula lentamente para que los floc se dirijan al fondo y luego se puedan sacar en forma de lodo

- **Filtros**

Los filtros son unos tanques con grava (triturado), arena y antracita (Carboncillo) que ayudan a terminar de detener el flujo de partículas en el agua. Contiene grava gruesa, grava delgada, arena y antracita, elementos a través de los cuales circula el agua dejando entre ellos las partículas que todavía no se han decantado<sup>12</sup>.

### **Almacenamiento y distribución Tanque almacenamiento**

Es en el que se almacena el agua ya tratada y potable. Sirve para garantizar el abastecimiento de agua en las horas pico, es decir, cuando la población tiene los mayores consumos. Su función es ofrecer el agua que se necesita durante las veinticuatro horas del día sin interrupciones ni bajas.

- **Macromedidor**

Es un instrumento de medición que se encuentra en la tubería de salida de la conducción que corresponde a la salida del tanque de almacenamiento. Sirve para conocer el volumen de agua que se va por el acueducto en un periodo de tiempo determinado.<sup>13</sup>

- **Distribución**

Comprende la red de tuberías disponibles por parte del acueducto para el transporte de agua potable a población.

#### **1.6.1.3 Consideraciones de localización de la planta**

- Costo del terreno
- Ubicación con respecto a la fuente de distribución
- Topografía
- Disponibilidad de energía eléctrica
- Facilidades de acceso
- Facilidad de disposición de residuos

Las especificaciones respectivas deben garantizar una construcción económica, pero durable teniendo en cuenta que las plantas son usadas por muchos años más que su periodo de diseño<sup>14</sup>.

---

<sup>12</sup> (ISAGEN y CEAM .2007)

<sup>13</sup> (Ibíb.,2007)

<sup>14</sup> (ROMERO. Potabilización del agua.1999)

## 1.7 MARCO TEÓRICO

### 1.7.1. Factores de diseño

- **Periodo de diseño:** Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de este, y cuyas capacidades permiten atender la demanda proyectada para este periodo de tiempo. Según el Artículo 40. de la resolución 0330 de 2017, para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño 25 años.
- **Dotación neta:** corresponde a la cantidad mínima requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante, dependiendo de la forma de proyección de la demanda de agua, sin considerar las pérdidas del sistema. se debe determinar mediante la información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, o en su defecto por el sistema único de información SIU.

A continuación, en la tabla 1, se presenta la dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida; establecida en la resolución 0330 de 2017.

*Tabla 1. Dotación neta máxima.*

<b>ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA</b>	<b>DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)</b>
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Resolución 0330 de 2017

- **Dotación bruta:** mediante la resolución 0330 de 2017 expedida por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, la dotación bruta para el diseño de cada uno de los elementos que conforman un sistema de acueducto, se debe calcular teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$dbruta = \frac{dneta}{1 - \%P}$$

Donde:

dbruta= dotación bruta

dneta= dotación neta

%P= perdidas máximas admisibles

El porcentaje de pérdidas admisibles no deberá superar el 25%.

- **Caudales de diseño:** En la tabla 2, se presentan los caudales de diseño establecidos por el Artículo 47. Según las variaciones diarias y horarias que pueden presentar.

*Tabla 2. Caudales de diseño de estructuras.*

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

Fuente: resolución 0330 de 2017

- **Caudal máximo diario Qmd:** demanda máxima estimada en un lapso de 24 horas durante un periodo de un año. Esta demanda no es uniforme los 365 días del año por lo tanto se debe calcular de la siguiente manera:

$$QMD=Qmd*k1$$

Donde:

K1= coeficiente de consumo máximo diario.

- **Caudal máximo horario QMH:** demanda máxima estimada durante una hora en un periodo de diseño de un año, sin tener en cuenta el caudal de incendio, se calcula mediante la siguiente formula:

$$QMH=QMD*K2$$

Donde:

K2= coeficiente de consumo máximo horario. Se obtiene de la relación entre el QMH Y QMD.

Los factores de mayoración k1 y k2 deben calcularse para cada caso con base a los registros históricos de macro medición. Para poblaciones menores de 12500 habitantes al periodo de diseño ninguno de los factores podrá superar el valor de 1.3.

- **Estimado poblacional:** cantidad estimada de suscriptores del servicio, generalmente es realizado mediante censos de población históricos y la población actual.

En la Tabla 3, se presentan los métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema para la proyección de la población.

Tabla 3. Métodos de cálculo para estimación de población.

Método por emplear	Nivel de Complejidad del Sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial, otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método gráfico	X	X		

Fuente: Resolución 0330 de 2017

**Método aritmético:** supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$Pf = Puc + \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} \times (Tf - Tuc)$$

Dónde:

pf= población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

Puc= población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes)

Pci= población correspondiente al censo inicial con la información (habitantes)

Tuc= año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

Tci= años correspondiente al censo inicial con información.

Tf= año al cual se quiere proyectar la información.

**Método geométrico:** es útil en población que muestren una actividad económica importante, que genera un desarrollo apreciable y posee importantes áreas de expansión. La ecuación que se emplea es la siguiente:

$$Pf = Puc(1 + r)^{Tf - Tuc}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

Pf= Población correspondiente al año para que se quiere realizar la proyección.

Puc= Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

Pci= Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc= Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

Tf= Año al cual se quiere proyectar la información.

**Método exponencial:** requiere por lo menos conocer 3 censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada para este método es la siguiente:

$$Pf = Pci \times e^{kx(Tf - Tci)}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{Tcp - Tca}$$

Donde:

Pcp= población del censo posterior (proyección del DANE).

Pca= población del censo anterior (habitantes).

Tcp= año correspondiente al censo posterior.

Tca= año correspondiente al censo anterior.

Ln= logaritmo natural o neperiano.

**Método gráfico:** este método se utiliza cuando la información censal es insuficiente o poco confiable, lo cual hace que las proyecciones geométricas y exponenciales arrojen resultados que no corresponden con la realidad, dicho método consiste en comprar gráficamente la población del municipio de estudio con la de otros tres municipios del país con una serie de características que se deben cumplir especificadas en la RAS 2000 título B. La ecuación para calcular la población es la siguiente:

$$Pf = S - (S - P2)Xe^{-kd(t-t1)}$$

Donde Kd es la constante de la tasa decreciente de crecimiento, la cual se calcula a partir de censos sucesivos mediante la siguiente ecuación:

$$Kd = \frac{-\ln\left(\frac{S - P2}{S - P1}\right)}{t2 - t1}$$

Donde:

Pf= población correspondiente al año para el que quiere realizar la proyección (habitantes).

S= población de saturación (habitantes).

Pt= población en el censo 1 (habitantes). P2= población en el censo 2 (habitantes).

t= año correspondiente a la población de saturación. t1= año correspondiente al censo 1.

t2= año correspondiente al censo 2.

### 1.7.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico permite realizar aplicaciones prácticas de la hidrología para desarrollar tareas tales como el diseño y operación de estructuras hidráulicas, agua suministro, tratamiento y eliminación de aguas residuales, riego, drenaje, energía hidroeléctrica generación, control de inundaciones, navegación, erosión y control de sedimentos, control de salinidad, reducción de la contaminación, uso recreativo del agua, y protección de la vida silvestre. El papel de la hidrología aplicada es ayudar a analizar los problemas involucrado en estas tareas y para proporcionar orientación para la planificación y gestión de los recursos hídricos”<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> (CHOW. Hidrología Aplicada. 1994)

### 1.7.2.1 Parámetros morfométricos

Los parámetros morfométricos se refieren a las características físicas de una cuenca; son elementos que tienen una gran importancia en el comportamiento hidrológico de la misma. Dichas características físicas se clasifican en dos tipos según su impacto en el drenaje: las que condicionan el volumen de escurrimiento como el área y el tipo de suelo de la cuenca, y las que condicionan la velocidad de respuesta como el orden de corriente, la pendiente, la sección transversal, etc.<sup>16</sup>

- **Área de la cuenca – área aferente (a)**

Está definida como la proyección ortogonal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural la cual se puede clasificar según la tabla 4, en función del área de la unidad hidrográfica<sup>17</sup>.

Tabla 4. Clasificación de unidades hidrológicas en función del área geométrica.

ÁREA (Km <sup>2</sup> )	UNIDAD HIDROLÓGICA
<5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

Fuente: Reyes, Barroso y Carvajal (2010)

- **Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad. (Kc)**

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de igual área a la cuenca<sup>18</sup>.

$$A = \pi r^2 \quad r = (A/\pi)^{1/2}$$

$$Kc = P/(2\pi r)$$

---

<sup>16</sup> (VILLEGAS. Análisis Morfológico de una Cuenca. 2013)

<sup>17</sup> (REYES, BARROSO Y CARVAJAL. Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. 2010)

<sup>18</sup> (MONSALVE. Hidrología en la Ingeniería. 2008)

$$k_c = \frac{P_{\text{cuenca}}}{P_{\text{circulo}}} = \frac{P_{\text{cuenca}}}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P_{\text{cuenca}}}{\sqrt{A}}$$

En la tabla 5, se presenta la clasificación de la cuenca en función del valor del índice de Gravelius.

Tabla 5. Clasificación de cuenca en función del índice de Gravelius.

TIPO	RANGO	DESCRIPCIÓN
KC <sub>1</sub>	1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda
KC <sub>2</sub>	1.26 – 1.50	Oval redonda a oval oblonga
KC <sub>3</sub>	1.51 – 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
KC <sub>4</sub>	> 1.75	rectangular oblonga

Fuente: Reyes Barroso y Carvajal (2010)

Cuencas con valores de compacidad superiores a 1.5 tienden a tener un tránsito más largo de sus crecientes y por lo tanto atenuación de los hidrogramas disminuyendo el riesgo de inundación.

- **Perímetro o longitud del cauce.**

El perímetro se estima mediante plataformas de geo-referenciación. Este parámetro junto al área permite determinar la forma de la cuenca<sup>19</sup>

- **Longitud del cauce principal (l<sub>t</sub>)**

Es la distancia del recorrido que hace el cauce principal desde su nacimiento hasta su desembocadura medida en kilómetros. Usualmente L<sub>t</sub> presenta un grado de sinuosidad, el cual se representa a través del coeficiente de sinuosidad K<sub>s</sub> que constituye la relación entre la distancia total configurada por el recorrido de la corriente L<sub>t</sub>, sobre la distancia lineal desde el nacimiento hasta la desembocadura L<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> (REYES, BARROSO Y CARVAJAL. Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. 2010)

<sup>20</sup> (MONSALVE. Hidrología en la Ingeniería. 2008)

$$K_s = \frac{L_t}{L_l}$$

Cauces con índice de sinuosidad mayores a 1.5 son considerados corrientes meandriformes, los cuales tienden a presentar pendientes suaves y mayor tiempo de tránsito hidrológico.

- **Factor de forma (f)**

Este parámetro adimensional mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, si tiende hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente. Un valor de F superior a la unidad dará el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto, por consiguiente, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas<sup>23</sup>.

$$F = \frac{A}{L_t^2}$$

- **Altura del cauce principal (H<sub>CAUCE</sub>)**

Se calcula como la altura promedio de los tramos característicos utilizados en la construcción del perfil longitudinal del cauce principal. Para las corrientes con muchos cambios de altura en el recorrido del cauce principal se calcula el pendiente promedio ponderada con base en las frecuencias relativas producto de la agrupación en clases (usualmente entre 8 a 12 clases) de los valores de altura tomados en los tramos característicos

$$H_{cauce} = H_1f_1 + H_2f_2 + \dots + H_n f_n$$

- **Pendiente media de la cuenca.**

La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce. Se calcula como la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante.

$$Scuena = 100 \frac{\sum L_i * E}{A}$$

Donde:

Scuena= pendiente media de la cuenca

L<sub>i</sub>= Longitud de cada una de las curvas de nivel (km)

E= Equidistancia de las curvas

<sup>23</sup>(REYES, BARROSO Y CARVAJAL. Guía básica para la caracterización morfométricas de cuencas hidrográficas. 2010)

- **Pendiente Media del cauce principal**

En general, la pendiente de un tramo de río se considera como el desnivel entre los extremos del tramo, dividido por la longitud horizontal de dicho tramo.

$$S = \frac{DA}{L}$$

- **Curva hipsométrica**

La curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km<sup>2</sup> o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros.<sup>21</sup>

### 1.7.2.2 Caracterización climática

La variabilidad del sistema climático se usa para denotar las desviaciones de las estadísticas en el clima a través de un período de tiempo, para ello se debe comparar dicho periodo con estadísticas más antiguas del mismo periodo calendario. Para lo cual se requieren los datos de estaciones hidrometeorológicas cercanas al área de estudio como:

- precipitación total
- Temperatura
- Evaporación
- Humedad relativa
- Brillo solar
- Velocidad y dirección del viento.

### ANÁLISIS DE ESTACIONES ISOYETAS

La cuantificación de la lluvia en una cuenca hidrográfica para un intervalo de tiempo específico es muy importante para determinar el balance hídrico de dicha cuenca.

---

<sup>21</sup> (VILLEGAS. Análisis Morfológico de una Cuenca. 2013)

El método de isoyetas es el método más preciso. Se utilizan curvas de igual precipitación. El trazado de esas curvas es semejante al de las curvas de nivel, en donde la altura de agua precipitada substituye la cota del terreno<sup>22</sup>.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde:

n: Numero de curvas de igual precipitación.

P<sub>i</sub>: Precipitación correspondiente a la curva de igual precipitación i.

P<sub>i+1</sub>: Precipitación correspondiente a la curva de igual precipitación i + 1. A<sub>i</sub>,

A<sub>i+1</sub>: Área entre las curvas de igual precipitación i e i+1

### 1.7.2.3 Estimación de caudales

- **Caudales máximos**

Para realizar la obtención de los hidrogramas con base a los registros históricos de las precipitaciones obtenidas de la estación Pluviométrica a partir de precipitaciones, se implementó el modelo de lluvia-escorrentía desarrollado por el National Resource Conservation Service del USDA (United States Department of Agriculture)

- **Caudales medios**

Cuando no se tienen registros de caudales instrumentados se deberá recurrir a métodos que utilicen otras variables climatológicas e hidrológicas para estimar los caudales dentro de la zona. EL más exacto es realizar un balance hídrico en que se tenga en cuenta todas las variables hidrológicas y climatológicas de la zona. Este balance hidráulico se puede simplificar de la siguiente forma:

$$Q_{Qmed} = \sum(P - E)A$$

Donde,

P: precipitación

E: Evapotranspiración

A: Área

---

<sup>22</sup> (MONSALVE. Hidrología en la Ingeniería. 2008)

- **Caudales mínimos**

Es el punto en el cual los retiros adicionales causarían daño significativo a los recursos hídricos y ecológicos del área de estudio (Vanarman 2005).

## **1.8 MARCO LEGAL**

### **1.8.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE 1991**

- **Artículo 49.** La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud. Corresponde al Estado organizar, dirigir y reglamentar la prestación de servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad. También, establecer las políticas para la prestación de servicios de salud por entidades privadas, y ejercer su vigilancia y control. Así mismo, establecer las competencias de la Nación, las entidades territoriales y los particulares, y determinar los aportes a su cargo en los términos y condiciones señalados en la ley. Los servicios de salud se organizarán en forma descentralizada, por niveles de atención y con participación de la comunidad. La ley señalará los términos en los cuales la atención básica para todos los habitantes será gratuita y obligatoria. Toda persona tiene el deber de procurar el cuidado integral de su salud y la de su comunidad.
- **Artículo 366.** El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación<sup>23</sup>.

### **1.8.2 RECURSOS HIDRICOS**

- **Resolución 0330 de 2017.** Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico –**RAS**. por medio de la cual se reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio 2017)

---

<sup>23</sup> (Asamblea Nacional Constituyente 1991)

- **Decreto 1575 de 2007.** Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, excepto agua envasada<sup>24</sup>.
- **Resolución 2115 de 2007.** Por medio del cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- **Decreto 3930 de 2010.** Por medio del cual establecen las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.
- **DECRETO 1898 de 2016.** Por el cual se definen esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, y para el aprovisionamiento de agua para consumo humano y doméstico y de saneamiento básico en zonas rurales del territorio nacional, en armonía con las disposiciones de ordenamiento territorial aplicables al suelo rural, acorde con lo dispuesto en los artículos 14 y 33 de la Ley 388 de 1997 o aquellas disposiciones de ordenamiento del suelo rural que las modifiquen, adicionen o sustituyan<sup>25</sup>.

## 1.9 OBJETIVOS

### 2.9.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar una propuesta de optimización del sistema de acueducto veredal ASUARCOPSA para garantizar suministro de agua tanto en calidad, cantidad y continuidad del servicio.

### 2.9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la demanda de usuarios.
- Identificar y evaluar la fuente hídrica.
- Realizar diagnóstico hidráulico de las estructuras existentes.
- Presentar propuesta de mejoramiento.

---

<sup>24</sup> (MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL 2007)

<sup>25</sup> (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio 2016)

## **1.10 ALCANCE Y LIMITACIONES**

### **1.10.1 ALCANCE**

Con el proyecto se realizó la entrega del estudio hidrológico, diagnóstico actual del acueducto ASUARCOPSA, bocatoma, desarenador y tubería de aducción elementos de la planta de tratamiento de agua potable, detectar las posibles fallas en la infraestructura mediante inspecciones visuales y pruebas técnicas. Cumplir los objetivos propuestos para la optimización del acueducto contribuyendo al buen funcionamiento, cumplir la normatividad vigente y satisfacer las necesidades de los habitantes tanto en calidad, cantidad y disponibilidad del servicio.

### **1.10.2 LIMITACIONES**

Este proyecto estuvo limitado por el tiempo estimado para cumplir con los objetivos propuestos aproximadamente cuatro (4) meses del primer semestre del año 2019. Por otra parte, también se tuvieron en cuenta los recursos disponibles por el acueducto para el desarrollo la propuesta de mejoramiento y/o optimización, otro aspecto limitante fue el interés y los recursos que se tengan para la implementación de las propuestas de mejoramiento para el acueducto planteadas en este documento por parte de los representantes de la organización y demás entidades estatales implicadas.

## 2. METODOLOGÍA

En el proyecto se realizó un estudio poblacional e hidrológico de la zona afectada, se desarrolló un análisis a fondo de las estructuras existentes en el sistema de acueducto, de esta manera se identificaron los problemas y fallas presentes en el sistema, además de los problemas expuestos en el presente documento, presentando un plan de mejoramiento, garantizando calidad y disponibilidad del recurso hídrico el cual se desarrollado mediante las siguientes fases las cuales están orientadas a cumplir con los objetivos propuestos.

### 2.1. FASE 1: Investigación y primera visita.

- Búsqueda de información actual de la problemática de calidad del agua en el acueducto veredal objeto de estudio, de diferentes fuentes de información como bases de datos, visitas de campo, entrevistas a los encargados del acueducto y planos.

### 2.2. FASE 2: Recolección de información.

- Recolección de información de la población por medio del DANE, la alcaldía y la base de datos de suscriptores del acueducto para realizar proyección de población y demanda de agua.
- Se solicitaron datos a la entidad competente (IDEAM O CAR) de las estaciones limnimétricas o limnigráficas e hidrometeorológicas para el cauce de estudio (quebrada campos) para la obtención de la curva de duración de caudales para el sitio de captación y la distribución temporal de caudales a lo largo del año. En los casos donde no se cuenta con datos de estaciones, se realizó la modelación hidrológica, siguiendo protocolos de modelación para el caso.

### 2.3. FASE 3: Estudio y Análisis Hidrológico.

- Descripción del área de estudio y delimitación de la cuenca hidrográfica para la representación digital de la topografía del terreno.
- Realización de cálculos para la obtención de parámetros morfométricos y del tiempo de concentración como:
  - Área de la cuenca- área aferente.
  - Perímetro o longitud de la cuenca
  - Longitud del cauce principal.
  - Ancho medio de la cuenca.

- Factor de forma
- Coeficiente de compacidad
- Altura del cauce principal.
- Pendiente del cauce principal.
- Curva hipsométrica.
- Caracterización climática con la información recopilada de las estaciones:
  - Precipitación total. ○ Temperatura. ○ Evaporación.
  - Humedad relativa. ○ Brillo solar.
  - Velocidad y dirección del viento
- Análisis hidrológico
  - Complementar datos faltantes de estaciones
  - Isoyetas
  - Estimación de caudales
  - Caudales máximos.
  - Caudales medios.
  - Caudales mínimos.

#### **2.4. FASE 4. Segunda. Visita Análisis estructuras existentes acueducto actual.**

- Se inspeccionó las instalaciones del acueducto, toma de muestras de laboratorio para determinar calidad de agua y verificación de funcionamiento hidráulico actual del sistema según las proyecciones de demanda de agua y la normatividad reglamentaria vigente.

Se realizará de la siguiente manera

- Descripción topográfica de la zona.
- visita a la fuente hídrica actual
- Caudal concesionado para el sistema.
- Determinación del tipo de captación
- Características del sistema de aducción
- Dimensiones del desarenador
- Características del sistema de conducción
- Estado estructural de las obras
- Identificación de problemas y fallas existentes.

Se recopilaron todas las falencias que presento el acueducto a tener en cuenta en la propuesta de mejoramiento del acueducto.

## **2.5. FASE 5 Propuesta de mejoramiento.**

- Se realizó análisis de datos y resultados obtenidos, para la evaluación del sistema. Se realiza la propuesta de mejoramiento siguiendo la normatividad actual vigente (Resolución 0330), para rediseñar las estructuras hidráulicas que lo requieran; de tal manera que cumplan con los parámetros hidráulicos requeridos y demás factores como calidad de agua y economía.

## **2.6. FASE 6 Documentación final, visita final y entrega de documentos:**

- propuesta de mejoramiento.
- planos, memorias de cálculo.
- registro fotográfico.
- trabajo de grado.

### 3. DIAGNÓSTICO Y PROYECCIÓN DE DEMANDA DE USUARIOS

#### 3.1 DATOS CENSOS

Para la caracterización poblacional de la zona de estudio se recopiló información histórica poblacional oficial del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), correspondiente al municipio de Anapoima Cundinamarca. A continuación, se presenta organizada la información recopilada en la tabla 6.

*Tabla 6. Población histórica de Anapoima*

POBLACION ANAPOIMA					
año	URBANA	%	RURAL	%	TOTAL
1951	871	14,08	5314	85,92	6185
1965	983	14,31	5885	85,69	6868
1985	1900	23,50	6184	76,50	8084
1993	3462	41,87	4807	58,13	8269
2005	4804	42,37	6533	57,63	11337

Fuente. Autores

#### 3.2 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y DEMANDA

Para realizar la proyección de la población del municipio Anapoima, se han empleado los métodos de cálculo aritmético, geométrico y exponencial para un período de diseño de 25 años reportados en la tabla 8, según lo establece el artículo 40 de la resolución 0330 de 2017.

*Tabla 7. Tabla proyección de población Anapoima.*

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN					
	Proyección	Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio
1	2019	13526	14381	16383	14763
2	2020	13682	14631	16819	15044
3	2021	13839	14887	17267	15331
4	2022	13995	15147	17727	15623
5	2023	14152	15412	18200	15921
6	2024	14308	15683	18685	16225
7	2025	14464	15959	19183	16535
8	2026	14621	16241	19694	16852
9	2027	14777	16528	20218	17174

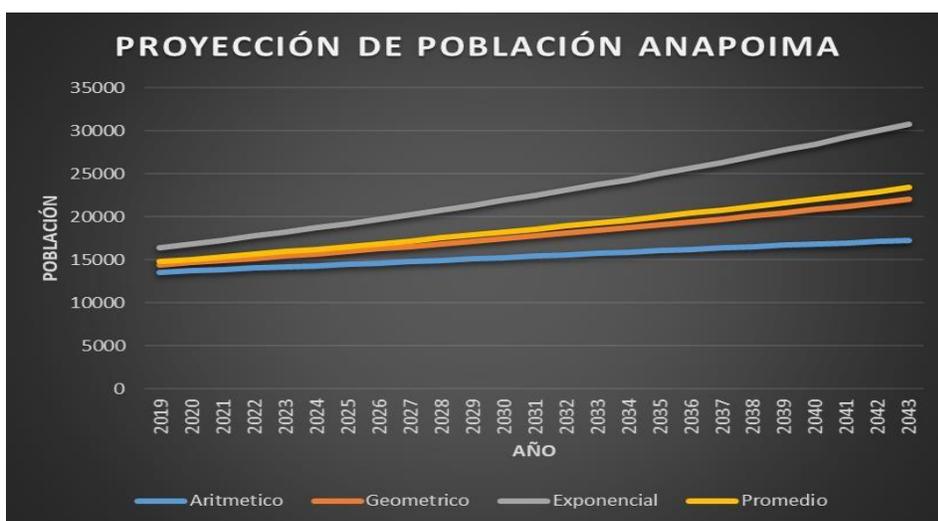
Tabla 7. (continuación)

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN					
	Proyección	Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio
10	2028	14933	16821	20757	17504
11	2029	15090	17119	21310	17840
12	2030	15246	17424	21878	18183
13	2031	15402	17735	22461	18533
14	2032	15559	18052	23059	18890
15	2033	15715	18375	23674	19255
16	2034	15872	18705	24305	19627
17	2035	16028	19041	24952	20007
18	2036	16184	19385	25617	20395
19	2037	16341	19735	26300	20792
20	2038	16497	20092	27001	21197
21	2039	16653	20457	27720	21610
22	2040	16810	20829	28459	22032
23	2041	16966	21209	29217	22464
24	2042	17122	21596	29995	22905
25	2043	17279	21992	30795	23355
26	2044	17435	22395	31615	23815

Fuente. Autores

En la ilustración 7. Se presenta de manera gráfica la estimación de población de Anapoima con métodos propuestos anteriormente.

Ilustración. 7 Grafica de proyección



Fuente. Autores

### 3.3. CÁLCULOS DE DOTACIÓN ACUEDUCTO ASURCOPSA

Con los valores de proyección promedio calculados anteriormente se realiza la estimación de población para el acueducto ASUARCOPSA presentado en la tabla 8, tomando como referencia que para el año 2019 el acueducto cuenta con 570 suscriptores, con un promedio de 5 personas por punto de agua para una población de 2850 personas, equivalente al 19,3 % del total de la población de Anapoima.

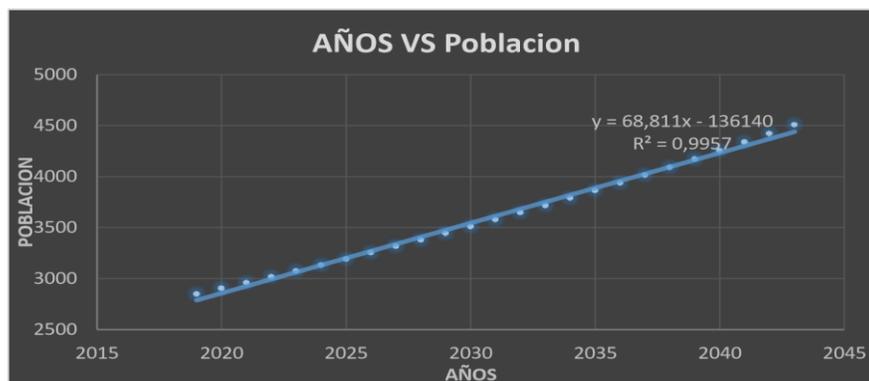
*Tabla 8. Tabla proyección de población acueducto ASUARCOPSA*

<b>Año</b>	<b>Población Asuarcopsa</b>
2019	2850
2020	2904
2021	2960
2022	3016
2023	3074
2024	3132
2025	3192
2026	3253
2027	3315
2028	3379
2029	3444
2030	3510
2031	3578
2032	3647
2033	3717
2034	3789
2035	3862
2036	3937
2037	4014
2038	4092
2039	4172
2040	4253
2041	4337
2042	4422
2043	4509
2044	4597

Fuente. Autores

En la ilustración 8. Se presenta de manera gráfica la estimación de población para el acueducto ASUARCOPSA.

Ilustración. 8 Figura proyección de población acueducto ASUARCOPSA



Fuente. Autores

### 3.3.1. DOTACIÓN

En la tabla 9, se presenta la proyección de dotación de la población del acueducto asuarcopsa teniendo en cuenta como base una dotación de 140 L/habx día.

Tabla 9. Tabla proyección de dotación acueducto ASUARCOPSA

Año	Población	% incremento población	% incremento demanda	Neto (L/HAB*DIA)	% Perdidas	Q(L/HAB*Día) Bruto	Aproximado Q(L/HAB*Día)	Q medio diario (Qmd)(L/S)	Q max diario (QMD)(L/s)	Q max horario (QMH)(L/s)
2019	2850	1,904	0,190	140,00	0,25	186,67	187	6,16	6,94	9,02
2020	2904	1,905	0,191	140,27	0,25	187,02	187	6,29	7,09	9,21
2021	2960	1,906	0,191	140,27	0,24	184,56	185	6,32	7,13	9,26
2022	3016	1,908	0,191	140,27	0,24	184,56	185	6,44	7,26	9,44
2023	3074	1,909	0,191	140,27	0,23	182,17	182	6,48	7,30	9,50
2024	3132	1,911	0,191	140,27	0,23	182,17	182	6,60	7,44	9,68
2025	3192	1,913	0,191	140,27	0,22	179,83	180	6,64	7,49	9,73
2026	3253	1,915	0,192	140,27	0,22	179,83	180	6,77	7,63	9,92
2027	3315	1,917	0,192	140,27	0,21	177,55	178	6,81	7,68	9,98
2028	3379	1,920	0,192	140,27	0,21	177,56	178	6,94	7,83	10,17
2029	3444	1,922	0,192	140,27	0,2	175,34	175	6,99	7,88	10,24
2030	3510	1,925	0,192	140,27	0,2	175,34	175	7,12	8,03	10,44
2031	3578	1,928	0,193	140,27	0,19	173,17	173	7,17	8,08	10,51
2032	3647	1,931	0,193	140,27	0,19	173,17	173	7,31	8,24	10,71
2033	3717	1,934	0,193	140,27	0,18	171,06	171	7,36	8,29	10,78
2034	3789	1,937	0,194	140,27	0,18	171,06	171	7,50	8,46	10,99
2035	3862	1,940	0,194	140,27	0,17	169,00	169	7,55	8,52	11,07
2036	3937	1,944	0,194	140,27	0,16	166,99	167	7,61	8,58	11,15
2037	4014	1,947	0,195	140,27	0,15	165,03	165	7,67	8,64	11,23
2038	4092	1,951	0,195	140,27	0,14	163,11	163	7,72	8,71	11,32
2039	4172	1,954	0,195	140,27	0,13	161,23	161	7,79	8,77	11,41
2040	4253	1,958	0,196	140,27	0,13	161,23	161	7,94	8,95	11,63
2041	4337	1,962	0,196	140,27	0,13	161,24	161	8,09	9,12	11,86
2042	4422	1,966	0,197	140,28	0,12	159,40	159	8,16	9,19	11,95
2043	4509	1,961	0,196	140,27	0,12	159,40	159	8,32	9,38	12,19

Fuente. Autores

En la tabla 10, se presenta los caudales del presente año, los valores de los factores k1 y k2; que se emplearon para la proyección de dotación para el año 2043.

Tabla 10. Tabla de dotación acueducto ASUARCOPSA.

<b>CAUDALES MACRO MEDICIÓN 2019</b>		
<b>Caudales</b>		
<b>QmD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMH</b>
L/s	L/s	L/s
6,94	7,19	9,97

<b>FACTORES</b>		
<b>K1</b>	<b>K2</b>	
1,13	1,39	no Deben superar 1.3
	1,3	<b>SE TOMA</b>

<b>CAUDALES PROYECTADOS AÑO 2043</b>		
<b>Caudales</b>		
<b>QmD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMH</b>
L/s	L/s	L/s
8,32	9,38	12,19

Fuente. Autores

## 4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA

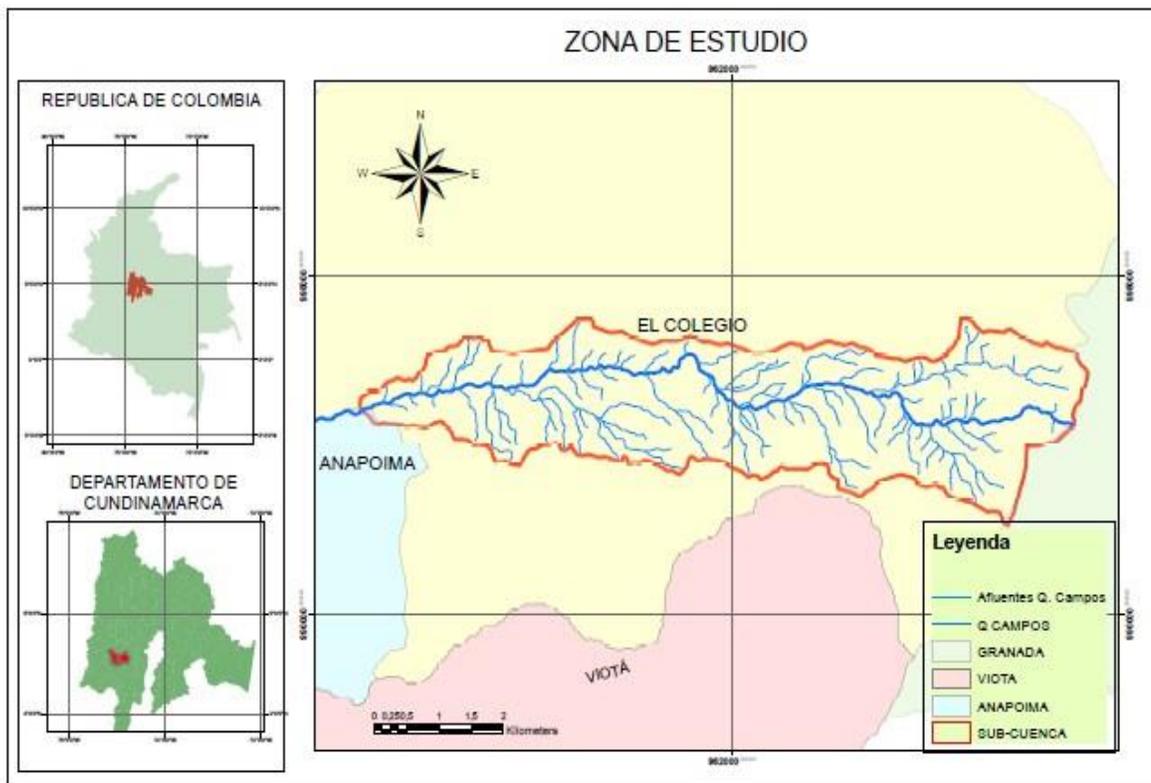
### 4.1. ÁREA DE ESTUDIO

La subcuenca del acueducto ASUARCOPSA se encuentra en la parte alta de la quebrada La Campos o Campuna cuya corriente es afluente del Río Calandaima, que a su vez forma parte de la gran cuenca del Río Bogotá. La mayor parte de la subcuenca está ubicada en el municipio del Colegio, donde se encuentra la cabecera de la cuenca en la parte oriental sobre la cota 2800 msnm (cerro pan de azúcar) y la parte baja se encuentra en el municipio de Anapoima sobre la cota 1060 msnm (bocatoma).

El área total de la subcuenca es de 19,05 km<sup>2</sup> y el cauce principal quebrada La Campos tiene una longitud de 12,99 km. Tiene como principal tributario la quebrada la Tribuna (3.5 km).

En la ilustración 9, se presenta la ubicación espacial de la zona de estudio y la delimitación de la cuenca.

*Ilustración. 9 Zona de estudio*



Fuente. Autores

## 4.2. MORFOMETRÍA

### 4.2.1 Cuenca hidrográfica

#### 4.2.1.1. Delimitación de la cuenca

Para la zona de estudio se delimito la cuenca dependiendo del punto de estudio, en este caso la bocatoma. Teniendo en cuenta lo anterior las cuencas se llamaron de acuerdo al nombre del acueducto regional. En el [Anexo 4. cartografías SIG. Mapas](#), se puede observar el mapa donde se delimitan cada una de las cuencas analizadas.

#### 4.2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

En la tabla 11 se presenta un resumen de las características morfométricas de la cuenca.

Tabla 11. Tabla de características morfométricas de la cuenca

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA				
1. ÁREA Y PERÍMETRO DE DRENAJE				
PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN HIDROLOGICA
Área	A	19,05	Km2	Sector
Perímetro	P	28,46	Km	
Long. Cauce principal	Lc	12,99	Km	
L afluentes	La	60,52	Km	
L Total	L	73,51	Km	
2. FORMA DE LA CUENCA				
PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN HIDROLOGICA
Coefficiente de compacidad	Kc	1,826	--	oval redonda a oval oblonga
Ancho medio	B	1,47	Km	
Factor de forma	Kf	0,113	--	
3. SISTEMA DE DRENAJE				
PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN HIDROLOGICA
Orden de las corrientes de agua				orden 4
Densidad de drenaje	Dd	3,86	Km/Km2	cuenca excepcionalmente bien drenada
Extencion media de la escorrentia	I	0,065	Km	
Sinuosidad de la corriente	S	1,173	--	baja sinuosidad, rio con alineamiento recto

Fuente. Autores

### 5.2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE DE LA CUENCA

- Pendiente media de la cuenca

En la tabla 13, se presenta la información obtenida del software Arcgis para la obtención de la pendiente media de la cuenca.

Tabla 12. Tabla pendiente media de la cuenca.

Nº	RANGO PENDIENTE		PROMEDIO	NÚMERO DE OCURRENCIA	PROMEDIO x OCURRENCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
1	0	5	2,5	76320	190800
2	5	12	8,5	79898	679133
3	12	18	15,0	16788	251820
4	18	24	21,0	7664	160944
5	24	32	28,0	3346	93688
6	32	44	38,0	4512	171456
7	44	100	72,0	1992	143424
				190520	1691265

**Pendiente media de la Cuenca:**

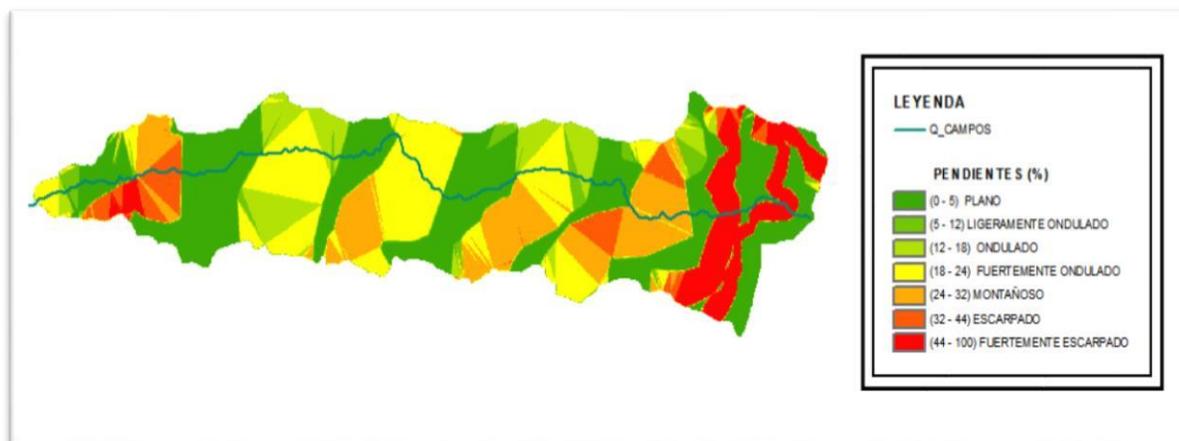
**8,88**

**%**

Fuente. Autores

En la ilustración 10, se presenta de manera gráfica las pendientes presentes en la cuenca de estudio.

Ilustración. 10 Pendiente media de la cuenca

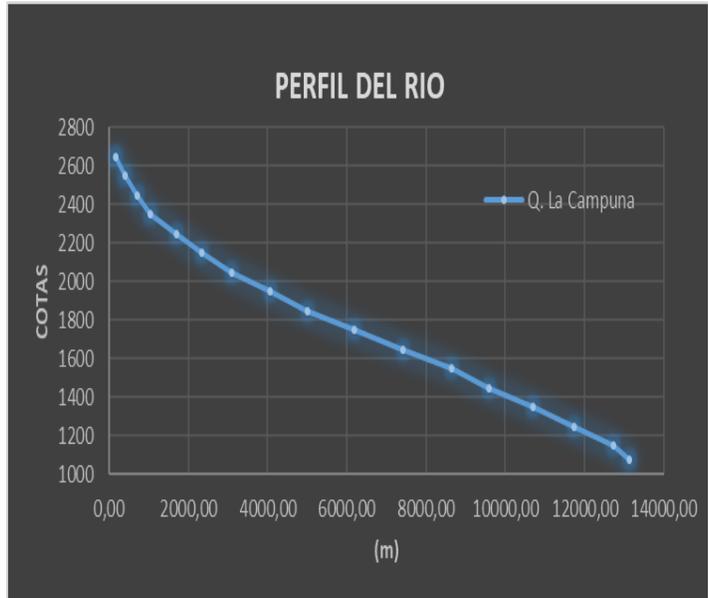


Fuente. Autores

- PERFIL DEL RIO

Tabla 13. Perfil quebrada Campos

Distancia acumulada (m)	COTA (m.s.n.m.)
154,53	2650
399,42	2550
707,28	2450
1045,84	2350
1707,34	2250
2330,85	2150
3100,51	2050
4057,88	1950
5004,51	1850
6182,67	1750
7416,09	1650
8649,60	1550
9585,57	1450
10688,24	1350
11729,75	1250
12728,55	1150
13124,82	1080



Fuente. Autores



Tabla 15. Curva hipsométrica.

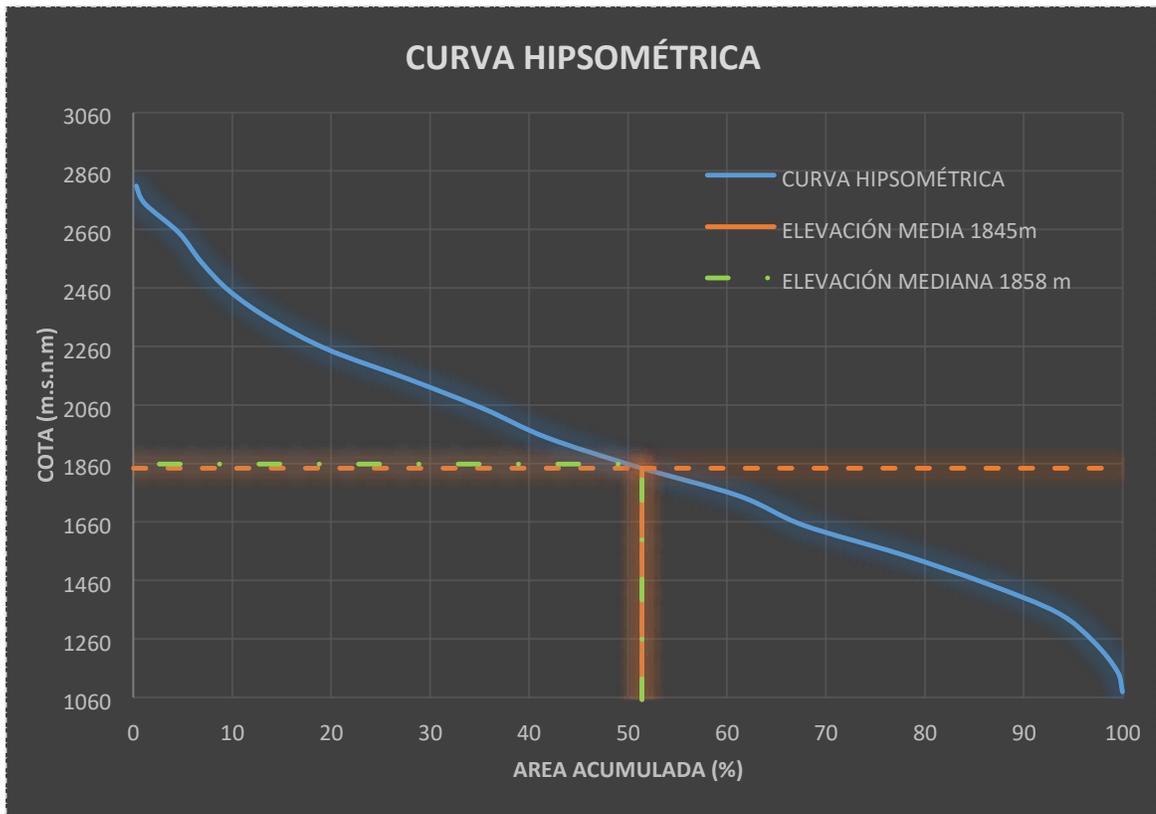
COTAS INTERVALO DE CLASE	ELEVACION MEDIA	ÁREA	ÁREA	ÁREA ACUMULADA	PORCENTAGE DE ÁREA	PORCENTAGE DE ÁREA ACUMULADO	ELEVACION MEDIA X ÁREA
(msnm)	(msnm)	(m <sup>2</sup> )	(Km <sup>2</sup> )	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(%)	(m*Km <sup>2</sup> )
2820 - 2800	2810	55871,32	0,056	0,056	0,293277439	0,293	156,998
2800 - 2700	2750	161392,53	0,161	0,217	0,847175041	1,140	443,829
2700 - 2600	2650	659031,72	0,659	0,876	3,459362241	4,600	1746,434
2600 - 2500	2550	430278,93	0,430	1,307	2,25860249	6,858	1097,211
2500 - 2400	2450	547252,51	0,547	1,854	2,872615402	9,731	1340,769
2400 - 2300	2350	813791,3	0,814	2,668	4,271719874	14,003	1912,410
2300 - 2200	2250	1086143,66	1,086	3,754	5,701340697	19,704	2443,823
2200 - 2100	2150	1537455,14	1,537	5,291	8,070346385	27,774	3305,529
2100 - 2000	2050	1431583,99	1,432	6,723	7,514611892	35,289	2934,747
2000 - 1900	1950	1234056,16	1,234	7,957	6,477756918	41,767	2406,410
1900 - 1800	1850	1739640,87	1,740	9,696	9,131651416	50,898	3218,336
1800 - 1700	1750	1967998,2	1,968	11,664	10,33033534	61,229	3443,997
1700 - 1600	1650	1239991,8	1,240	12,904	6,508914036	67,738	2045,986
1600 - 1500	1550	1889528,35	1,890	14,794	9,918434621	77,656	2928,769
1500 - 1400	1450	1641506,3	1,642	16,436	8,616527461	86,273	2380,184
1400 - 1300	1350	1371044,84	1,371	17,807	7,196832272	93,470	1850,911
1300 - 1200	1250	696536,78	0,697	18,503	3,656232262	97,126	870,671
1200 - 1100	1150	448168,13	0,448	18,951	2,352505744	99,478	515,393
1100 - 1060	1080	99398,49	0,099	19,051	0,521758472	100,000	107,350
		Σ	19,051			Σ	35149,757

	m.s.n.m	%
elevación media	1845,07	51,408
elevación mediana	1858,52	50

Fuente. Autores

En la ilustración 11. Se presenta de manera gráfica la curva hipsométrica, además la elevación media y mediana con cotas de 1645 y 1858 m.s.n.m. respectivamente.

Ilustración. 11 Curva hipsométrica



Fuente. Autores

• **RECTÁNGULO EQUIVALENTE**

Lado Mayor 
$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Lado Menor 
$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Donde:

- $K =$  Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelious
- $A =$  Área de la cuenca en  $\text{Km}^2$

En la tabla 17, se presentan las longitudes de rectángulo equivalente para la cuenca de estudio, con una longitud de 12,735 Km y un ancho de 1,496 Km.

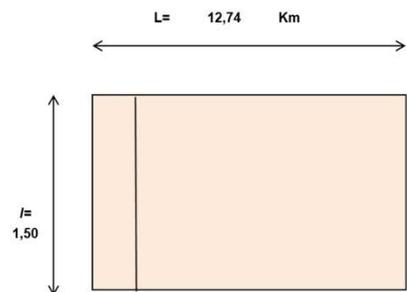
Tabla 16 Longitudes rectángulo equivalente.

Rectángulo Equivalente		
$L =$	12,735	Km
$l =$	1,496	Km

Fuente. Autores

Tabla 17. longitudes por intervalo de cotas rectángulo equivalente.

Rectángulo Equivalente				
COTAS INTERVALO DE CLASE		ÁREA ACUMULADA	LONG. ACUM, RECTANGULO EQ.	LONGITUD INTERVALO
(msnm)		(Km <sup>2</sup> )	(Km)	(Km)
2820	- 2800	0,056	0,04	0,04
2800	- 2700	0,217	0,15	0,11
2700	- 2600	0,876	0,59	0,44
2600	- 2500	1,307	0,87	0,29
2500	- 2400	1,854	1,24	0,37
2400	- 2300	2,668	1,78	0,54
2300	- 2200	3,754	2,51	0,73
2200	- 2100	5,291	3,54	1,03
2100	- 2000	6,723	4,49	0,96
2000	- 1900	7,957	5,32	0,82
1900	- 1800	9,696	6,48	1,16
1800	- 1700	11,664	7,80	1,32
1700	- 1600	12,904	8,63	0,83
1600	- 1500	14,794	9,89	1,26
1500	- 1400	16,436	10,99	1,10
1400	- 1300	17,807	11,90	0,92
1300	- 1200	18,503	12,37	0,47
1200	- 1100	18,951	12,67	0,30
1100	- 1060	19,051	12,74	0,07



Fuente. Autores

### 4.3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Para la caracterización climática del proyecto, se buscaron estaciones hidrometeorológicas en el catálogo de estaciones del IDEAM y de la CAR ubicadas alrededor de la cuenca analizada. Para el presente estudio se identificaron las estaciones presentes en la tabla 19, las cuales tienen influencia en la zona de estudio.

Tabla 18. Estaciones dentro del área de estudio.

CÓDIGO	ESTACIÓN	CORRIENTE	MUNICIPIO	ENTIDAD	TIPO
21206160	HIDROPARAISO	Bogotá	El Colegio	IDEAM	CO
2120646	MESITAS	Bogotá	El Colegio	CAR	CP
2120182	PEÑAS BLANCAS	Bogotá	El Colegio	CAR	PG
2120634	PARAÍSO PERDIDO	R. Muña	Sibate	CAR	CO
21209290	TRIUNFO EL	Q. Campos	Anapoima	CAR	LM

Fuente. Autores

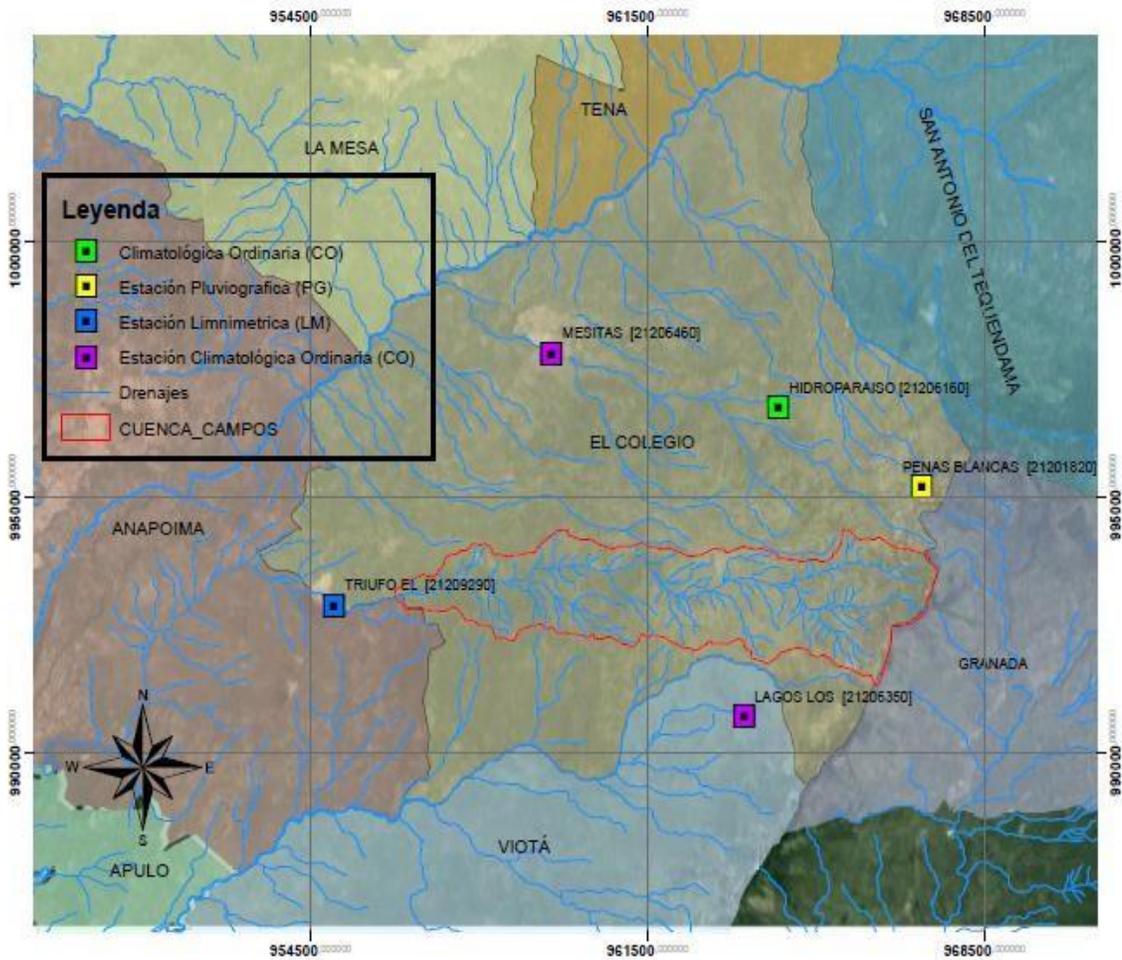
A continuación, se da una descripción detallada de los tipos de estaciones meteorológicas basada en normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial, OMM y en los criterios del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.

- **Estación Pluviométrica (PM):** Es una estación meteorológica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.
- **Estación Pluviográfica (PG):** Registra en forma mecánica y continúa la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia.
- **Estación Climatológica Principal (CP):** Es aquella en la cual se hacen observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico presente, cantidad, tipo y altura de las nubes, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad, viento, radiación solar, brillo solar, evaporación y fenómenos especiales. Gran parte de estos parámetros se obtienen de instrumentos registradores.
- **Estación Climatológica Ordinaria (CO):** Este tipo de estaciones poseen obligatoriamente un pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro. Es decir, miden lluvias y temperaturas extremas e instantáneas.

## UBICACIÓN ESTACIONES

En la ilustración 12, se puede observar la distribución espacial de las estaciones que se tendrán en cuenta para la zona de estudio.

Ilustración. 12 Distribución espacial estaciones hidrometeoro lógicas.



Fuente: Arcgis-autores

## INFORMACIÓN RECOPIADA

En la tabla 20, se presentan las variables a tener en cuenta para realizar la caracterización climática de la zona de estudio.

*Tabla 19. Cantidad Total de series por variable.*

VARIABLE	ESTACIONES
Precipitación Total mensual	4
Velocidad del viento Media mensual	1
Temperatura Media mensual	3
Evaporación Total	3
Humedad Relativa Media	3
Brillo solar total	2
Caudales	1

Fuente. Autores

En el [Anexo 2. Información Estaciones](#), se encuentra la información recopilada de cada estación.

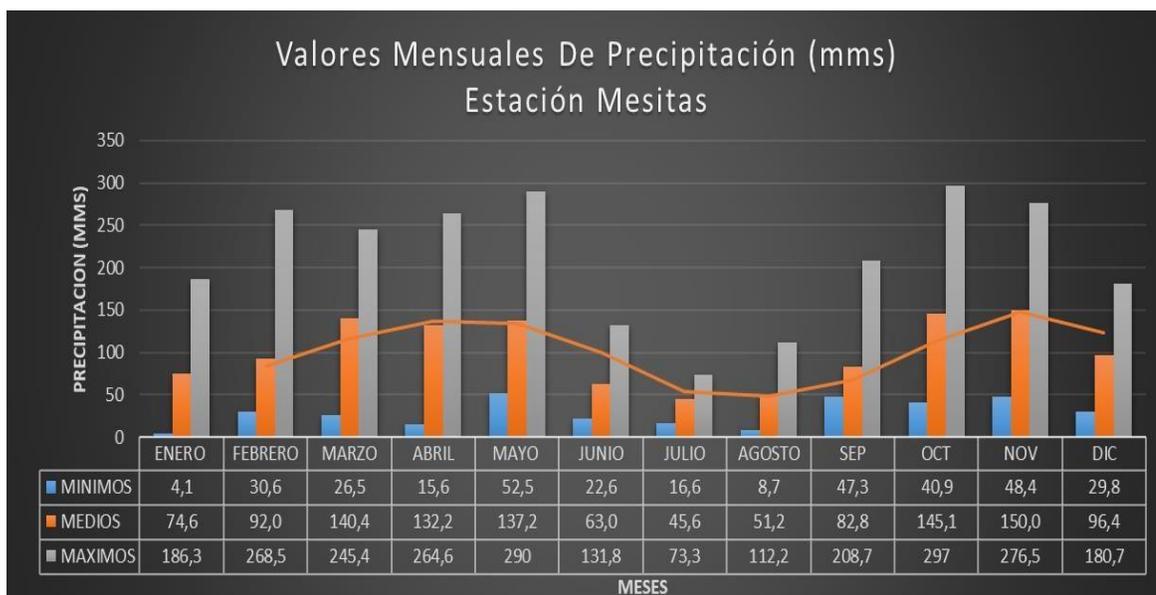
### 4.3.1. Precipitación total

La precipitación se constituye en uno de los componentes principales del ciclo hidrológico, pues es en general, la principal fuente de abastecimiento de agua para una región. Los estudios de la precipitación analizan el régimen de lluvias en la región a partir de los datos de estaciones pluviométricas y pluviográficas.

De acuerdo con los registros históricos de las estaciones se observa que la zona el clima es bimodal donde ocurre un régimen de lluvias en el primer semestre entre los meses de Marzo – Mayo y en el segundo semestre entre los meses de octubre y diciembre.

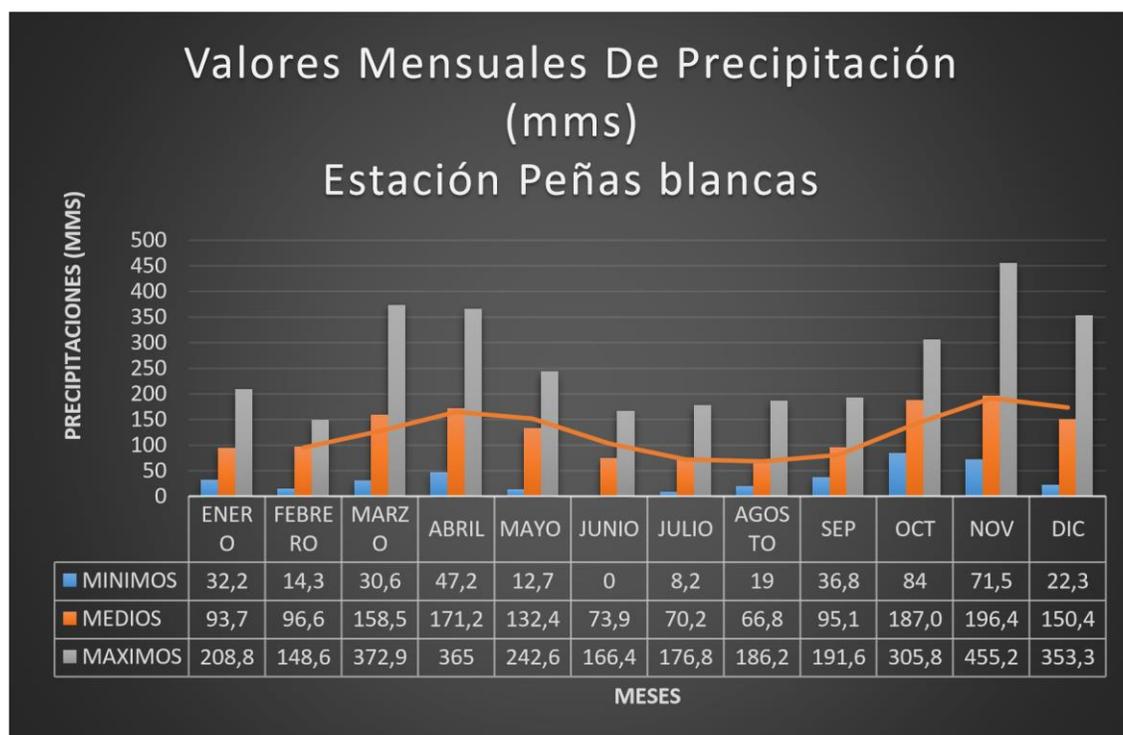
A continuación, se muestran los valores correspondientes a los valores medios, máximos y mínimos de la precipitación, para las estaciones relevantes en el área de estudio.

Ilustración. 13 Valores totales medios, máximos y mínimos mensuales de precipitación.



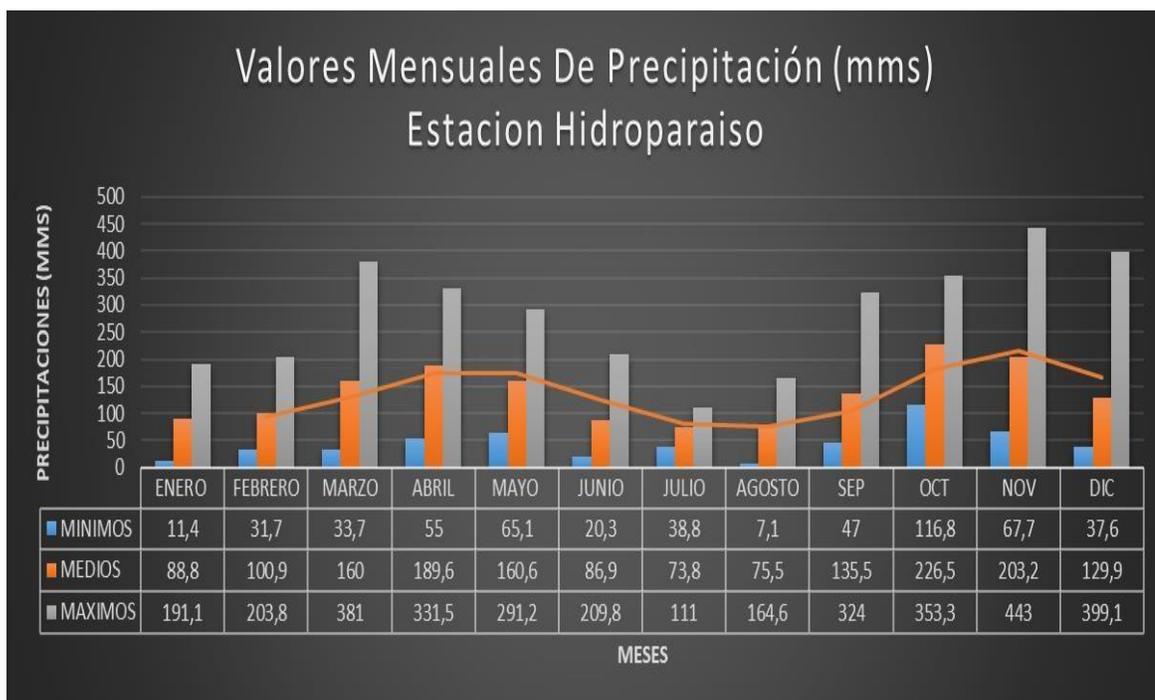
Fuentes: autores.

Ilustración. 14 Valores totales medios, máximos y mínimos mensuales de precipitación



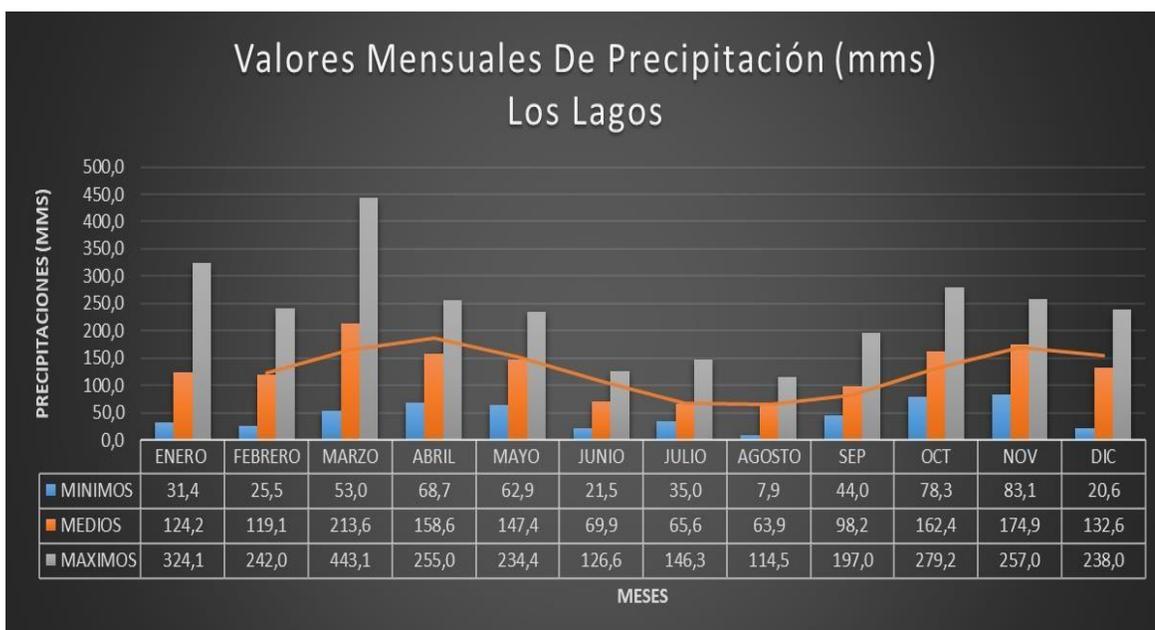
Fuente: autores

Ilustración. 15 Valores totales medios, máximos y mínimos mensuales de precipitación



Fuente: autores

Ilustración. 16 Valores totales medios, máximos y mínimos mensuales de precipitación



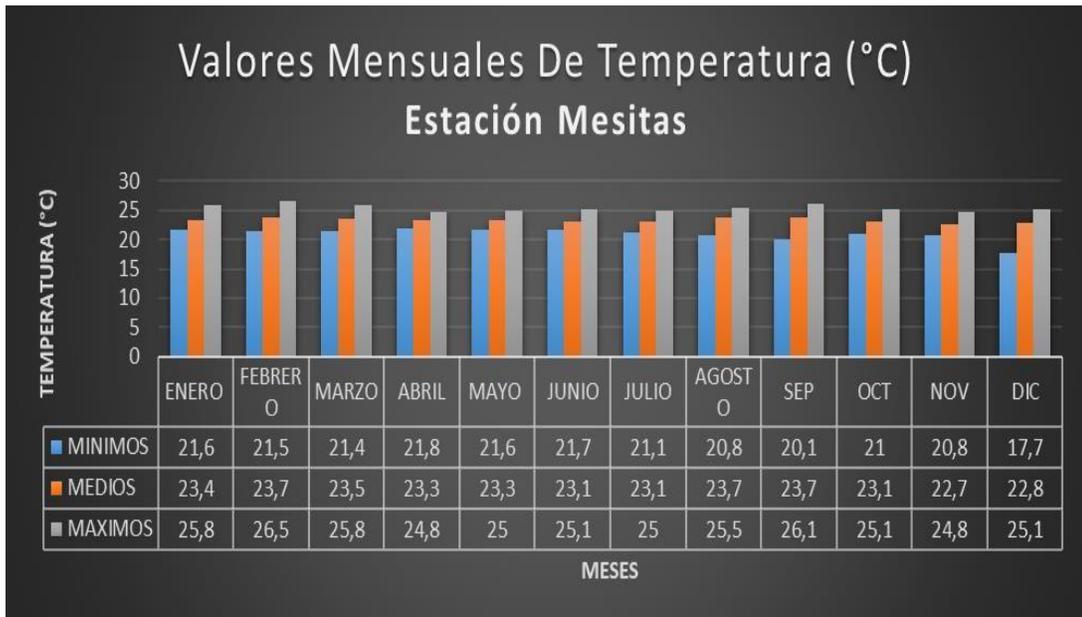
Fuente: autores

### 4.3.2 Temperatura

La temperatura máxima, media y mínima son constantes en la zona, las cuales demuestra que es una región donde un ecosistema con equilibrio. La temperatura media es de 25.4 °C

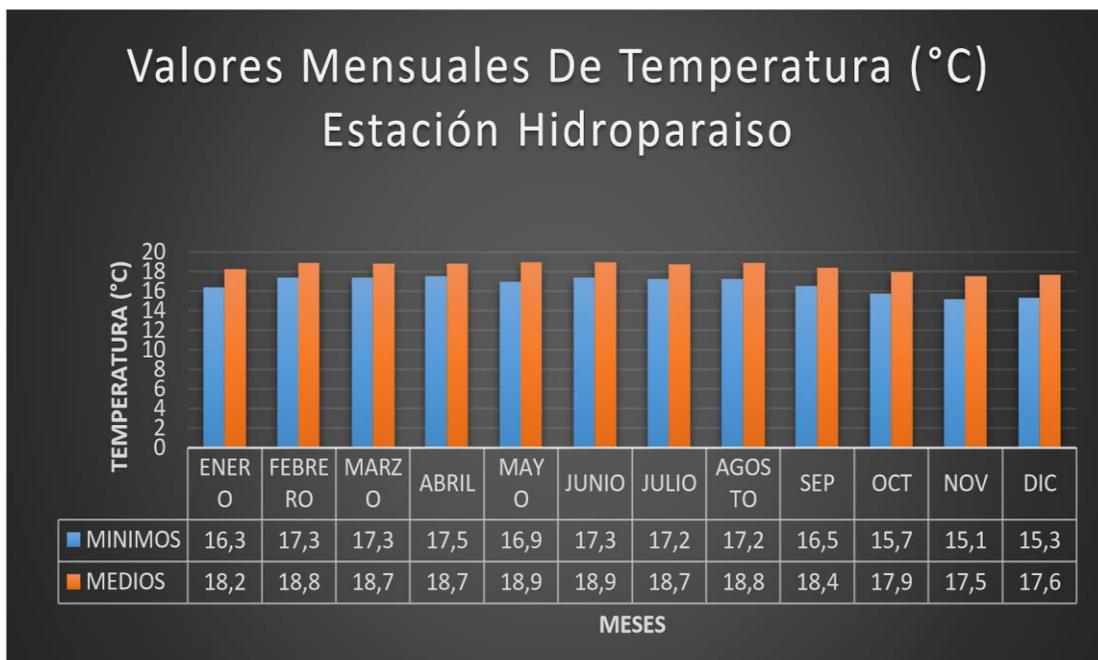
A continuación, se muestran los valores correspondientes a los valores medios, máximos y mínimos de la temperatura registrados en las estaciones encontradas en la zona de influencia del proyecto.

*Ilustración. 17 Valores de temperatura mínimos, medios y máximos mensuales.*



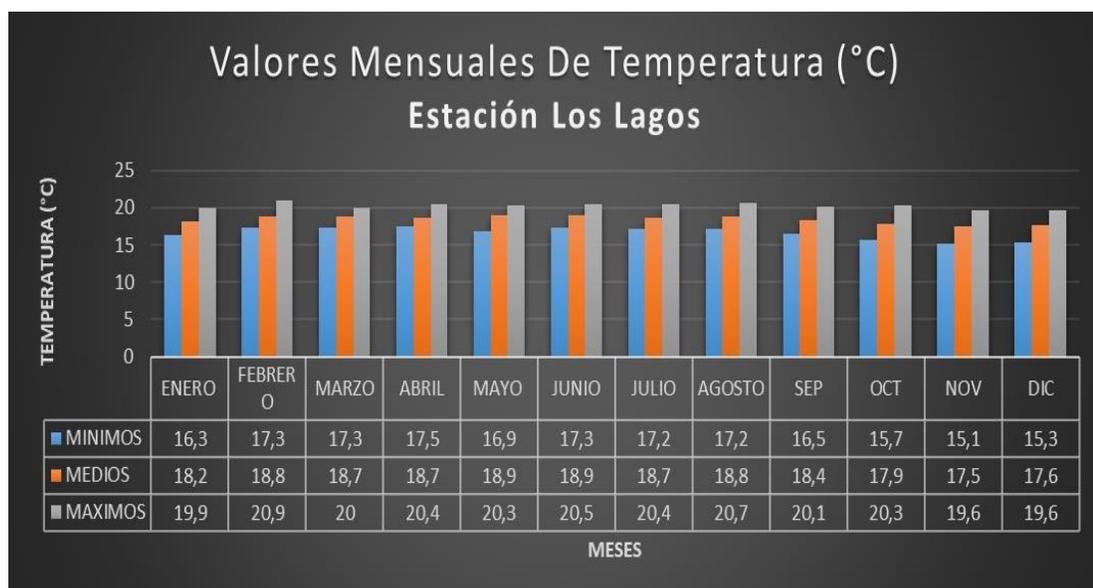
Fuente: autores

Ilustración. 18 Valores de temperatura mínimos, medios y máximos mensuales.



Fuente: autores

Ilustración. 19 Valores de temperatura mínimos, medios y máximos mensuales.



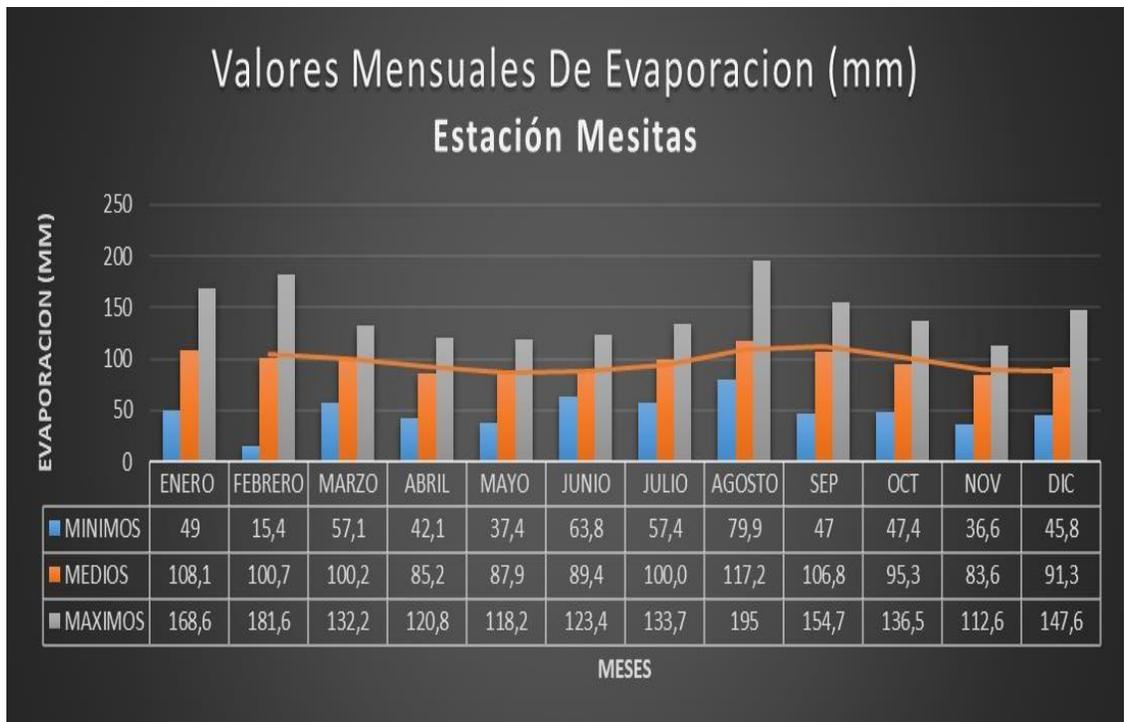
Fuente: autores

### 4.3.2.1 Evaporación

Los mayores valores de evaporación se presentan durante los meses secos, donde a su vez se presentan las temperaturas más altas y las mayores horas de brillo solar. Así los mayores valores se presentan durante el mes de febrero para la estación MESITAS donde se alcanza a registrar los 181.6 mm y en el mes de enero 168.6mm.

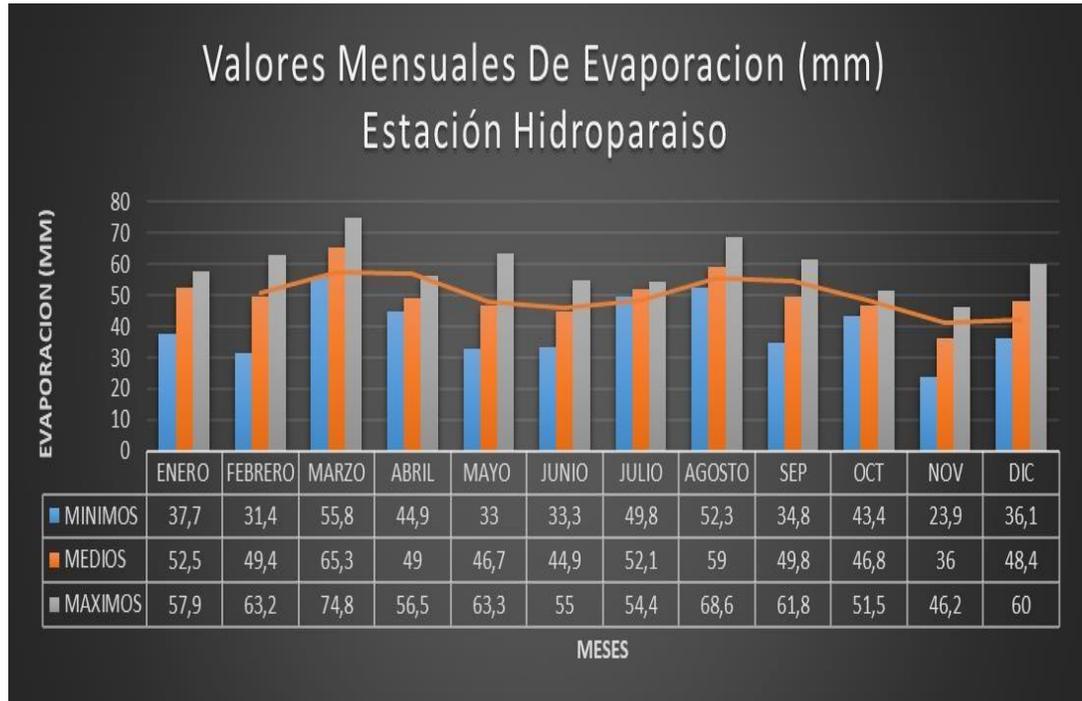
A continuación, se muestran los valores correspondientes a los valores medios, máximos y mínimos de la evaporación registrados en las estaciones localizadas en el área de influencia del proyecto.

*Ilustración. 20 Valores de evaporación mínimos, medios y máximos mensuales*



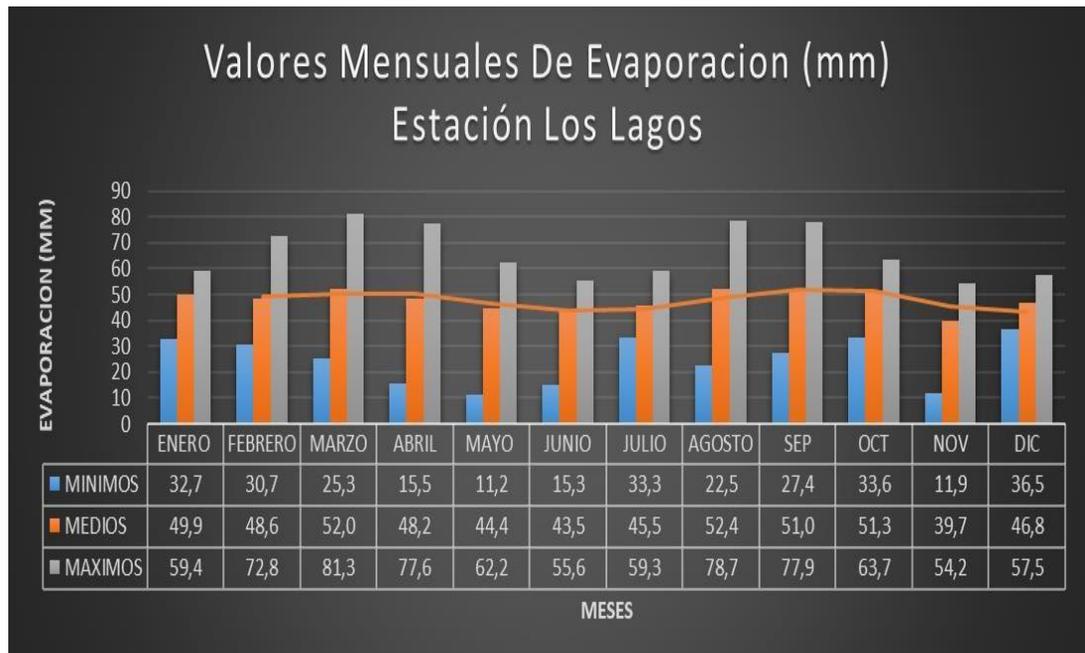
Fuente: autores

Ilustración. 21 Valores de evaporación mínimos, medios y máximos mensuales



Fuente: autores

Ilustración. 22 Valores de evaporación mínimos, medios y máximos mensuales



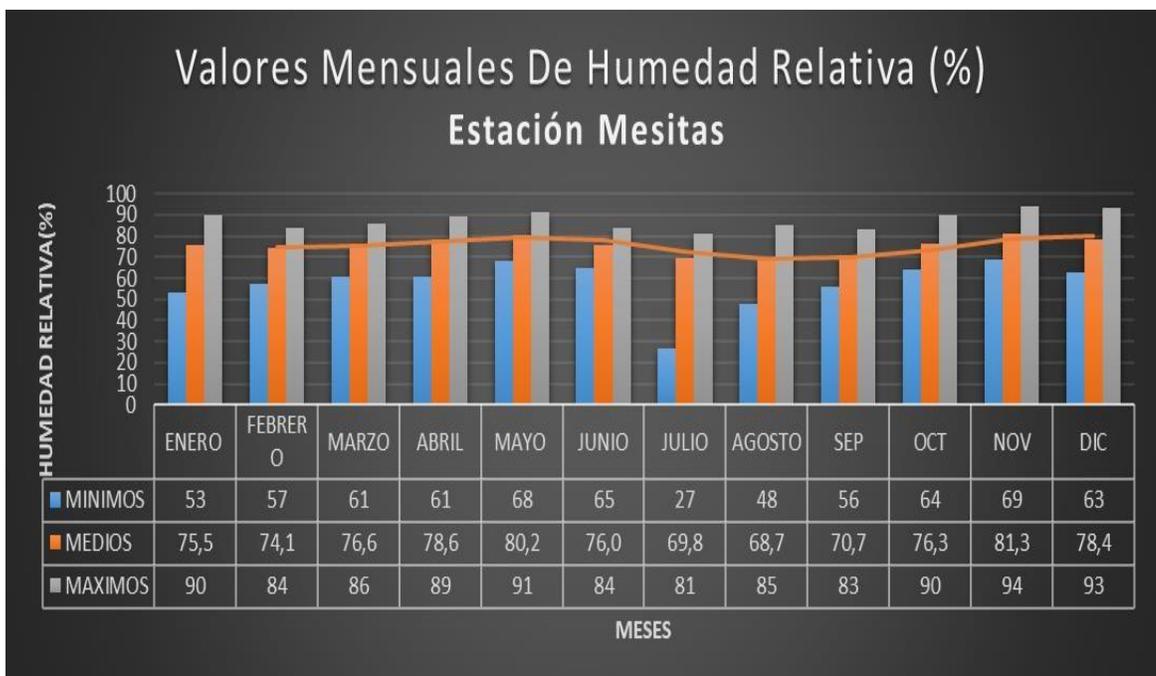
Fuente: autores

### 4.3.3. Humedad relativa

Las características topográficas y de ubicación geográfica, hacen de esta zona un lugar con unos altos valores de humedad relativa, que corresponden en su distribución, con las características generales del régimen pluviométrico local; es decir, que los valores máximos de humedad se registran en los meses de más altas precipitaciones.

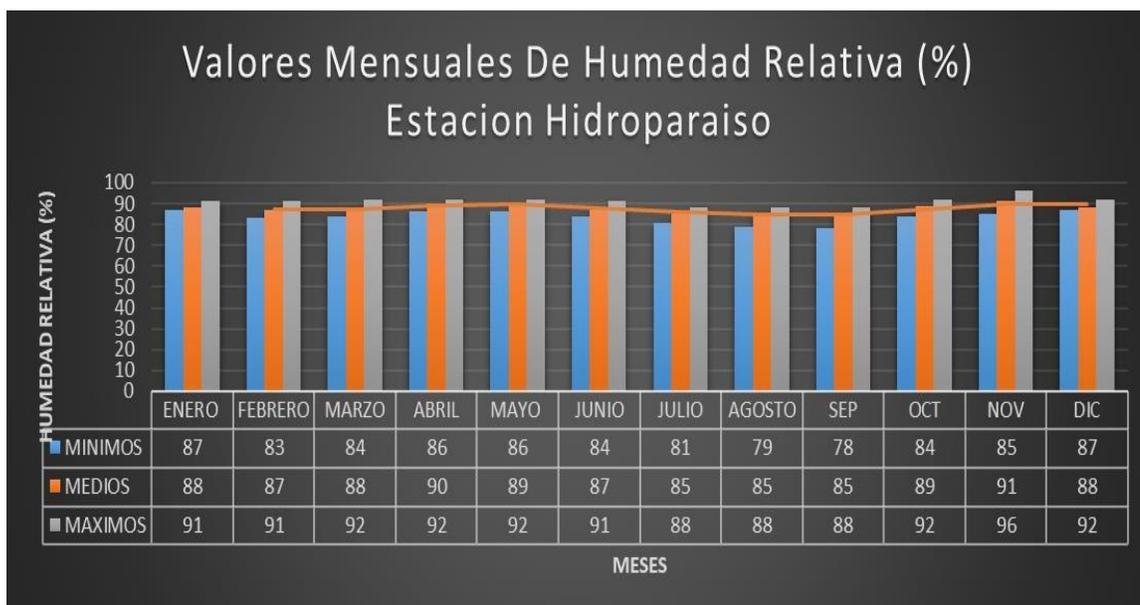
A continuación, se muestran los valores correspondientes a los valores medios, máximos y mínimos de la humedad relativa registrados en las tres estaciones; donde se observa una humedad constante durante todo el transcurso del año.

*Ilustración. 23 Valores de humedad relativa mínimos, medios y máximos mensuales*



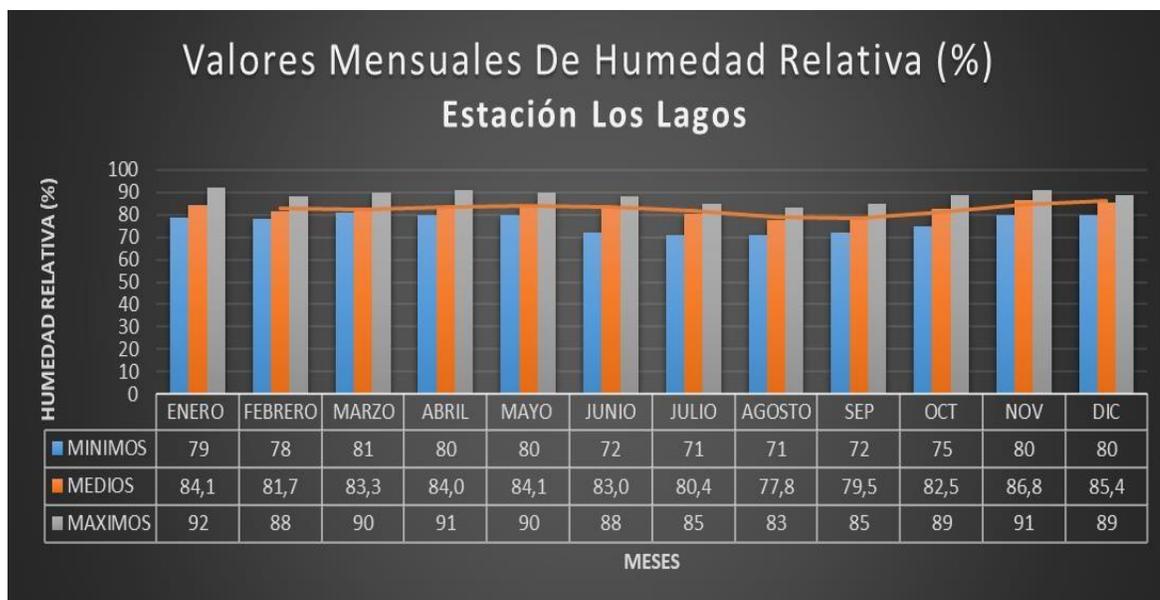
Fuente: autores

Ilustración. 24 Valores de humedad relativa mínimos, medios y máximos mensuales



Fuente: autores

Ilustración. 25 Valores de humedad relativa mínimos, medios y máximos mensuales



Fuente: autores

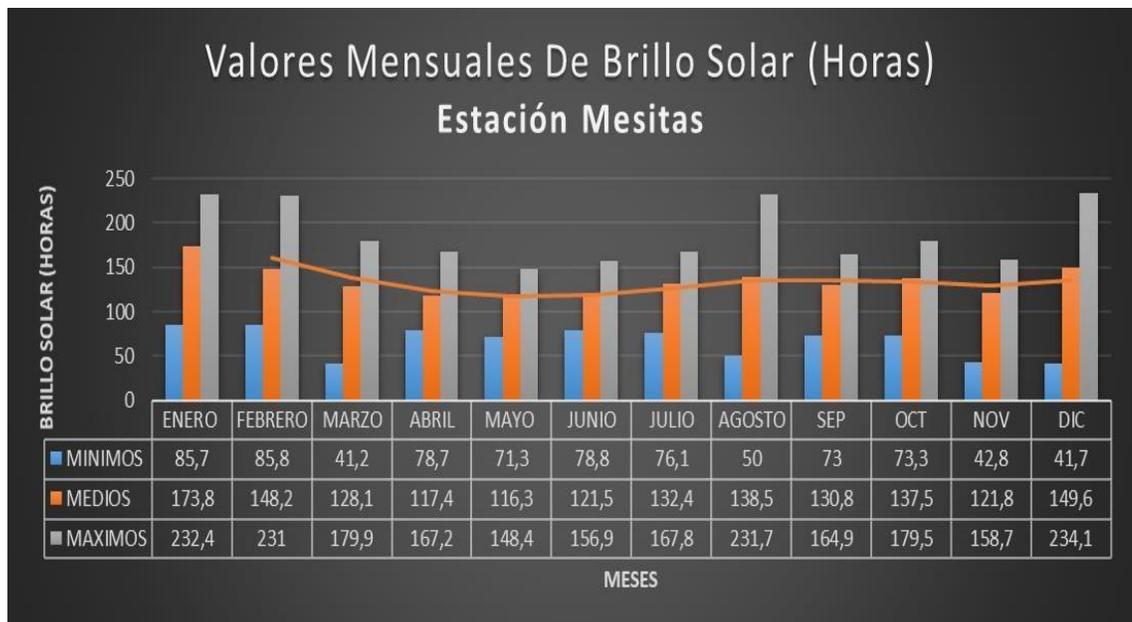
#### 4.3.4. Brillo solar

Al igual que la mayoría de los factores climatológicos, el comportamiento de la radiación solar media anual está en directa relación con la altitud. El brillo solar alcanza unas 135 horas mensuales en promedio.

Siendo mayor durante diciembre, enero y febrero; en contraste es menor en los meses de marzo, abril y mayo.

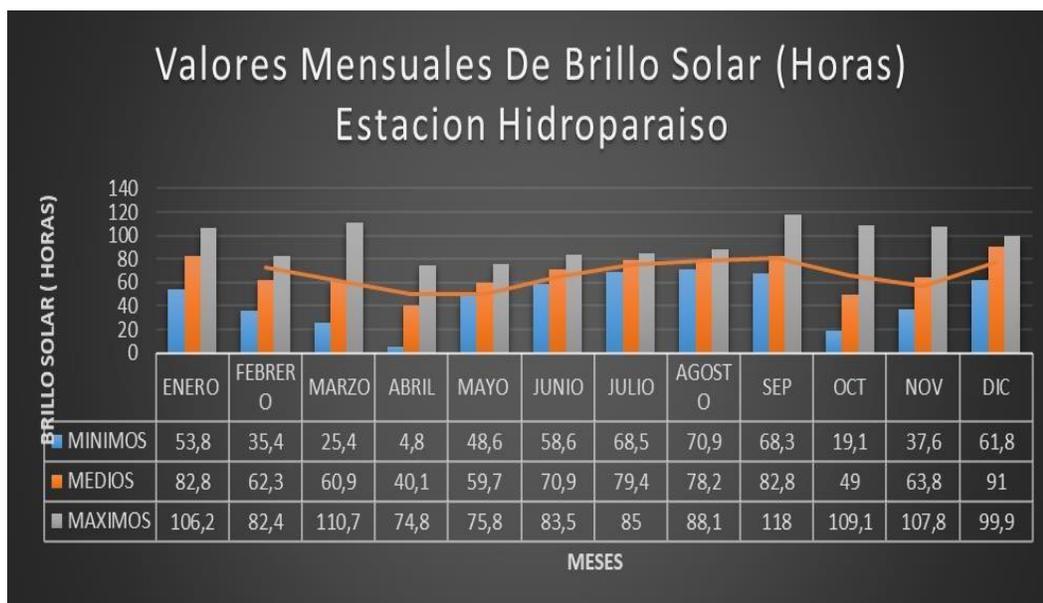
A continuación, se muestran los valores correspondientes a los valores medios, máximos y mínimos de brillo solar registrados en la estación Mercedes.

*Ilustración. 26 Valores de brillo solar mínimos, medios y máximos mensuales*



Fuente: autores

Ilustración. 27 Valores de brillo solar mínimos, medios y máximos mensuales



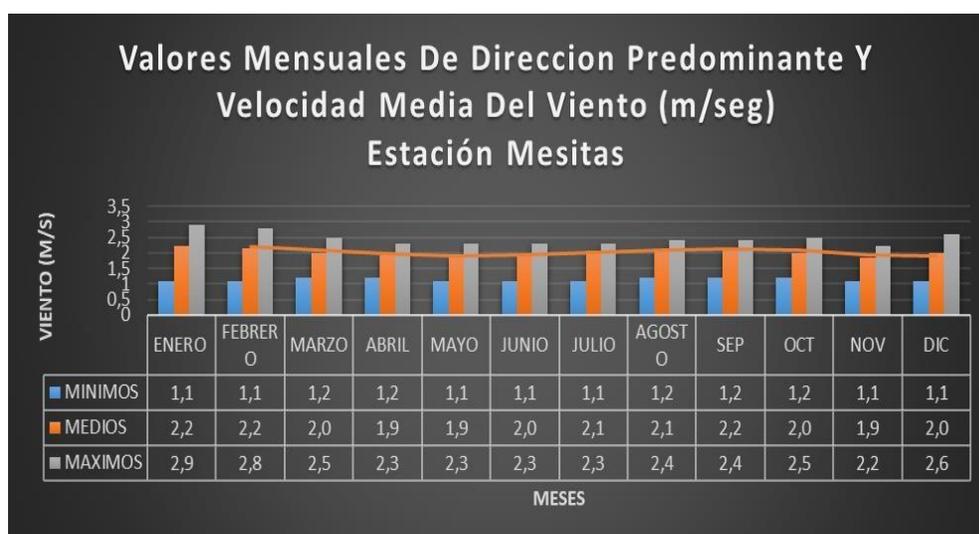
Fuente: autores

#### 4.3.5. Velocidad y dirección del viento

La velocidad del viento es de carácter bimodal, presentándose los valores máximos en los meses de enero, febrero y marzo, mientras las velocidades mínimas suceden durante los meses de abril, mayo y junio.

A continuación, se muestran los valores correspondientes a los valores medios, máximos y mínimos de la velocidad del viento registrados en la estación MESITAS.

Ilustración. 28 Valores de velocidad del viento mínimos, medios y máximos mensuales.



Fuente: autores

## 4.4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 4.4.1 Verificación y complementación de información

Con la información recopilada anteriormente de las estaciones limnométricas del IDEAM y la CAR, se procedió a verificar las series de datos mensuales en busca de valores faltantes y se eliminaron los valores que evidentemente se encontraban errados posiblemente por lecturas incorrectas o problemas en la digitalización, los cuales fueron reemplazados por valores promedio de la serie de datos, con el fin de obtener valores más representativos no se tuvieron en cuenta los años que presentaran menos de 8 meses de información

### 4.4.2. Isoyetas

Existen varios métodos para determinar la distribución espacial de parámetros meteorológicos, sin embargo, el método de isoyetas es el método más preciso. Se utilizan curvas de igual precipitación. El trazado de esas curvas es semejante al de las curvas de nivel, en donde la altura de agua precipitada substituye la cota del terreno. (Monsalve 2008)

Con el fin de establecer la distribución espacial de precipitaciones, temperatura y evapotranspiración de la cuenca de estudio, se determinaron las isoyetas medias mensuales y a partir de estas se describe el comportamiento espacial de estos parámetros, utilizando la información recopilada por las estaciones pluviográficas mencionadas anteriormente.

A partir de estos datos se describe el comportamiento espacial por medio del software Arcgis, empleado la herramienta **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Interpolation**. Para el caso específico de este estudio, se escogió la siguiente herramienta de interpolación:

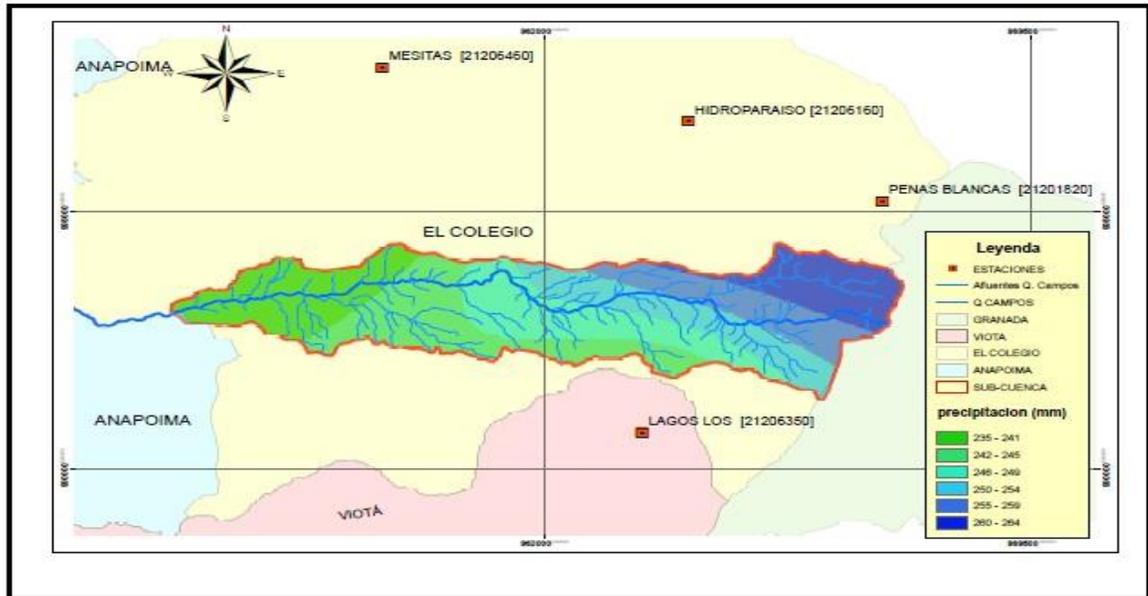
**IDW (Distancia Inversa ponderada)**: este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra (es el método más simple, es inversamente proporcional a la distancia).

- **Precipitación:**

En la ilustración 29, se puede apreciar que los valores máximos de precipitación promedio mensual se presentan al oriente de la sub-cuenca con un valor aproximado de 264 mm y disminuyen al avanzar al occidente de la cuenca hasta llegar a un valor mínimo aproximado de 240 mm cerca de la bocatoma.

Ilustración. 29 Distribución espacial de precipitaciones.

ISOYETAS DE PRECIPITACIÓN SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA

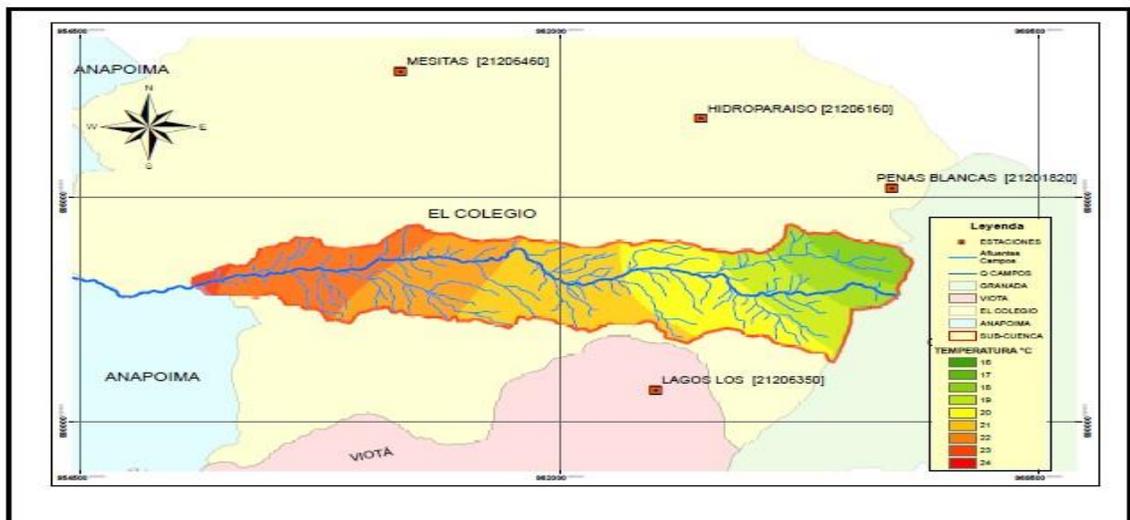


Fuente: autores

- **Temperatura:**

Ilustración. 30 Distribución espacial de temperatura.

ISOYETAS DE TEMPERATURA SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA

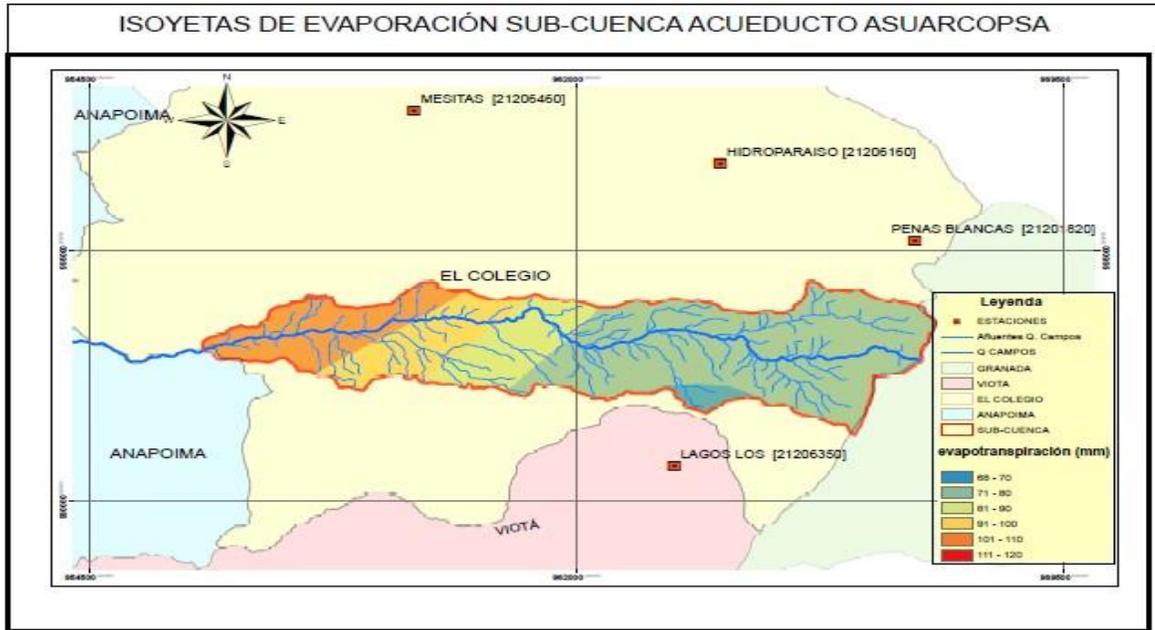


Fuente: autores

En la ilustración 30, se puede apreciar que los valores mínimos de temperatura promedio mensual se presentan al oriente en la parte alta de la sub-cuenca con un valor aproximado de 16°C y aumentan al avanzar al occidente de la cuenca hasta llegar a un valor máximo aproximado de 24°C cerca de la bocatoma.

- **Evapotranspiración:**

*Ilustración. 31 Distribución espacial de evapotranspiración*



Fuente: autores

En la figura 31, se puede apreciar que los valores mínimos de evapotranspiración promedio mensual se presentan al sur-oriente en la parte alta de la sub-cuenca con un valor aproximado de 68mm y aumentan al avanzar hacia el occidente de la cuenca hasta llegar a un valor máximo aproximado de 120mm cerca de la bocatoma.

#### 4.4.3 Balance hidroclimático

La evapotranspiración potencial ETP se define como la máxima pérdida de agua que puede evaporarse de un terreno teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona como radiación solar, humedad, viento, las características propias del tipo de suelo y la cubierta vegetal. Esta se expresa en mm por unidad de tiempo.

Existen diferentes fórmulas de calcular la ETP para estudios hidrológicos, generalmente estas se calculan mes a mes para datos medios de una serie de años, Para la zona de estudio se tomó la estación **los lagos** y se empleó la

metodología de Thornthwaite, a continuación, en la tabla 21, se presentan los resultados.

*Tabla 20. Evapotranspiración potencial.*

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ESTACIÓN (2120635 LOS LAGOS )													
PARÁMETRO	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septie	Octubr	Noviem	Diciembre	Total
PROM (Tj)	18,2	18,8	18,7	18,7	18,9	18,9	18,7	18,8	18,4	17,9	17,5	17,6	18,4
Precipitación mm	124,2	119,1	213,6	158,6	147,4	69,9	65,6	63,9	98,2	162,4	174,9	132,6	1530,3
i j	7,0	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,4	7,4	7,2	6,9	6,6	6,7	86,5
a	1,90												
Ej	65,5	70,1	69,6	69,4	70,9	70,8	69,4	70,2	67,0	63,6	60,8	61,6	808,8
factor corrección	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02	
Ej corregido	66,8	65,2	71,7	70,8	75,1	72,9	73,5	73,7	67,7	65,5	60,2	62,9	825,9

Fuente: autores

#### 4.4.4 Balance hidroclimático

El balance hidroclimático permite establecer el déficit o exceso de agua de la zona de estudio de forma mensual o anual. Se realizó el balance hídrico para la estación previamente seleccionada empleando el método de Thornthwaite, a continuación, en la figura se presentan los resultados. Para los meses de junio, julio y agosto se aprecia una utilización del agua almacenada en el terreno que nuevamente se recarga el mes de septiembre con el aumento de precipitaciones.

*Tabla 21. Balance hidroclimático.*

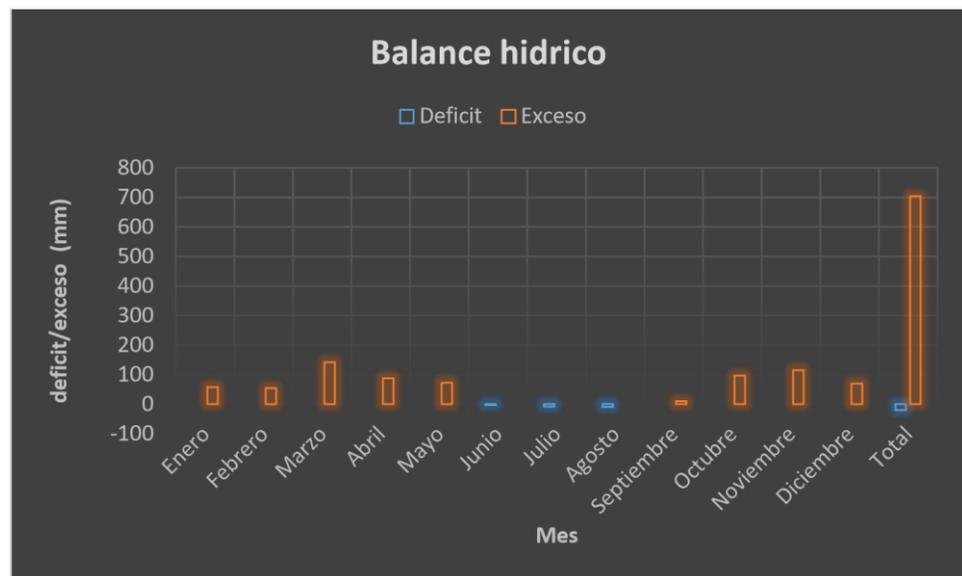
BALANCE HIDROCLIMÁTICO ESTACIÓN (2120635 LOS LAGOS )													
PARÁMETRO	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septie	Octubr	Noviem	Diciembre	Total
Precipitación Pm	124,2	119,1	213,6	158,6	147,4	69,9	65,6	63,9	98,2	162,4	174,9	132,6	1530,3
ETP corregido	66,8	65,2	71,7	70,8	75,1	72,9	73,5	73,7	67,7	65,5	60,2	62,9	825,9
$\Delta$	57,3	53,9	141,9	87,7	72,3	-3,0	-7,9	-9,7	30,5	96,9	114,7	69,7	
Variacion alm (Alm)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,0	89,1	79,4	100,0	100,0	100,0	<b>100,0</b>	
Deficit													0,0
Exceso	57,3	53,9	141,9	87,7	72,3	0,0	0,0	0,0	9,9	96,9	114,7	69,7	704,4
$\Delta$ Alm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,0	-7,9	-9,7	20,6	0,0	0,0	0,0	
ETR (mm)	66,8	65,2	71,7	70,8	75,1	72,9	73,5	73,7	67,7	65,5	60,2	62,9	825,9
						u	u	u	r				

Fuente: autores

En la tabla 22, los meses en los que se presentan valores de excedentes de agua no necesariamente indican que se presente escorrentía todo el tiempo para su aprovechamiento, en contraste los meses que presentan déficit no implica que no halla humedad en el suelo, debido a que dependiendo sus propiedades almacena agua en mayor o menor medida.

En la ilustración 32 se presenta de manera gráfica el balance hídrico para cada mes y anual

Ilustración. 32 Gráfico de balance hídrico.



Fuente: autores

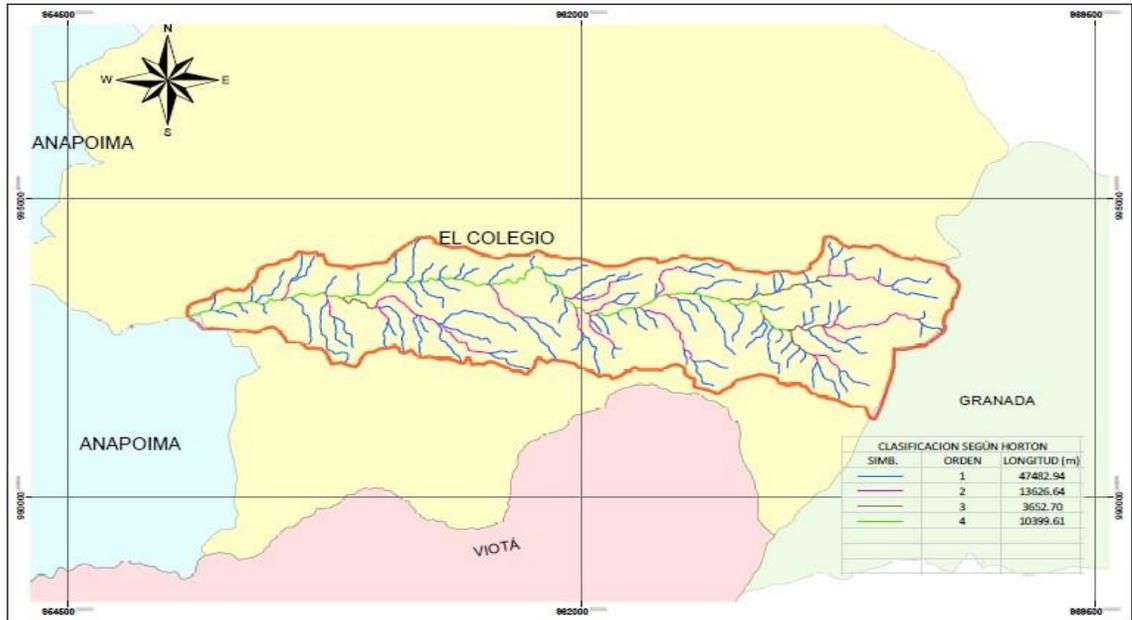
## 4.5 HIDROGRAFÍA

### 4.5.1 SISTEMA DE DRENAJE

El sistema de drenaje de la cuenca es de tipo superficial por medio de cauces naturales de pequeñas quebradas y algunos canales que conforman los principales afluentes de la quebrada la Campos que hace parte del río Calandaima que finalmente deposita sus aguas en el río Bogotá.

En la ilustración 33, se presenta la clasificación de los causes según la metodología de Horton tomadas de cartografías 1:10000 del IGAC. Este mapa puede ser apreciado en mayor detalle en el [Anexo 5. Cartografías IGAC 1:10000.](#)

CLASIFICACIÓN DE CAUSES (HORTON) SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA



Fuente: autores

#### 4.6. HIDROLOGÍA

Por medio del siguiente estudio hidrológico se determinará el régimen de caudales de la sub-cuenca del acueducto Asuarcopsa para determinar los valores medios mensuales a través de la distribución temporal de caudales medios, los caudales mínimos y máximos, para establecer la probabilidades de ocurrencia para diferentes periodos de retorno y las curvas de duración de caudales medios y mínimos mensuales, este último para establecer el caudal ecológico y el balance hídrico oferta-demanda para la población de estudio y determinar la disponibilidad de agua.

##### 4.6.1. Información hidrológica

Para la caracterización hidrológica del proyecto, se buscaron estaciones hidrometeorológicas en el catálogo de estaciones del IDEAM y de la CAR ubicadas en el afluente de estudio. Para la quebrada La Campos se encontró información directa registrada en la estación limnométrica 21209290 “El Triunfo” operada por la CAR; para la cual se solicitaron los valores de caudales medios mensuales, los mínimos y los máximos, para su verificación y análisis. De esta estación se tienen registros desde el año 1999.

En el [Anexo 3. Datos de caudales](#), se presentan las series de información hidrométrica suministrada por la CAR.

#### **4.6.2. Estudio de caudales**

Para el análisis de los caudales de la quebrada La Campos se tendrán en cuenta los valores registrados en la estación el Triunfo localizada en la parte media del recorrido total de la corriente, la cual cubre el 100% del área de la cuenca de estudio (acueducto ASUARCOPSA). Por medio de la metodología de rendimientos, se estimaron los valores correspondientes al área aferente de la cuenca.

De acuerdo a lo anterior se estableció la siguiente relación, para la generación de caudales:

$$\frac{Q_1}{A_1} = \frac{Q_2}{A_2}$$

Donde:

Q<sub>1</sub>: Caudal Q. La Campos estación el Triunfo (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>2</sub>: Caudal total Q. La Campos bocatoma acueducto ASUARCOPSA (m<sup>3</sup>/s)

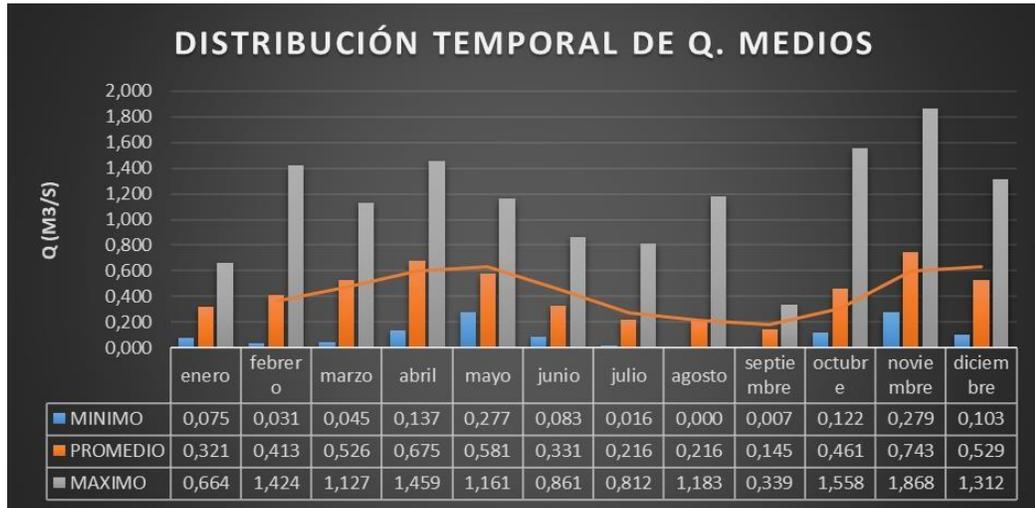
A<sub>1</sub>: Área sub-cuenca Q. La Campos estación el Triunfo (Km<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub>: Área sub-cuenca Q. La Campos bocatoma acueducto ASUARCOPSA (Km<sup>2</sup>).

##### **4.6.2.1 Caudales medios**

La distribución temporal de los caudales al igual que la precipitación es de tipo bimodal, presentando valores máximos los meses de marzo, abril y mayo en el primer semestre; los meses de octubre, noviembre y diciembre para el segundo semestre. En contraste se registran disminuciones de caudal en los meses complementarios del año.

Ilustración. 34 Clasificación de causas según Horton.

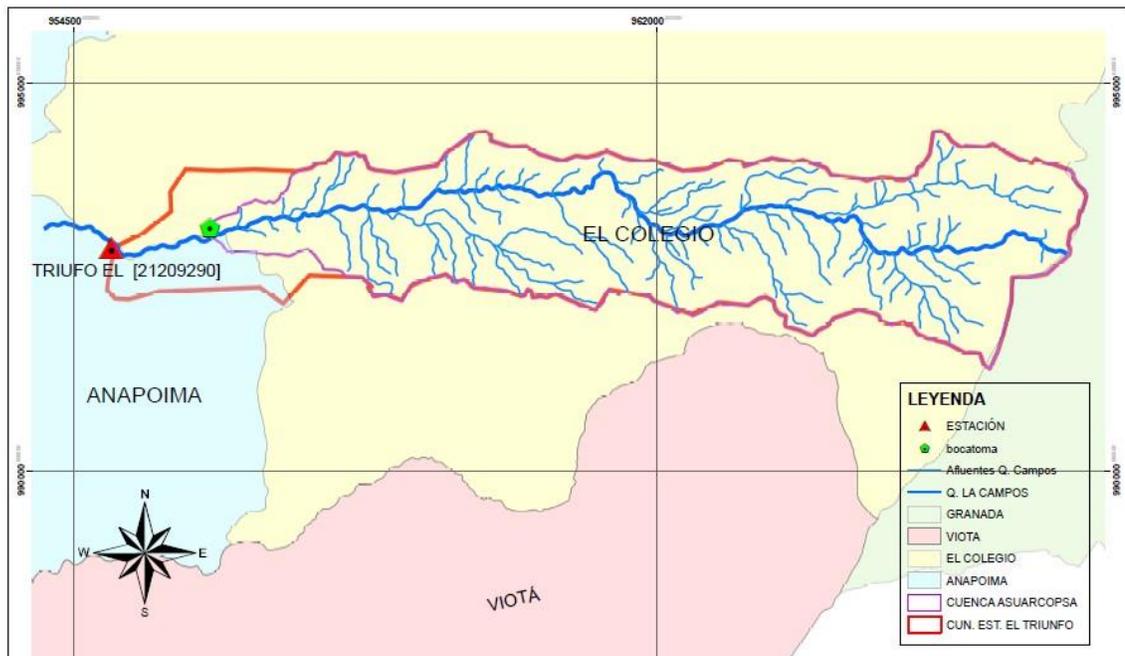


Fuente: autores

- **Áreas tributarias**

En la ilustración 35, se presenta la delimitación de las cuencas analizadas, la de color rojo corresponde a la cuenca de la estación el triunfo y la morada corresponde a el acueducto asuarcopsa punto en el cual está ubicada la bocatoma.

Ilustración. 35 Distribución espacial de las cuencas.



Fuente: autores

En la tabla 23, se presenta la extensión de las cuencas analizadas, se puede inferir que el área de la cuenca del acueducto asuarcopsa abarca un 85% de la cuenca de la estación el Triunfo.

*Tabla 22. Áreas tributarias de las cuencas.*

ÁREAS TRIBUTARIAS		
CUENCA ASUARCOPSA	19,05	KM2
CUENCA ESTACIÓN EL TRIUNFO	22,4	KM2

Fuente: autores

- **Generación de caudales**

En la tabla 24. Se presentan los datos de caudal de la estación el Triunfo y se extrapolaron de acuerdo al área de la cuenca del acueducto ASUACOPSA.

*Tabla 23. Generación de caudales mensuales.*

	GENERACION DE CAUDALES (m <sup>3</sup> /s)												
	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	
CUENCA ESTACIÓN TRIUNFO	0,321	0,413	0,526	0,675	0,581	0,331	0,216	0,438	0,145	0,461	0,923	0,529	
CUENCA ASUARCOPSA	0,273	0,351	0,447	0,574	0,494	0,281	0,184	0,373	0,124	0,392	0,785	0,450	

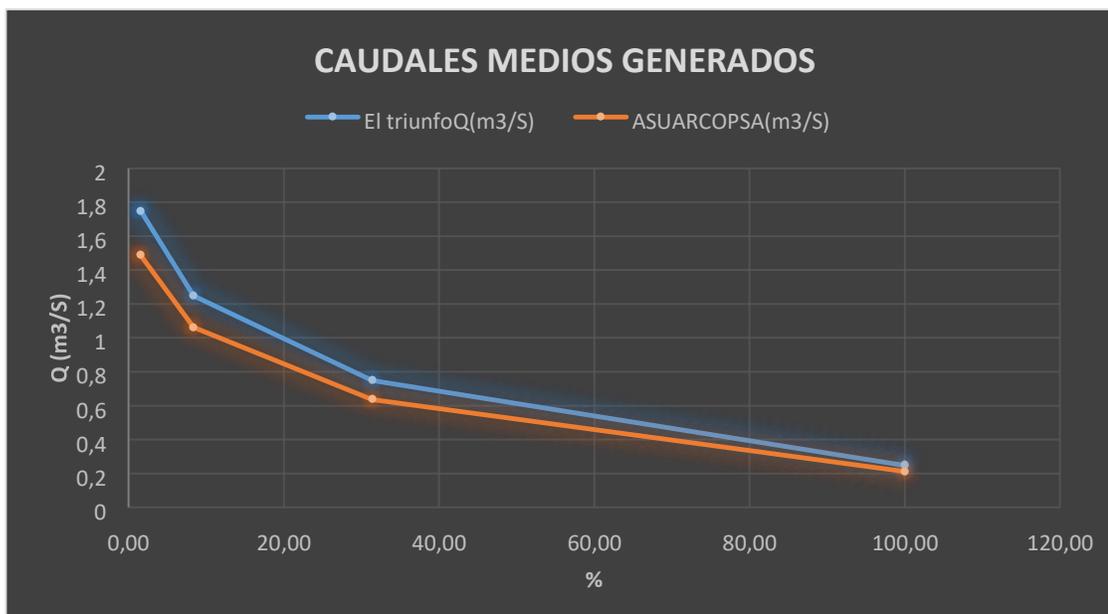
Fuente: autores

- **Curva de duración de caudales**

con los caudales medios generados en la estación EL TRIUNFO, se determinó la curva de duración de caudales, para establecer el porcentaje de tiempo que los caudales don igualados o superados, y se replicaron para la cuenca del acueducto ASURCOPSA que servirán determinar la disponibilidad de agua y el porcentaje de tiempo promedio que se presentan los déficits de caudal.

En la ilustración 36, se presenta la curva de duración de caudales para la estación y el acueducto; en la tabla se presentan la probabilidad de caudales, donde se puede observar un valor mínimo de 0,182 (m<sup>3</sup>/s) y un máximo valor de 1,189 (m<sup>3</sup>/s).

Ilustración. 36 Gráfico de caudales medios generados.



Fuente: autores

En la tabla 25, se presenta los caudales medios generados y su probabilidad de ocurrencia.

Tabla 24. Caudales medios generados.

CAUDALES MEDIOS GENERADOS		
Σ F. RELATIVA	El Triunfo (m3/S)	ASUARCOPSA (m3/S)
Q5 %	1,498	1,189
Q50 %	0,614	0,586
Q90 %	0,323	0,236
Q95 %	0,286	0,182

Fuente: autores

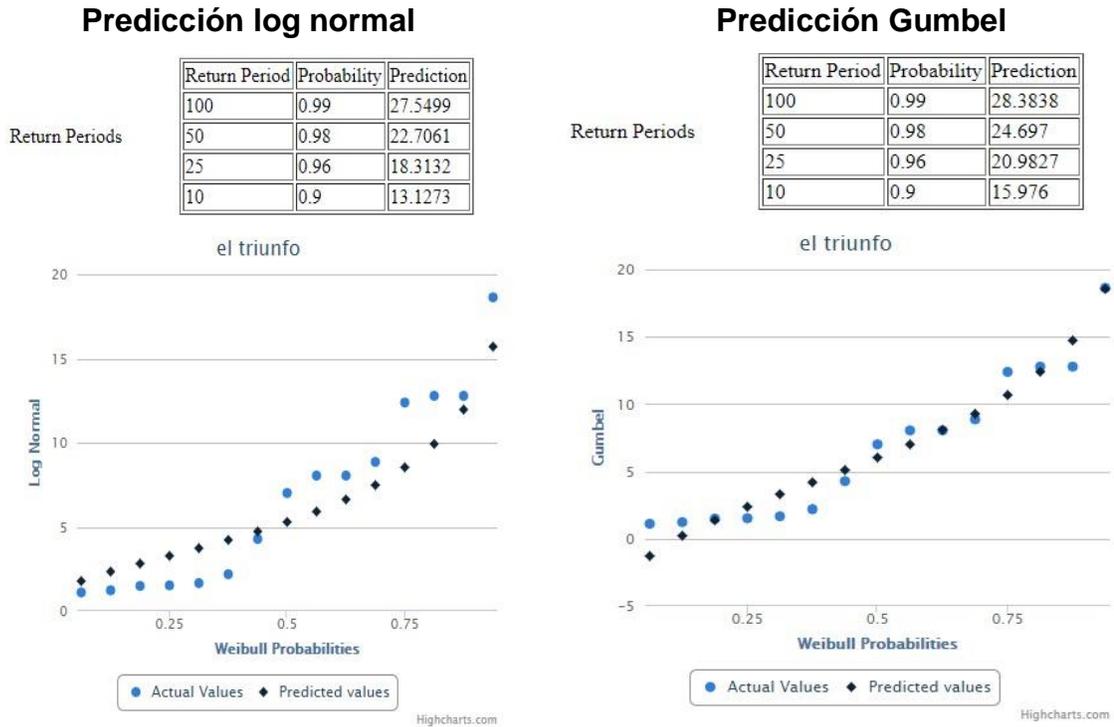
#### 4.6.2.2 Caudales máximos

Para determinar la probabilidad de ocurrencia de los caudales máximos en la subcuenca de la estación EL TRIUNFO por medio del software **SMADA online** siguiendo la siguiente ruta **STATS - Statistics Routines > Distribution Analysis > create new distribution > enter name > Select Distribution Method** (se eligieron los métodos Log Normal Distribution y Gumbel Distribution) > **Enter X Data** (se ingresan los valores máximos de caudales de cada

año) > **Enter Return Periods** (se ingresan los periodos de retorno para el caso de estudio: 100, 50, 25 y 10 años) > **calcúlate**.

En la ilustración 37, se presentan los resultados de caudales máximos generados por el software **SMADA online**.

Ilustración. 37 Caudales máximos generados.



Fuente: SMADA online

Con los anteriores resultados se generaron los caudales máximos en la tabla 26 para la sub-cuenca del acueducto ASUARCOPSA; con sus respectivos periodos de retorno.

Tabla 25. Periodos de retorno y caudales máximos.

periodo de retorno (años)	C. EST. EL TRIUNFO		C. ASUARCOPSA		
	log normal	Gumbel	log normal	Gumbel	promedio
	(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)
100	27,55	28,384	25,407	26,176	26,879
50	22,706	24,697	20,939	22,775	22,779
25	18,313	20,983	16,888	19,350	18,884
10	13,127	15,976	12,106	14,733	13,985

Fuente: autores

Para acueductos se utiliza un periodo de retorno de 25 años como lo estipula la resolución 0330 de 2017. Para determinar el caudal máximo para este periodo se tomó el valor promedio de distribución log normal y Gumbel el cual corresponde a 18,884 (m<sup>3</sup>/s).

#### 4.6.2.3 Caudales mínimos

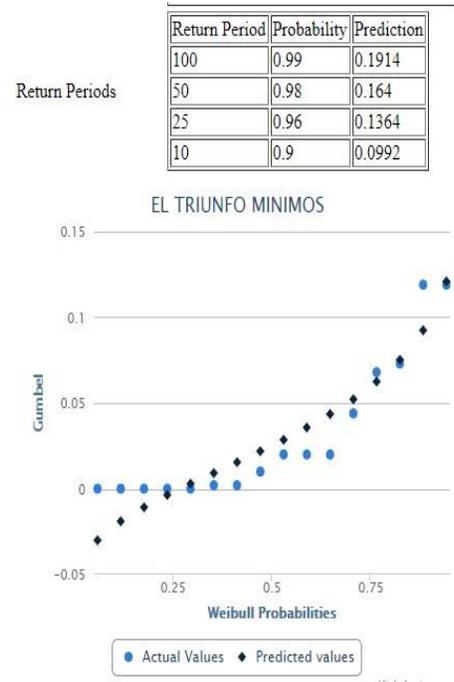
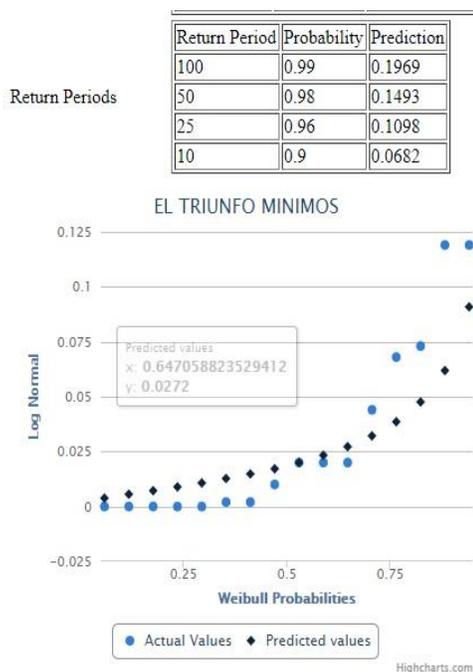
Para determinar la probabilidad de ocurrencia de ocurrencia de los caudales mínimos en la subcuenca de la estación EL TRIUNFO se empleó el software **SMADA online** siguiendo la siguiente ruta **STATS - Statistics Routines > Distribution Analysis > create new distribution > enter name > Select Distribution Method** (se eligieron los métodos **Log Normal Distribution** y **Gumbel Distribution**) **> Enter X Data** (se ingresan los valores máximos de caudales de cada año) **> Enter Return Periods** (se ingresan los periodos de retorno para el caso de estudio: 100, 50, 25 y 10 años) **> calcúlate**.

En la figura se presentan los resultados de caudales máximos generados por el software **SMADA online**.

#### Predicción log normal

#### Predicción Gumbel

Ilustración. 38 Caudales mínimos generados.



Fuente: autores

Con los anteriores resultados se generaron los caudales máximos para la subcuenca del acueducto ASUARCOPSA; con sus respectivos periodos de retorno, presentados en la tabla 2

Tabla 26. Periodo de retorno y caudales mínimos

Período de retorno (años)	C. EST. EL TRIUNFO		C. ASUARCOPSA		
	log normal	Gumbel	log normal	Gumbel	promedio
	(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)
100	0,1967	0,191	0,181	0,176	0,186
50	0,149	0,164	0,137	0,151	0,150
25	0,11	0,1364	0,101	0,126	0,118
10	0,068	0,1	0,063	0,092	0,081

Fuente: autores

Para acueductos se utiliza un periodo de retorno de 25 años como lo estipula la resolución 0330 de 2017. Para determinar el caudal máximo para este periodo se tomó el valor promedio de distribución log normal y Gumbel el cual corresponde a 0,118 (m<sup>3</sup>/s).

#### 4.6.2.4 Caudal ambiental

Caudal ecológico lo define Emerson A. Parra Rodríguez en su tesis de maestría como el flujo de agua requerido para mantener las necesidades mínimas de los ecosistemas acuáticos presentes en el área de influencia de un río o quebrada. Los caudales ecológicos son escurrimientos que se dejan fluir por el río para preservar la integridad ecológica de la zona, sin perjudicar el desarrollo de los habitantes aguas abajo.

Para estimar el caudal ambiental existen varias metodologías, como lo son: un caudal correspondiente a un determinado porcentaje de excedencia, calculado a partir de la curva de duración de caudales, o simplemente un porcentaje del caudal medio, entre otras.

Para el presente estudio se definió el valor del caudal ambiental como el caudal mínimo registrado por la CAR para la estación limnométrica El triunfo, para el periodo 1999-2017, el cual es de 0,002 (m<sup>3</sup>/s).

## 4.7 BALANCE HÍDRICO

### 4.7.1 oferta-demanda

Para determinar la oferta de cuenta se tomaron como referencia los meses secos y los meses de húmedos, considerando los primeros como el promedio de los caudales de los meses que se encuentran por debajo de valor medio anual y los húmedos como el promedio de los caudales de los meses que se encuentran por encima de valor medio anual presentados en la tabla 28.

Tabla 27. Balance hídrico.

CUENCA	Demanda (m3/s)		OFERTA (m3/s)		BALANCE (m3/s)		
	QMD	Q. ECOLÓGICO	TOTAL DEMANDA	PERIODO SECO	PERIODO HÚMEDO	PERIODO SECO	PERIODO HÚMEDO
ASUARCOPSA	0,00938	0,002	0,0114	0,0265	0,153	0,015	0,142

Fuente: autores

#### 4.7.2 índice de escasez

El índice de escasez es un valor cualitativo que se presenta la demanda de agua frente a la oferta hídrica disponible de la cuenca. Se calcula de la siguiente forma:

$$I_e = D_H / O_H$$

Donde:

$I_e$ : índice de escasez (%)

$D_H$ : Demanda hídrica (m<sup>3</sup>/s)  $O_H$ : Oferta hídrica (m<sup>3</sup>/s)

El índice se clasifica de acuerdo a los siguientes rangos establecidos por el IDEAM.

Tabla 28. Clasificación índice de escasez

Rango	Criterio
≥ 50	Alto
21 - 50	Medio alto
11 - 20	Medio
1 - 10	Mínimo
≤ 1	No Significativo

Fuente: IDEAM

En la tabla 30, se muestra el índice de escasez para la cuenca del acueducto ASUARCOPSA.

Tabla 29. Índice de escasez.

CUENCA	PERIODO SECO		PERIODO HÚMEDO	
	RELACIÓN DEMANDA OFERTA (%)	ÍNDICE DE ESCASEZ	RELACIÓN DEMANDA OFERTA (%)	ÍNDICE DE ESCASEZ
ASUARCOPSA	44%	MEDIO ALTO	8%	MÍNIMO

Fuente: IDEAM

## **5. DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES**

### **5.1 GENERALIDADES**

El acueducto veredal ASUARCOPSA se construyó por iniciativa propia de sus usuarios en el año 1986, debido a la necesidad de llevar agua a sus hogares. Con el transcurso del tiempo se han ido adecuando sus estructuras, hoy en día el sistema de acueducto cuenta con una bocatoma de fondo, un desarenador y dos plantas de tratamiento de agua potable una de ellas inaugurada y puesta en funcionamiento en el mes de febrero del presente año.

Mediante la Resolución No. 2499 del 28 de septiembre de 2011 (folios 47 a 50), la CAR otorgó concesión de aguas superficiales, a favor de la ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE ANAPOIMA ASUARCOPSA, identificada con NIT 808.183.931-9, representada legalmente por el señor ARTURO PEÑALOZA PÁEZ, identificado con cédula de ciudadanía No. 3.248.639, expedida en El Colegio (Cundinamarca), en un caudal de 2,57 L.p.s para derivarla de la fuente de uso público denominada Quebrada La Campos, con destino a satisfacer necesidades de los usos doméstico en un caudal de (2,27l.p.s) y pecuario en un caudal de (0,30 L.p.s), hasta el año 2021.

### **5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DEL ACUEDUCTO ASUARCOPSA**

En la visita de campo realizada al acueducto ASUARCOPSA el día 2 de marzo del año 2019 se identificaron diferentes aspectos y evidencias del estado actual del acueducto, a continuación, se mostrará el informe detallado de la visita realizada a todos los componentes del sistema de acueducto.

### **5.3 BOCATOMA DE FONDO ACUEDUCTO ASUARCOPSA**

Ancho del cauce: 7.95m

En la bocatoma se evidencio la carencia de protección y cercado, según lo indicado por los servidores del acueducto los muros laterales deben ser más altos ya que cuando el rio crece supera esta altura inundado las cámaras de exceso y control.

*Ilustración. 39 Bocatoma de fondo Acueducto ASUARCOPSA.*

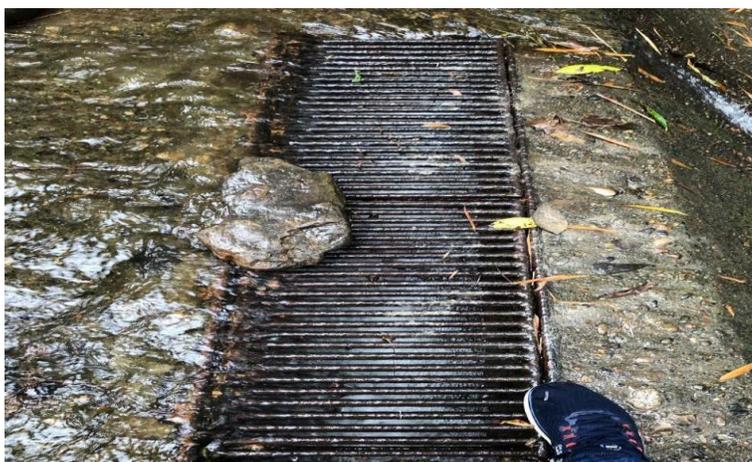


Fuente: Autores

### **5.3.1. Rejilla Bocatoma Asuarcopsa:**

La rejilla tiene medidas de 1.6m de largo x 0.4 m de ancho, cuenta con 64 varillas con una separación de 2,5 mm encontrándola en buen estado.

*Ilustración. 40 Rejilla Bocatoma ASUARCOPSA.*



Fuente: autores

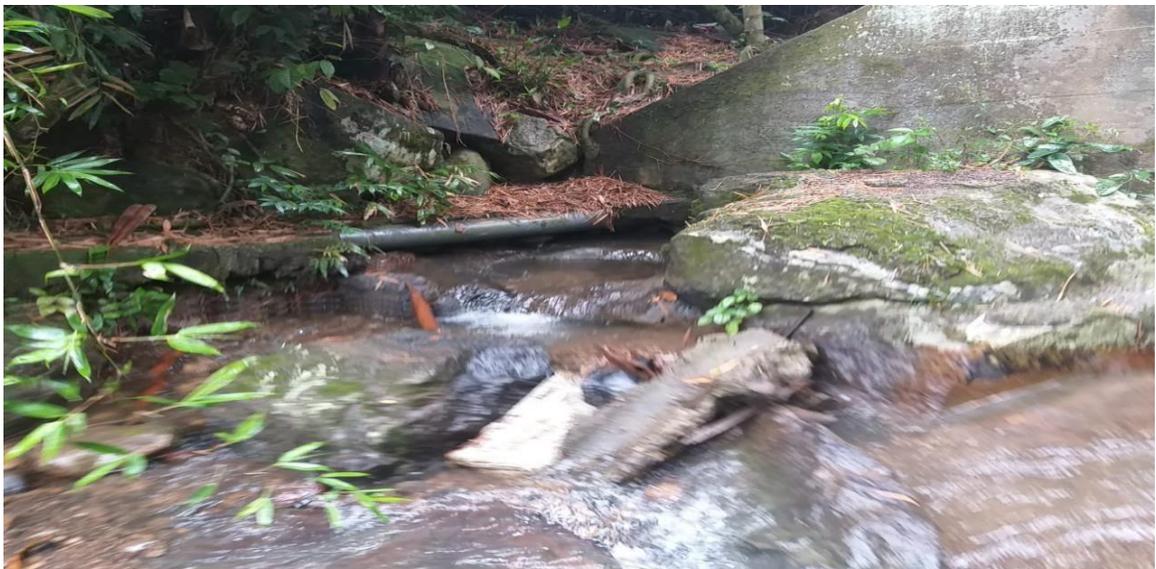
*Ilustración. 41 Vertederos de Excesos y Control Bocatoma ASUARCOPSA.*



Fuente: Autores

A la salida de la bocatoma la tubería de aducción se encuentra expuesta al aire libre, ya que el recubrimiento de concreto se afectó, encontrándose en peligro de colapso con una creciente como se muestra a continuación:

*Ilustración. 42 tubería expuesta.*



Fuente: Autores

#### 5.4. TUBERÍA DE ADUCCIÓN ENTRE LA BOCATOMA Y DESARENADOR

Actualmente un tramo de esta tubería se encuentra amarrada mediante guayas sujetas a árboles, debido a los desastres ocasionados en el invierno del año 2017 en el cual se presentó una creciente del cauce ocasionando dichos daños. Esta tubería se encuentra expuesta al aire libre en peligro de colapso.

*Ilustración. 43 Tubería de aducción entre Bocatoma y Desarenador.*



Fuente: autores

*Ilustración. 44 Tubería de aducción entre Bocatoma y Desarenador.*



Fuente: Autores

*Ilustración. 45. Guayas sujetas a arboles tubería aducción.*



Fuente: Autores

### 5.5. ESTADO ACTUAL DESARENADOR

En la visita realizada al desarenador del acueducto ASUARCOPSA este se encontraba en proceso de remodelación y mantenimiento como se observa a continuación, ya que anteriormente se encontraba en mal estado impidiendo el correcto funcionamiento de este.

*Ilustración. 46 Desarenador ASUARCOPSA.*



Fuente: Autores

Para la operación del sistema de acueducto Asuarcopsa mientras se realizaban los arreglos se instaló un tubo lateral de paso directo, para suministrar temporalmente el caudal requerido en la planta como se muestra a continuación:

*Ilustración. 47 Tubería de paso directo entre Bocatoma y Desarenador*



Fuente autores

Este desarenador se encuentra a 180 m de la bocatoma, cuenta con un tubo de entrada de 6 pulgadas con suministro lateral provisional de 4 pulgadas, se efectúa en sitio el funcionamiento del desarenador durante unos minutos para verificar su estado, el cual se encontraba operando de manera adecuada.

*Ilustración. 48. Detalle conexión de entrada al desarenador.*



Fuente: Autores

### **Tubería de conducción a la PTAP**

A la salida del desarenador se encuentra la tubería de conducción que lleva el agua a la planta de tratamiento por medio de una tubería de PVC de 4 pulgadas con una longitud de 760 m aprox. Hasta una cámara de quiebre de dimensiones (1,20 x 1,20 x 1,35) m ubicada en la cota 997 m.s.n.m. posteriormente continua en una tubería de PVC de 3 pulgadas durante aproximadamente 3665 m hasta llegar al macro medidor de entrada de la PTAP ubicada en la cota 750 m.s.n.m; después de haber recorrido una distancia aproximada de 4,4 Km.

### **5.6. PLANTA DE TRATAMIENTO ACUEDUCTO ASUARCOPSA**

*Ilustración. 49 Planta de tratamiento acueducto Asuarcopsa.*



Fuente: autores

**5.6.1. LABORATORIO ACTUAL ACUEDUCTO ASUARCOPSA.**  
En la actualidad en este laboratorio se realiza el test de jarras una vez al día.

*Ilustración. 50 Laboratorio Asuarcopsa.*



Fuente: Autores

**5.6.2 FLOCULADOR Y SEDIMENTADOR ASUARCOPSA**

*Ilustración. 51 Laboratorio Asuarcopsa.*



Fuente: Autores

*Ilustración. 52 Floculador, sedimentadores y filtro actuales planta de tratamiento Asuarcopsa.*



Fuente: Autores

La planta de tratamiento Asuarcopsa recibe el recurso hídrico después de su paso por el desarenador, posteriormente se realiza el proceso de mezcla con el polímero y sulfato, pasando al floculador, sedimentadores y filtros, terminando su proceso en los tanques de almacenamiento para su debida distribución.

### 5.6.3. TANQUES ALMACENAMIENTO

A continuación, se muestra 1 de los 3 tanques de almacenamiento con una capacidad de 341.6 m<sup>3</sup> en total:

*Ilustración. 53 Tanque Almacenamiento Acueducto Asuarcopsa.*



Fuente: Autores

Ilustración. 54 Macro medidor de entrada Acueducto Asuarcopsa.



Fuente: Autores

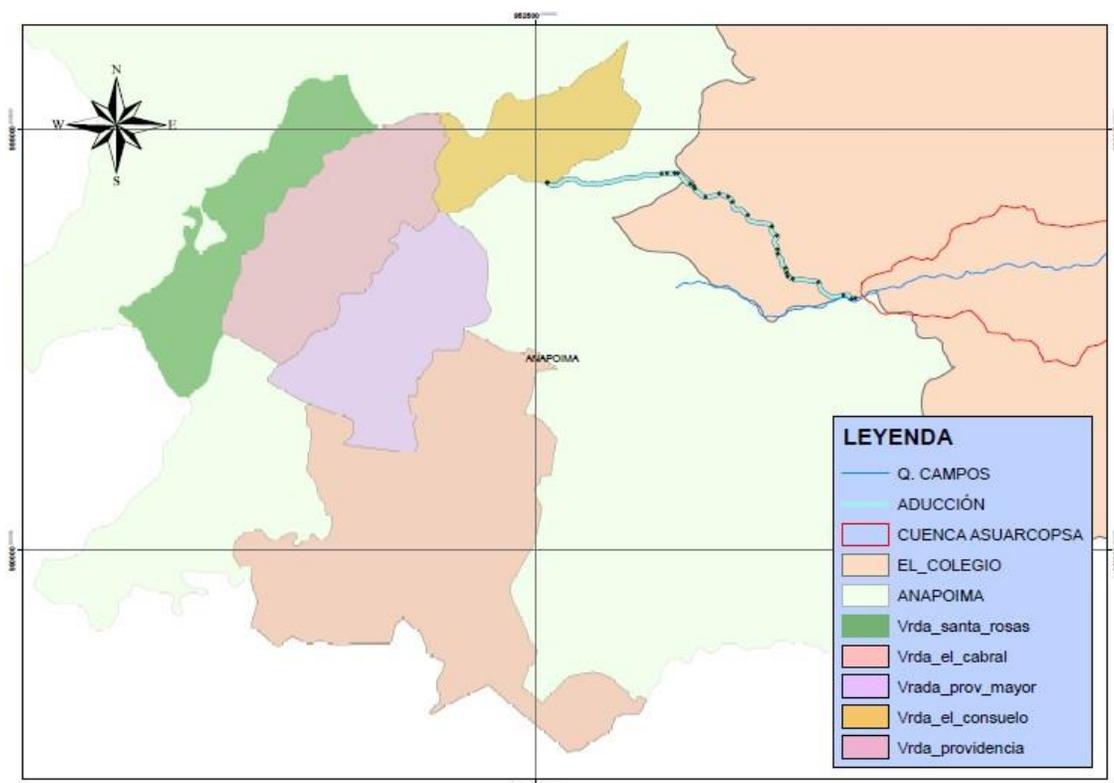
#### 5.6.4. RED DE DISTRIBUCIÓN:

Una vez terminado el proceso de filtración el agua es almacenada en los 3 tanques que distribuyen el agua de la siguiente manera:

- Cabral
- Santa Ana y Santa Rosa
- Provincia García

Actualmente no se cuenta con los planos de distribución de las redes, pero en la siguiente ilustración se presenta la localización geográfica de las veredas a las cuales llega la red de distribución del acueducto ASUARCOPSA.

*Ilustración. 55 Distribución geográfica de veredas.*



Fuente. Autores

#### 5.4. EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA.

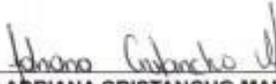
A continuación, en la ilustración 55. se presenta el informe de características físicoquímicas, los tipos de ensayo realizados, las unidades correspondientes, los resultados obtenidos, posteriormente se verifica si cumple o no con el rango permisible según la normatividad vigente. Dicho reporte fue realizado por el laboratorio H2o es vida SAS. De esta manera se garantiza la calidad del recurso hídrico y su aprobación para la distribución a la comunidad

Ilustración. 56 Reporte de resultados de laboratorio.

	<b>REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO</b>	 Resolución 0316/2016							
CÓDIGO: F02-PT04	VERSIÓN: 5	PÁGINA 1 de 1							
<b>REPORTE No. 2491-17</b>									
SEÑOR(ES):	ASUARCOPSA	CODIGO DE LA MUESTRA:							
CONTACTO: Arturo Peñaloza Paez	TELÉFONO: 3209637802	2491-17							
DIRECCIÓN: Vereda el Consuelo	CIUDAD: ANAPOIMA - CUNDINAMARCA								
LUGAR TOMA MUESTRA: ESCUELA EL CONSUELO DE LA VEREDA EL CONSUELO	TIPO DE MUESTRA: Potable								
MUESTREO: <input checked="" type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Compuesto <input type="checkbox"/> Integrado									
FECHA TOMA MUESTRA: N.R	HORA TOMA DE LA MUESTRA: 07:30 a.m.								
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 04/19/2017									
<b>RESULTADOS</b>									
ENSAYO	MÉTODO	LC	UNIDADES	FECHA DE ANÁLISIS	RESULTADO	RESOLUCIÓN 2115/2007 Valor máximo aceptable mg/L	PUNTAJE DE RIESGO IRCA	CUMPLIMIENTO	
Turbiedad	SM 2130 B	1	NTU	04/19/2017	2	2	15	Cumple	
Color	SM 2120 B	5	UPC	04/19/2017	<5	15	6	Cumple	
pH	SM 4500 H+B	N.A	Unidades de pH	04/19/2017	7	6.5 - 9.0	1,5	Cumple	
Alcalinidad	SM 2320 B	5	mg CaCO3/L	04/19/2017	<5	200	1	Cumple	
Dureza total	SM 2340 C	5	mg CaCO3/L	04/19/2017	17	300	1	Cumple	
Hierro total	SM 3500 Fe B	0,1	mg Fe/L	04/19/2017	0,2	0,3	1,5	Cumple	
Aluminio	Fotometrico	0,01	mg Al/L	04/19/2017	0,06	0,2	3	Cumple	
Nitritos	Fotometrico	0,002	mg NO2/L	04/19/2017	0,01	0,1	3	Cumple	
Cloro residual	N.R	N.R	mg Cl2/L	04/19/2017	1	0.3 - 2.0	15	Cumple	
Cloruros	SM 4500 Cl B	5	mg Cl-/L	04/19/2017	<5	250	1	Cumple	
Sulfatos	SM 4500 SO42	20	mg SO42/L	04/19/2017	23	250	1	Cumple	
Fosfatos	SM 4500 P, E	0,1	mg PO4-P/L	04/19/2017	0,4	0,5	1	Cumple	
*Coliformes Totales	SM 9222 B	0	UFC/100 cm3	04/20/2017	0	0	15	Cumple	
*E. coli	SM 9222 C	0	UFC/100 cm3	04/20/2017	0	0	25	Cumple	
*Mesófilos	SM 9215 D	0	UFC/100 cm3	04/20/2017	1	100	N.R	Cumple	
<small>álisis sub contratados</small> N.A - No Aplica / N.R - No Reporta / N.E - No Establecido		Índice de Riesgo de la calidad del agua para el Consumo Humano (IRCA)						0,0%	
		SIN RIESGO - Agua apta para consumo humano							
04/19/2017		04/05/2017			05/08/2017				
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS			FECHA DE EMISIÓN DE INFORME				
Elaborado por : Jorge Martínez		Revisado por: Adriana Cristancho			Aprobado por: Camila Parra				

**Nota:** Este informe solo puede ser reproducido íntegramente y con la aprobación escrita del laboratorio.

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

  
**T.Q. ADRIANA CRISTANCHO MARTINEZ**  
 Directora Técnica  
 T.P. TQ-1154



Fuente: Acueducto Asuarcopsa

#### 5.4. CUMPLIMIENTO CON REQUISITOS SEGÚN RESOLUCIÓN 0330 DE 2017

Después de la visita Realizada el día 2 de marzo del año 2019, se realizó el diagnóstico y estudios de los parámetros y requisitos planteados en la normatividad actual. (Resolución 0330 del 8 de junio de 2017).

*Tabla 30. Cumplimiento de requerimientos según resolución 0330 de 2017.*

CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS DE DISEÑO ACUEDUCTO ASUARCOPSA SEGÚN NORMATIVIDAD (RESOLUCIÓN 0330 DEL 8 DE JUNIO DE 2017)		
<b>DESARENADOR</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
Su localización respecto al sitio de captación es corta.	Si, se encuentra a 180 m	
La tubería de aducción está localizada en el eje longitudinal de la estructura.	Si	
Tiene dispositivo de rebose mediante vertedero lateral, ubicado cerca a la entrada del desarenador.	Si	
Tiene cerramiento que evite el ingreso de personas no autorizadas o animales.	Si	
Cuenta con sistema de eliminación de partículas.	Si	
Cuenta con suficiente almacenamiento de arenas y con sistemas hidráulicos con pendientes superiores al 10 % para una eficiente evaluación del producto desarenado.	Si	
La unidad tiene un sistema de paso directo con capacidad para operar el caudal de diseño cuando la estructura está en limpieza.		No, solo cuenta con 1 desarenador
Cuenta con los descoles a las fuentes receptoras de los caudales de exceso y del producto de desarenado.	Si	
<b>ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD</b>		
Tiene sitios de salida para mediciones piezométricas y de caudal	Si, se recomienda la	

Tabla 30. (continuación)

	instalación de macro medidores en la bocatoma	
Tiene válvulas de corte o cierre en la red de distribución.	Si	
Tiene válvulas de drenaje	Si	
Tiene pozo de succión para mantenimiento de la red	No aplica	No aplica
Tiene válvulas reguladoras de presión	Si , cuenta con 2 cámaras de quiebre	
<b>REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL</b>		
Las captaciones deben ubicarse en tramos rectos del cauce,	Si	
El diseño deberá garantizar la altura de muros de protección y la estabilidad de las obras ante eventos de creciente con periodo de retorno de 100 años; de igual forma, se debe efectuar un estudio de riesgo de la estructura que contenga como mínimo los análisis de estabilidad al deslizamiento, al volcamiento, a la protección por socavación y la subpresión.		No
Las obras de captación deben localizarse en zonas con accesos fáciles que permitan las operaciones de relación, limpieza y mantenimiento.	Si, se debe mejorar rutas de acceso	
La zona de bocatoma debe disponer de los medios de protección y cercado para evitar la entrada de personas no autorizadas y/o animales.		No
Deben diseñarse los dispositivos de rejillas y cribado necesarios para evitar el ingreso de los objetos gruesos, así como pantallas para limitar el ingreso de material flotante.	Si	

Tabla 30. (continuación)

Roda captación deberá contar con los elementos de control necesarios para	Si	
devolver los excesos de agua captados al cauce de la fuente, y evitar esta forma el ingreso de caudales mayores al de diseño al sistema de aducción.	Si	
Toma sumergida	Si	

Fuente: autores

Como se evidencia en la primera visita se realizó la toma de información establecida en la visita 1 y 2 indicada en el cronograma y la metodología a desarrollar, como también el buen servicio y rápida atención de los operadores del acueducto con el suministro de información, motivo por el cual no hubo necesidad de realizar la segunda visita.

## 5.5 EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

### 5.5.1 Bocatoma

Para el caudal proyectado se calculó la rejilla de aducción con unas dimensiones de 1,20 m de largo por 0.3m de ancho, para un área de 0,35m<sup>2</sup>; la rejilla actual esta sobre dimensionada, con dimensiones de 1,6 m x 0.4m y un área de 0.64 m<sup>2</sup>, sin embargo, la tubería de conducción hacia la cámara reguladora de caudales calculada como la existente es de 8 pulgadas siguiendo recomendaciones de diseño para evitar fallas en el sistema.

Para la cámara reguladora de caudales se realizaron los cálculos para obtener los diámetros de la tubería con las medidas del vertedero de control y el vertedero de excesos. De este modo se obtuvieron las cotas y el diámetro para la tubería de aducción la cual es de 4 "y una tubería de 6" para los excesos que deben ser devueltos a la fuente.

### 5.5.2 Tubería de aducción

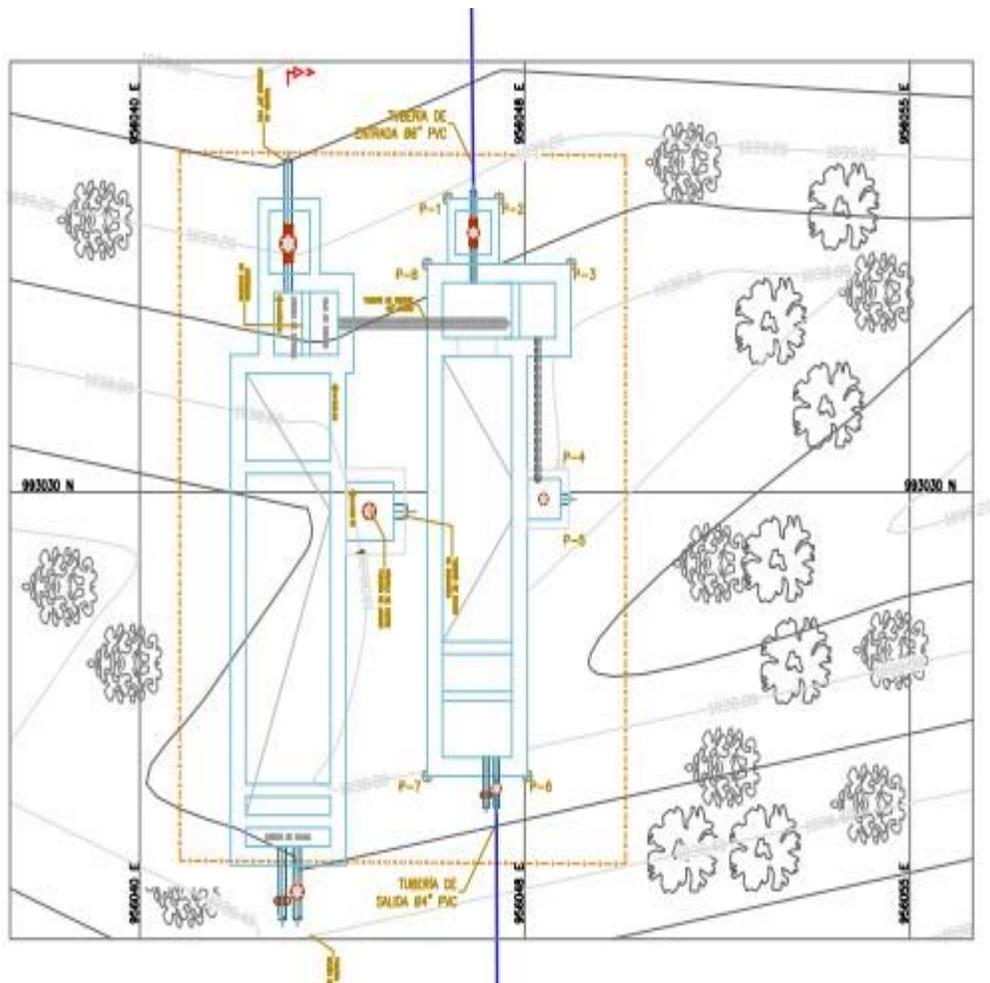
Para la tubería de aducción se tuvo en cuenta el caudal medio diario proyectado con valor de 9.38m<sup>3</sup>/s y la cota de salida de la tubería (1051.67) de aducción en la bocatoma, la cota de llegada al desarenador (1039.3) y la longitud de la tubería (180m) para obtener una pendiente del 6.93% se calculó el diámetro requerido dando como resultado 1.4" por recomendación para evitar obstrucciones se tomó 4" que es también el mismo diámetro empleado actualmente en el sistema.

### 5.5.3 Desarenador

Para el desarenador como solo cuenta una unidad se realizó el cálculo y dimensionamiento de la nueva estructura ubicada paralelamente al desarenador antiguo para cumplir los requisitos de la resolución 0330 de 2017 y así evitar utilizar la tubería de paso directo cuando este se encuentre en mantenimiento o limpieza.

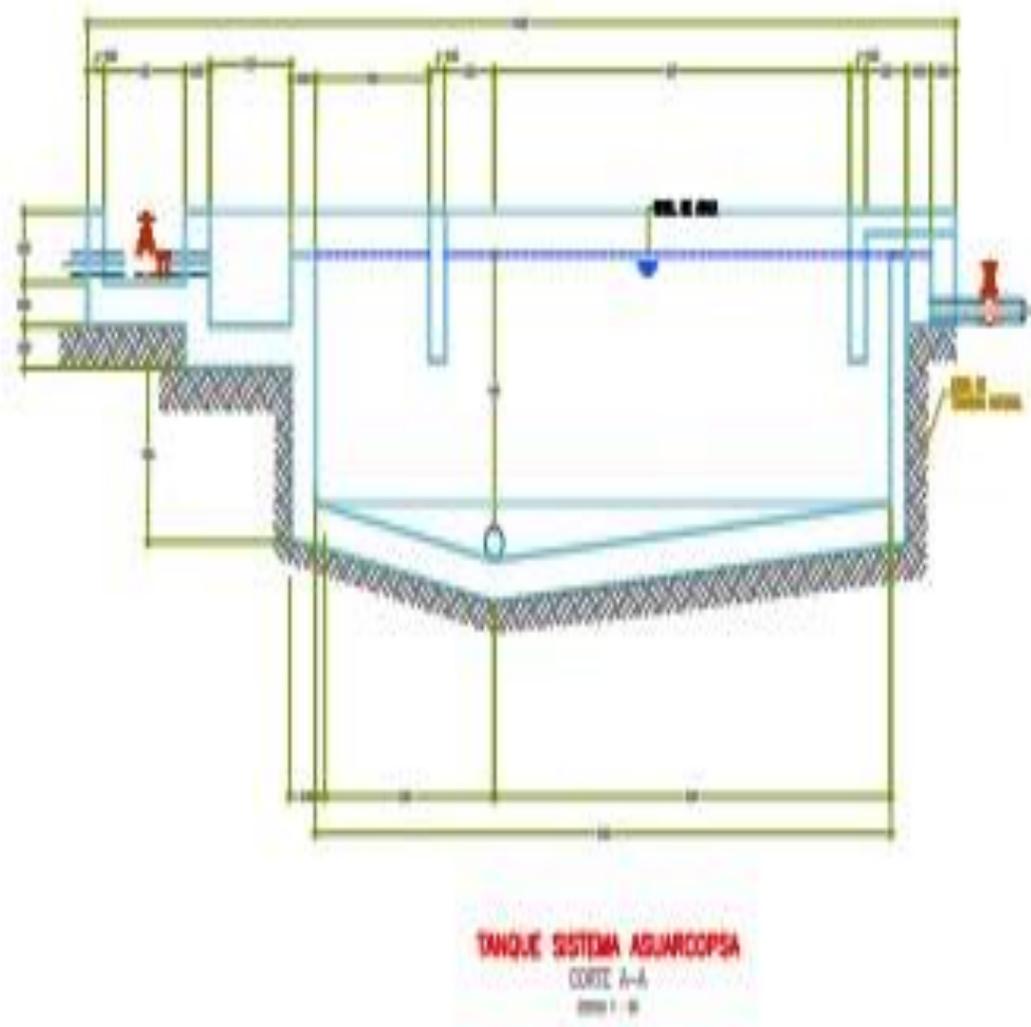
En la ilustración 55, se presenta las dimensiones en planta del nuevo desarenador (margen izquierda).

Ilustración. 57 Localización en planta desarenadores.



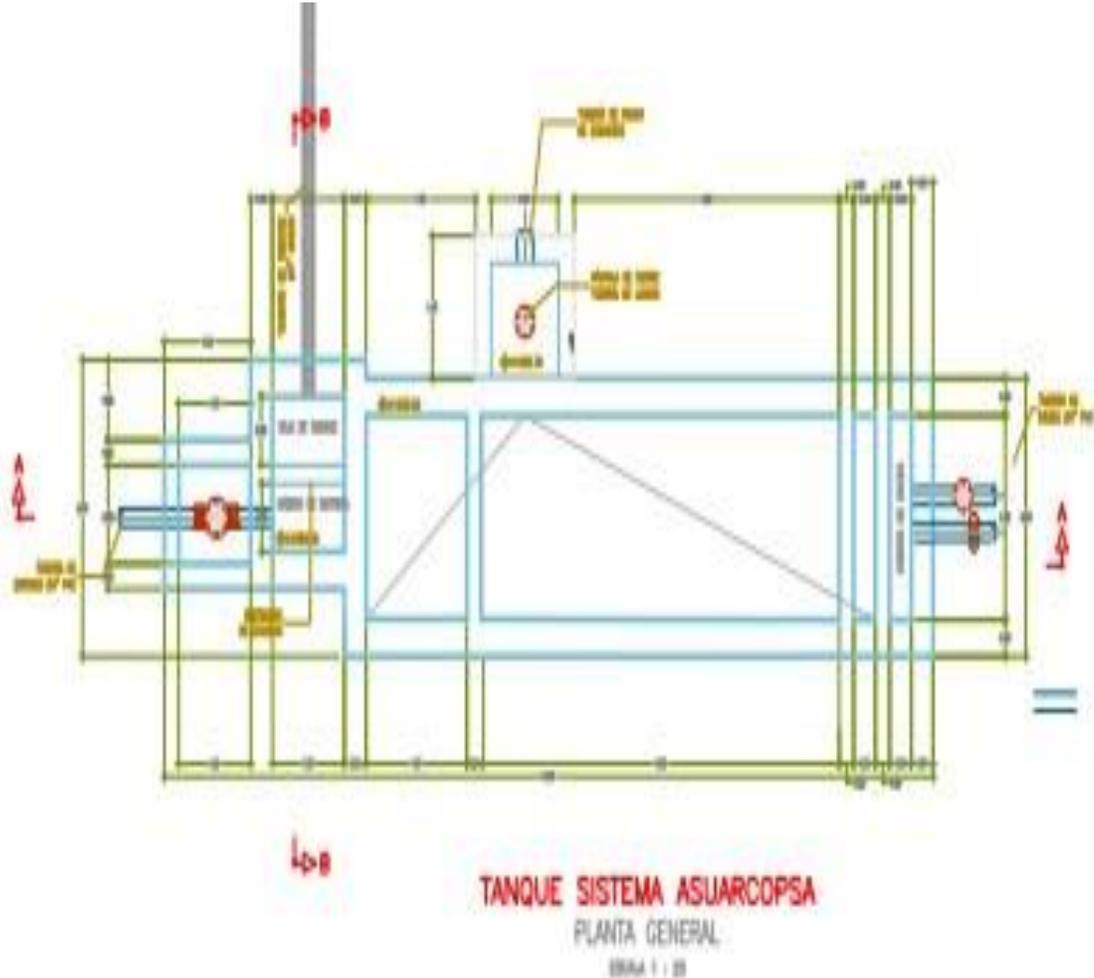
Fuente: autores

Ilustración. 58. Corte longitudinal A-A Desarenador propuesto.



Fuente: autores

Ilustración. 59 Vista en plante desarenador propuesto.



Fuente: autores

## 6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

### 6.1 Propuesta de mejoramiento

De acuerdo con los resultados de la proyección de población, la caracterización hidrológica, la evaluación de caudales de la cuenca, de la visita técnica realizada a las estructuras de tratamiento de agua de acueducto veredal ASUARCOPSA y el análisis hidráulico de las mismas, se proponen las siguientes medidas para optimizar el sistema de acueducto para que este preste de manera eficiente un servicio constante durante el periodo de diseño a sus usuarios teniendo en cuenta las características de calidad para el consumo humano y uso eficiente del recurso hídrico.

- Se propone recubrir la tubería de aducción que se encuentra expuesta a la salida de la bocatoma, debido a que puede romperse en caso de golpear con rocas durante una creciente de la quebrada, por lo cual se recomienda proteger la tubería con estructura de concreto o provisionalmente con rocas y grava disponibles de la misma quebrada y frenar la socavación de la tubería.
- Se plantea la construcción del segundo desarenador teniendo en cuenta los requisitos exigidos por la resolución 0330 de 2017 la cual indica la existencia de 2 desarenadores en paralelo, debidamente diseñados para transportar el caudal medio diario. de esta manera garantizar el servicio cuando se proceda hacer el mantenimiento de este o suceda una falla inesperada, garantizando el abastecimiento de la planta de tratamiento.
- Se propone instalar un macro-medidor a la salida del desarenador para comparar las lecturas con el macro-medidor de entrada a la PTAP, de esta manera establecer las pérdidas que presente el sistema, ya sea por desprendimiento de tuberías o por conexiones ilegales y así se puedan efectuar los respectivos correctivos para la optimización del sistema.
- Mejorar rutas de ingreso para el mantenimiento de la bocatoma y el desarenador.
- Se propone Instalar medidas de protección y cercado para la bocatoma.

## 7. CONCLUSIONES

- Con la información recopilada de los censos poblacionales del DANE, se realizaron las proyecciones de población para el municipio de Anapoima teniendo en cuenta el periodo de diseño de 25 años para sistemas de acueductos; estipulado en la resolución 0330 de 2017. Con este índice de crecimiento año a año se extrapolo la población de las veredas a las que llega el acueducto veredal ASUARCOPSA, teniendo en cuenta que a la fecha cuenta con 570 suscriptores para una población cercana a 2850 que corresponden al 19.3% del total de la población del municipio.
- Para el año 2019 se determinó el caudal medio diario en 6.16 L/s de acuerdo con la dotación neta por habitante de 140 L/habitante x día, establecido en la resolución 0330 de 2017 incluyendo las pérdidas actuales del sistema estimadas en 25%.
- Para el año de diseño del acueducto ASUARCOPSA (2044) se estimó una población futura de 4597 personas para una dotación de caudal medio diario de 8.32 L/S.
- Para la caracterización y evaluación de la cuenca de estudio se estimó a partir de isoyetas mensuales una precipitación media mensual de 135 mm aproximadamente.
- La evapotranspiración media anual, calculada a partir de la distribución espacial, es de 90 mm aproximadamente, que es un 33.3% menor que la precipitación media mensual.
- La temperatura media mensual estimada a partir de la especialización de datos de las estaciones meteorológicas de la zona es de 16°C en la parte alta de la cuenca y de 23°C en la parte baja de la cuenca.
- El balance hidroclimático aplicado a la cuenca por la metodología de Thornthwaite, muestra que se presenta déficits de humedad del suelo los meses de junio julio y agosto; se recarga el mes de septiembre y se presentan excesos de humedad el resto del año.
- A nivel medio anual se estimaron los caudales a partir de los registros de la estación el triunfo y se generaron los caudales mensuales para la cuenca del acueducto ASUARCOPSA de la siguiente manera:
  - Caudal máximo mensual 1.189 (m<sup>3</sup>/s)
  - Caudal medio mensual 0.236 (m<sup>3</sup>/s)

- Caudal mínimo mensual 0.182 (m<sup>3</sup>/s)
- El caudal máximo estimado generado por el software SMADA online para el periodo de retorno de 25 años es de 18,884 (m<sup>3</sup>/s) y el mínimo es de 0.118 (m<sup>3</sup>/s).
- De acuerdo con el balance hídrico el Q. total medio demandado es de 11.38 del cual 9.38 L/s se requieren para la PTAP y 2 L/s para mantener el caudal ambiental de la corriente. La oferta en periodo seco es de 26.5 L/s y para el periodo húmedo es de 153 L/s. finalmente el caudal medio que queda en la corriente es de 15.12 L/s para el periodo seco y para periodo húmedo es de 141.62 L/s.
- De acuerdo con el índice de escasez establecido por el IDEAM, se tiene que la cuenca del acueducto ASUARCOPSA en época de sequía, presenta un índice medio alto de escasez y en época húmeda el índice de escasez es mínimo.
- De lo anterior evaluación se puede establecer de manera teórica que la cuenca del acueducto ASUARCOPSA es capaz de cumplir con la demanda de agua solicitada para el periodo de diseño y cumpliendo la dotación establecida por la resolución 0330 de 2017. Sin embargo, de llegar a presentarse los caudales mínimos de retorno para 25 años este; será insuficiente para abastecer la población proyectada y habrá razonamiento del líquido. Además, en este estudio no se tuvieron en cuenta las demás poblaciones que se abastecen de la quebrada campos y que también tiene derecho a su uso razón por la cual el caudal concesionado a cada acueducto se verá limitado por la entidad responsable en este caso la CAR.
- Con la realización de este proyecto se espera que se tomen las medidas correctivas para el correcto funcionamiento de las estructuras, cuyos beneficiados serán las familias de las veredas: el Consuelo, Cabral, Santa Ana, Santa Rosa y Provincia García, de manera que gocen del suministro de agua de calidad tanto para consumo humano como los usos que se le dé al recurso ya sea para agricultura, industria e incluso entretenimiento.

## 8. RECOMENDACIONES

- Recubrir la tubería de aducción que se encuentra expuesta a la salida de la bocatoma, debido a que puede romperse en caso de golpear con rocas durante una creciente de la quebrada, para lo cual se aconseja emplear concreto o provisionalmente con rocas y grava disponibles de la misma quebrada y frenar la socavación de la tubería.
- Para la tubería de aducción en contingencia por el derrumbe que está sujeta por guayas amarradas a troncos de árboles; se sugiere realizar un estudio geotécnico para la construcción de una estructura capaz de soportar los caudales máximos estimados y realizar la estabilización del talud.
- Se recomienda tener dos desarenadores en paralelo, cada uno dimensionado para transportar el caudal medio diario. de esta manera si un módulo queda fuera de servicio por mantenimiento o falla, el otro sea capaz de abastecer la planta de tratamiento.
- Se recomienda instalar un macro-medidor a la salida del desarenador para comparar las lecturas con el macro-medidor de entrada a la PTAP, para establecer las pérdidas que presente el sistema ya sea por desprendimiento de tuberías o por conexiones ilegales, de manera que se puedan efectuar los respectivos correctivos para la optimización del sistema.
- Cambiar las llaves que se encuentran dañadas o presentan fugas especialmente en la PTAP.
- Llevar registro mediante formato físico y digital de los macro-medidores de cada uno de los tanques
- Se recomienda mejorar rutas de acceso a la bocatoma y desarenador.
- Para uso provisional se recomienda dejar tubería lateral en el desarenador para efectuar los mantenimientos preventivos y garantizar la continuidad del servicio.
- Mejorar condiciones actuales del laboratorio e implementar otros métodos para determinar la calidad del recurso hídrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARRAGAN, B.L.G., TOVAR, G.N. y BUSTACARA, A.L.M., 2014. Enfermedades vehiculizadas por agua-EVA e Índice de riesgo de la calidad en Colombia IRCA. *Instituto nacional de salud, Bogotá, D.C., Colombia* [en línea], vol. 1, pp. 1–3. Disponible en: [https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion SIVICAP/2015 Enfermedades Vehiculizadas por Agua 2014.pdf](https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion/SIVICAP/2015/Enfermedades_Vehiculizadas_por_Agua_2014.pdf).
- BECERRA, P.J.A. y ALVARADO, M.R.F., 2018. *DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE APULO EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. S.I.: Universidad católica de Colombia.
- BREÑA, P.A.F. y JACOBO, V.M.A., 2006. Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. *Universidad Autónoma Metropolitana*, pp. 288.
- CABALLERO, L.J.A., 2013. *Evaluación técnica y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Girardot*. S.I.: Universidad Católica de Colombia.
- CASERO, R.D., 2007. POTABILIZACIÓN DEL AGUA. [en línea], pp. 144. Disponible en: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45471/componente45469.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45471/componente45469.pdf).
- CHOW, V. Te, 1994. *HIDROLOGIA APLICADA*. S.I.: s.n. ISBN 0070108102.
- CUALLA, R.A.L., 1995. *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. S.I.: s.n. ISBN 958-8060-36-2.
- DESCALCIFICADOR, 2017. Agua potable: Su historia. 18/01/2017 [en línea]. [Consulta: 10 septiembre 2018]. Disponible en: <https://descalcificador10.com/agua-potable-historia/>.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE CUNDINAMARCA S.A. E.S.P, F., 2017. *Programa agua a la vereda* [en línea]. 2017. S.I.: s.n. Disponible en: <http://www.epc.com.co/intranet2012/sig/Aseguramiento/planes/EPC-SIGC-Pg-08 Programa Agua a la Vereda.pdf>.
- GARCÉS, R.J.I. y CAICEDO, E.D.A., 2016. *Diagnóstico Técnico Del Acueducto Urbano Del Municipio De Quipile Cundinamarca* [en línea]. S.I.: Universidad Católica de Colombia. Disponible en: <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14066/1/Proyecto De>

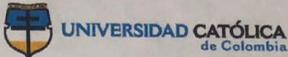
- grado DIAGNOSTICO TECNICO DEL ACUEDUCUTO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE CUND.pdf.
- ISAGEN y CEAM, CORPORACIÓN DE ESTUDIOS, E. e I.A.–, 2007. MANUAL PARA EL MANEJO DE UN ACUEDUCTO RURAL., pp. 260–276. ISSN 0022-3751. DOI 10.1113/jphysiol. 1954.sp005129.
- MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIA L, 2010. DECRETO 3930 DE 2010. [en línea], no. marzo 13, pp. 1–18. Disponible en:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9863>.
- MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL, 2007. *Decreto 1500 de 2007*. 2007. S.I.: s.n. ISBN 1065900694.
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL y MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIA L, 2017. Resolución Numero 2115. *Min ambiente* [en línea], pp. 23. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004. Disponible en:  
[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacin\\_del\\_agua/Resoluci\\_n\\_2115.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacin_del_agua/Resoluci_n_2115.pdf).
- MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO, 2016. *Decreto 1898*. 2016. S.I.: s.n.
- MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO, 2017. *Resolución 0330 “Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico -RAS”*. 2017. S.I.: 07/06/2017.
- MONSALVE, S.G., 2008. *Hidrología en la Ingeniería*. 2008. S.I.: s.n. ISBN 958-95742-1-1.
- MUNICIPIO DE ANAPOIMA. [en línea], 2018. Disponible en:  
<http://www.anapoimacundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>.
- NATIONAL GEOGRAPHIC, 2018. Así afecta el cambio climático al agua del planeta. *20 de marzo de 2018* [en línea]. Disponible en:  
[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/asi-afecta-el-cambio-climatico-al-agua-delplaneta\\_9947/1](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/asi-afecta-el-cambio-climatico-al-agua-delplaneta_9947/1).
- PEREZ, C.G., 2010. Bocatomas.,
- PÉREZ, C.Z.C., 2016. *Diagnóstico Y Evaluación De La Planta De Tratamiento De Agua Potable Del Municipio De Guateque En El Departamento De Boyacá-Colombia*. S.I.: Universidad Católica de Colombia.

- REYES T., A., BARROSO, F. y CARVAJAL E., Y., 2010. *Guía básica para la caracterización morfométricas de cuencas hidrográficas*. Primera Ed. Cali, Colombia: Editorial Universidad del Valle. ISBN 978-958-670-855-5.
- REYES, T.A., BARROSO, F.U. y CARVAJAL, E.Y., 2010. *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. Santiago de Cali: editorial Universidad del Valle.
- ROMERO, R.J.A., 1999. *Potabilización Del Agua*. 3a. edición. S.I.: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V. México, D. F.
- SANDOVAL, M.E. y PARRADO, G.A., 2018. *OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO DEL ACUEDUCTO VEREDAL DEL ALTO DEL RAMO DE MUNICIPIO DE CHIPAQUE CUNDINAMARCA*. S.I.: Universidad católica de Colombia.
- SARMIENTO, H.L.S. y SILVA, D.R., 2017. *MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE TIBANÁ-BOYACÁ*. S.I.: Universidad católica de Colombia.
- VANARMAN, J., 2005. Minimum Flows and Levels for Lake Istokpoga. , no. July. DOI 10.13140/RG.2.1.1411.9920.
- VILLEGAS, Y.P.P., 2013. Análisis Morfométrico de una cuenca. [en línea], no. L, pp. 5. Disponible en:  
<http://www.aguaysig.com/2013/10/analisis-morfometrico-de-una-cuenca.html>.

## ANEXOS

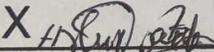
### Anexo 1. Acta de registro y compromisos

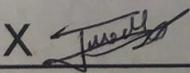
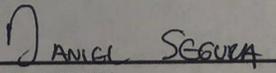
Anapoima, Cundinamarca, 02/03/19  
Señores  
Universidad Católica de Colombia.  
Bogotá D.C.



**Ref.: Acta De Registro y Compromiso**

Por medio de la presente yo ALVARO DANIEL SEGURA GARZON Identificado con cc.1012422974 de la ciudad de BOGOTA con código estudiantil 504481, y JORGE ALEXANDER HUERFANO MACIADO identificado con cc. 1013657181 de BOGOTA con código estudiantil 505663, estudiantes de la Universidad Católica De Colombia. Se realiza la primera visita a el acueducto ASUARCOPSA por medio del representante legal ARTURO PEÑALOSA PÁEZ de la ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE ANAPOIMA "ASUARCOPSA ", identificado con C.C. 3248639 del COLEGIO CUNDINAMARCA. Se realiza compromiso mutuo de asesoría técnica e informativa sobre el estado y uso actual del acueducto, de esta misma manera los estudiantes de la Universidad Católica De Colombia se comprometen a entregar los estudios realizados durante el proyecto de grado "DIAGNOSTICO Y OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ASUARCOPSA ENTRE LA BOCATOMA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO" a desarrollar en el primer semestre del año 2019 Con el objetivo de buscar alternativas o soluciones de las problemáticas encontradas durante la investigación.

X   
ARTURO PEÑALOSA PÁEZ  
REPRESENTANTE LEGAL ASUARCOPSA

X  X   
JORGE ALEXANDER HUERFANO ALVARO DANIEL SEGURA  
Estudiante Universidad Católica De Colombia Estudiante Universidad Católica De Colombia

**Anexo 2. Información Estaciones**  
**PRECIPITACION**

# C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

## VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACIÓN: 2120646 MESITAS

Latitud	0435 N	X=N=997800Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. BOGOTÁ	Categoría	CP
Longitud	7425 W	Y=E=959500Municipio	EL COLEGIO	Cuenca	R. BOGOTÁ	Fecha Instalación	
Elevación	1100 m.s.n.m	Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA			Fecha Suspensión	

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1990									47,3	158,0	118,5	130,8
1991	86,1	47,1	245,4	224,2	123,0	41,3	47,9	57,1	128,9	121,3	186,0	63,4
1992	89,3	49,7	26,5	56,0	52,5	27,4	50,9	51,9	52,0	40,9	170,8	158,6
1993	119,1	123,5	104,6	209,1	156,5	27,1	45,5	49,9	208,7	121,7	171,5	90,0
1994	144,0	122,2	186,9	243,2	182,0	61,4	69,0	68,8	47,9	186,7	151,4	29,8
1995	4,1	71,5	45,7	15,6	95,7	89,3	73,3	91,9	81,1	102,3	140,6	62,6
1996	186,3	63,8	134,0	79,7	155,1	113,2	57,0	27,7	68,5	180,3	109,1	87,2
1997	126,5	88,4	224,7	150,7	110,0	64,3	23,3	8,7	88,5	102,8	173,2	62,6
1998	13,9	56,8	124,3	109,1	71,2	34,6	50,8	69,4	72,3	72,7	72,7	111,5
1999	40,0	175,2	57,9	51,2	112,0	46,8	22,3	34,6	71,1	101,9	139,6	118,8
2000	94,3	156,8	106,1	69,8	114,1	79,9	58,1	60,8	138,4	133,8	137,4	41,4
2001	38,1	58,0	162,1	21,9	178,0	52,2	50,0	33,7	88,7	164,7	48,4	146,0
2002	43,0	30,9	150,7	197,5	132,4	93,1	68,6	45,7	65,4	175,2	96,2	180,5
2003	16,2	123,8	187,4	227,8	62,3		20,4	30,6	75,4	148,9	92,5	60,2
2004	89,1	97,3	133,8	264,6	184,3	22,6	16,6	52,9	110,8	157,6	210,4	42,7
2005	53,4	40,5	80,2	52,0	184,0	49,0	50,1	61,9	53,9	147,1	129,0	46,5
2006	44,4	79,7	156,3	229,4	175,6	63,8	19,0	27,6	49,0	150,8	217,0	135,0
2007	23,8	30,6	167,0	170,2	90,8	42,8	18,3	52,0	76,2	297,0	209,5	180,7
2008	117,8	268,5	162,8	110,3	290,0	94,1	59,7	112,2	54,1	280,1	276,5	83,7
2009	87,7	64,5	211,7	28,7	137,1	131,8	65,6	34,5	77,1	58,3		
MAXIMO	186,3	268,5	245,4	264,6	290,0	131,8	73,3	112,2	208,7	297,0	276,5	180,7
PROMEDIO	74,6	92,0	140,4	132,2	137,2	63,0	45,6	51,2	82,8	145,1	150,0	96,4
MINIMO	4,1	30,6	26,5	15,6	52,5	22,6	16,6	8,7	47,3	40,9	48,4	29,8

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACIÓN : 2120182 PEÑAS BLANCAS

Latitud	0433 N	X=N=995200Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. BOGOTÁ	Categoría	PG
Longitud	7423 W	Y=E=967200Municipio	EL COLEGIO	Cuenca	R. BOGOTÁ	Fecha Instalación	
Elevación	2450 m.s.n.m	Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA			Fecha Suspensión	

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1988		105,7	32,7	297,8	133,7	166,4	102,5	115,0	153,5	201,7	315,6	353,3
1989	63,0	127,9	329,6	64,9	201,0	50,4	62,0	45,0	153,2	181,0	233,7	167,4
1990	94,3	148,6	82,1	249,8	188,4	52,5	71,7	37,8	92,7	207,5	181,7	198,5
1991	75,2	63,2	372,9	193,2	139,9	91,9	63,1	87,0	191,6	84,0	160,3	159,0
1992	80,0	82,4	68,0	97,5	68,4	30,4	89,9	74,1	58,7	96,5	197,9	119,7
1993	93,5	122,5	85,2	159,3	78,6	68,4	8,2	19,0	63,0	112,6	215,8	126,9
1994	98,2	141,2	182,6	227,3	171,6	99,6	67,2	81,0	64,6	290,5	128,2	22,3
1995	40,0	125,7	199,5	165,8	217,7	134,0	59,0	153,8	61,4	193,1	184,8	178,8
1996	125,4	100,5	214,2	164,5	190,0	106,7	117,4	35,7	85,3	165,0	162,9	96,2
1997	208,8	59,6	144,1	47,2	41,8	15,1	35,4	19,4	71,1	105,1	104,0	27,8
1998	50,7	57,6	115,6	115,0	138,7	109,4	79,7	38,9	62,5	147,8	246,6	155,2
1999	135,9	30,2	30,6	91,0	95,5	53,0	60,0	90,1	159,0	278,3	203,2	134,2
2000	148,3	126,0	257,9	116,8	119,1	51,4	78,5	79,9	105,6	156,6	169,2	59,5
2001	40,2	120,9	164,1	103,3	119,8	71,5	39,7	31,6	93,2	171,9	186,3	210,8
2002	56,9	56,9	67,2	365,0	12,7	32,9	56,9	54,7	108,8	129,6	71,5	77,5
2003	32,2	77,8	144,8	238,7	63,8	0,0	176,8	54,8	90,7	261,0	164,3	157,8
2004	101,9	113,6	81,1	256,3	152,1	20,3	65,2	53,1	156,9	194,6	321,3	93,2
2005	113,8	91,7	65,9	91,2	242,6	106,9	37,3	62,5	74,8	163,2	121,2	231,0
2006	80,4	123,4	244,2	280,4	200,1	82,1	70,5	23,3	36,8	255,4		174,5
2007	110,0	14,3	133,9	146,4	107,1	48,5	31,4	90,3	84,6	305,8	104,0	198,0
2008	124,9			125,8		116,6	101,6	186,2	85,3	225,6	455,2	216,7
2009		138,4	313,1	168,2	97,1	118,4		36,9	39,2			
MAXIMO	208,8	148,6	372,9	365,0	242,6	166,4	176,8	186,2	191,6	305,8	455,2	353,3
PROMEDIO	93,7	96,6	158,5	171,2	132,4	73,9	70,2	66,8	95,1	187,0	196,4	150,4
MINIMO	32,2	14,3	30,6	47,2	12,7	0,0	8,2	19,0	36,8	84,0	71,5	22,3

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACIÓN : 2120635 LAGOS LOS

Latitud	0430 N	X=N=990700	Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. CALANDAIMA	Categoría	CO
Longitud	7426 W	Y=E=963500	Municipio	VIOTA	Cuenca	R. CALANDAIMA	Fecha Instalación	07/01/1988
Elevación	2000 m.s.n.m		Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA			Fecha Suspensión	01/02/2001

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1988							11,4	110,4	161,2	151,6	296,3	233,9
1989	113,6	121,1	443,1	68,7	200,2	55,0	35,0	37,7	161,2	105,0	175,0	73,7
1990	93,1	242,0	183,2	173,0	183,2	69,8	53,8	94,3	44,0	253,8	195,0	191,0
1991	89,2	25,5	391,0	186,0	95,1	83,1	66,0	32,4	101,5	100,0	257,0	224,0
1992	75,0	55,7	53,0	73,1	95,9	21,5	74,0	87,4	63,5	78,3	232,9	197,2
1993	146,0	125,3	109,2	255,0	155,8	55,0	52,0	41,0	197,0	131,0	232,0	238,0
1994	146,0	198,0	149,0	212,8	234,4	74,0	146,3	75,5	81,2	268,5	171,1	42,9
1995	31,4	151,2	270,5	184,0	185,6	84,0	59,2	114,5	91,0	189,6	144,9	167,8
1996	137,3	100,0	271,9	136,2	193,0	126,6	107,5	58,6	68,9	279,2	97,0	120,4
1997	324,1	47,2	176,6	174,7	62,9	49,2	48,2	7,9	53,4	78,3	83,1	20,6
1998	48,9	34,4	108,3	124,8	120,4	67,6	42,8	113,4	77,9	135,2	149,2	94,6
1999	161,5	209,8	193,4	156,0	95,2	83,5	36,9	40,6	140,1	167,1	186,4	87,9
2000	76,4	58,0	200,0	90,1	178,0	98,0	83,0					
MAXIMO	324,1	242,0	443,1	255,0	234,4	126,6	146,3	114,5	197,0	279,2	257,0	238,0
PROMEDIO	124,2	119,1	213,6	158,6	147,4	69,9	65,6	63,9	98,2	162,4	174,9	132,6
MINIMO	31,4	25,5	53,0	68,7	62,9	21,5	35,0	7,9	44,0	78,3	83,1	20,6

# EVAPORACION

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mm)

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS

Latitud 0435 N X=N=997800 Departamento CUNDINAMARCA Corriente R. BOGOTÁ Categoría CP  
 Longitud 7425 W Y=E=959500 Municipio EL COLEGIO Cuenca R. BOGOTÁ Fecha Instalación  
 Elevación 1100 m.s.n.m Oficina Provincial 13 TEQUENDAMA Fecha Suspensión

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991	106,8	94,4	88,1	79,7	77,3	65,5	72,6	87,4	104	96,6	82,2	67,8
1992	120,7	108,6	110,9	78,1	79,9	103,8	108	116,7	109,2	82,5	81,3	68,4
1993	68,9	80,5	74,4	65	69,4		84,4	127,5	68,4	97,1		74,4
1994	64	57,8	57,1	71	83,8	93,8	78,2	90,4	96,6	66	42,2	97,7
1995	120	118	109	69,6	99,9	77	66,5	79,9	73,9	74,2	46,1	61,2
1996	55,2	15,4			86,4	83	94,8	112,5	94,7	56,9	73,6	98,7
1997	49	42,8	78,1	74,5	91,3	63,8	57,4	85,7	90,5	66,2	71	105,5
1998	160,8	78,6	73,5	81,4	37,4	64,7	68,8	195	47	47,4	36,6	121,9
1999	52,9	39,1	72,8	56,1	61,4	70,7	100,9	90,4	67,3	47,7	83,8	74,5
2000	67,4	82	88,5	73	46,2	81,6	94	103,8	83,2	92,3	96,1	91,7
2001	118,1	56,7	85,4	91,6	88,9	104,9	133,4	118,4	103,2	98,4	70,6	64,8
2002	138,6	124,2	92,3	77,9	90,3	78,4	103,6	116,6	123,9	108,6	88,8	45,8
2003	144,4	115,2	124,7	120,8	97,6		88,1	127,9	94,1	114,8	87	111,5
2004	125,9	150,9	121,9	86,9	96,9	102,4	87,4	101,8	92,3	79,3	65,8	77,6
2005	100,6	103,3	131,1	92,6	118,2	123,4	113,7	117,1	107,8	105,1	102,3	86,9
2006	89,1	108	107,4	81,8	114,6	80,6	91,7	144,8	137,8	108	107,5	75,3
2007	125,9	181,6	121,1	89,8	79,1	97,5	124,2	102,2	126,2	102,7	112,6	98,3
2008	99,1	133,2	116	99,2	99	67,6	102,6	87	107,6	117,3	80,8	77,4
2009	82,8	95,7	83,4	42,1	96,4	98,4	118,1	135,8	154,7	136,5	93,5	121,9
2010	168,6	144,3	123,1	89,3	96,8	90,7	91,3	112,2	95,1	109,2	87	93,7
2011	129,7	100,1	93,9	104,9	89,9	83,4	107,4	125,8	122,7	98,6	91,3	87,3
2012	108,4	112,6	106,1	83,5	93,3	122,3	113,4	130,4	133,9	117,2	98,2	120,8
2013	141,5	87,4	103,2	101,5	86,9	117,6	133,7	124,4	135,6	120,2	95,6	83,8
2014	109,8	114,3	106,4	106,1	99,2	87,5	128,7	125,9	130,8	86,4	98	106,4
2015	121,7	102,6	115,4	93,7	107,6	88,6	125,1	135,8	149,4	130,7	88	147,6
2016	155,1	131	132,2	92,9	97,5	96,4	109,2	145,4	114,4	111,6	93,7	82,7
2017	92,7	139,5	88,6	112,1	88,7	90,6	102,5	123,6	119,5	102,2	98,8	120,3

2018 100,3 111,6 117,5 88,9 71,7

MAXIMO	168,6	181,6	132,2	120,8	118,2	123,4	133,7	195,0	154,7	136,5	112,6	147,6
PROMEDIO	108,1	100,7	100,2	85,2	87,9	89,4	100,0	117,2	106,8	95,3	83,6	91,3
MINIMO	49,0	15,4	57,1	42,1	37,4	63,8	57,4	79,9	47,0	47,4	36,6	45,8

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mm)

ESTACIÓN : 2120635 LAGOS LOS

Latitud	0430 N	X=N=990700	Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. CALANDAIMA	Categoría	CO
Longitud	7426 W	Y=E=963500	Municipio	VIOTA	Cuenca	R. CALANDAIMA	Fecha Instalación	07/01/1988
Elevación	2000 m.s.n.m		Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA			Fecha Suspensión	01/02/2001

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991	46,9	42,1	55,7	65,9	43,3	50,5	48,2	52,3	47,2	56	51,9	42,4
1992	48,5	54,4	65,6	48,6	55,9	55,6	59,3	68,4	48,1	55,6	54,2	
1993	51,9		44,7	67,1	54,5	48,1	48,8	50,9	55,7	53,2	41	50,1
1994	59,4	41,1	50,1	64,6	62,2	53,9	33,3	68,6	77,9	56,8	27,7	44,8
1995	58,7	72,8	51,2	49,3	49	37,6	39,7	22,5	60,6	52,3	52,2	49
1996	48,6	37,9	48,2	29,7	36,5	46	41,2	47,2	57,6	51	52,9	57,5
1997	49,9	69,6	81,3	77,6	51,6	41,8	58,9	78,7	52,3	63,7	47,6	56,4
1998	52,8	40,3	46,1	15,7	35,2	42,5	46,2	44,8	27,4	39,6	18	37,4
1999	32,7	30,7	25,3	15,5	11,2	15,3	33,9	38	31,8	33,6	11,9	36,5
2000	40,9	22	9,4	37,5	71,1	15,2	7					
MAXIMO	59,4	72,8	81,3	77,6	62,2	55,6	59,3	78,7	77,9	63,7	54,2	57,5
PROMEDIO	49,9	48,6	52,0	48,2	44,4	43,5	45,5	52,4	51,0	51,3	39,7	46,8
MINIMO	32,7	30,7	25,3	15,5	11,2	15,3	33,3	22,5	27,4	33,6	11,9	36,5

# HUMEDAD

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS

Latitud	0435 N	X=N=997800 Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. BOGOTÁ	Categoría	CP
Longitud	7425 W	Y=E=959500 Municipio	EL COLEGIO	Cuenca	R. BOGOTÁ	Fecha Instalación	
Elevación	1100 m.s.n.m	Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA			Fecha Suspensión	

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991	74	72	81	78	80	77	72	67	73	74	83	82
1992	74	74	71	75	78	68	72	71	75	74	75	82
1993	78		76	81	81	75	70	66	72	74	87	81
1994	80	81	83	83	81	74	72	67	67	75	82	77
1995	68	64	81	82		77	76	76	72	78	75	76
1996	74	76	80	75	77	76	71	61	60	72	77	72
1997	75	70	74	79	74	72	62	48	60	64	74	63
1998	60	65	65	73	68	65	63	59	66	68	78	85
1999	90	78	74	82	78	73	65	62	65	66	69	67
2000	53	57	61	61					83	81	82	80
2001	75	74	79	75	78	79	76	71	75	77	80	93
2002		74	71	79	82	76	66					
2003								72	77	82	80	79
2004	78	79	78	83	83	79	79	75	77	82	83	71
2005	80	79	79	79	80	76	27	80	78	84	87	
2006	84	84	86	89	91		78	77	79	90	94	
2007	84	75	82	85			81	85	75	81	82	83
2008	80	79	80	82	84	81	76	78	74	80	85	78
2009	80	76	79	80	77	78	72	71	63	72	77	70
2010	61	61	68	73	77	76	76	68	73	73	81	79
2011	74	77	75	75	78	74	67	63	67	77	80	80

2012	78	66	63	78	83	75	67	69	68	77	79	75
2013	66	80	78	75	85	77	72	70	70	76	85	81
2014	79	79	86	77	83	78	66	64	65	76	83	80
2015	70		76	79	80	84	70	61	56	75	89	77
2016	81	83	79	85	78	74	73	64	73	79	86	86
2017	84	73	86	81	85	83	76	73	74	77	81	84
2018	82	76	78	79	84							

MAXIMO	90	84	86	89	91	84	81	85	83	90	94	93
PROMEDIO	75,5	74,1	76,6	78,6	80,2	76,0	69,8	68,7	70,7	76,3	81,3	78,4
MINIMO	53	57	61	61	68	65	27	48	56	64	69	63

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)

ESTACIÓN : 2120635 LOS LAGOS

Latitud	0430 N	X=N=990700	Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente .	CALANDAIMA	Categoría	CO
Longitud	7426 W	Y=E=963500	Municipio	VIOTA	Cuenca .	CALANDAIMA	Fecha Instalación	07/01/1988
Elevación	2000 m.s.n.m		Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA			Fecha Suspensión	01/02/2001

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991	79	78	82	83	82	82	79	78	80	82	90	89
1992	82	82	81	81	80	72	71	71	72	75	80	80
1993					90	86	83	80	85	84	91	88
1994	88	88	90	91	88	88	85	83	77	83	87	85
1995	81	79	85	86	85	86	82	82	77	81	81	82
1997	86	83	81	84	82	83	81	74	79	81	86	82
1998	81	80	81	83	85	83	83	82	84	89	91	88
1999	92			80	81	84	79	72	82	85	88	89
2000	81	84										
MAXIMO	92	88	90	91	90	88	85	83	85	89	91	89
PROMEDIO	84,1	81,7	83,3	84,0	84,1	83,0	80,4	77,8	79,5	82,5	86,8	85,4
MINIMO	79	78	81	80	80	72	71	71	72	75	80	80

# BRILLO SOLAR

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (Horas)

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS

Latitud	04° 34' 43,7" N	X=N=997800 Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. BOGOTÁ	Categoría	CP
Longitud	74° 26' 20,5" W	Y=E=959500 Municipio	EL COLEGIO	Cuenca	R. BOGOTÁ	Fecha Instalación	
Elevación	1069 m.s.n.m	Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA			Fecha Suspensión	

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991	222,5	142,8	139,4	129,4	109,7	124,2	111,1	89,5	94,8	147,7	97,6	129,6
1992	193	139,8	155,2	119,3	115,6	149,8	130,8	130,7	134,6	125,5	123,3	158,5
1993	127,9	153,1	101,2	107,4	99,2	116,6	150	160,8	117,6	133,6	99,8	150,9
1994	161,7	114,2	115,9	105	120,9	155,7	141,4	142,3	118,5	148,7	116,6	146,8
1995	178,4	172,2	110,7	117,9	127,2	126,2	115,3	106,4	106,1	108,7	123,2	162,4
1996	201,1	137,8	41,2	128,9	105,7	118,2	145,7	158,8	139,8	131,3	141,6	171
1997	175,5	156,5	165	125	144,3	148,3	144,7	157,3	151,5	157,2	147,7	232,3
1998	208,3	162	134,5	120,3	112,5	88,5	76,1	118,4	131,9	164,1	143,6	156,7
1999	128,8	85,8	146	134,7	131,7	119	166,5	160,1	107,7	136,2	158,7	97,4
2000	162,2	123,4	101,6	78,7	72,2	102,3	103,4	138,4	73	73,3	101,8	82,5
2001	161,7	95,7	76,8	115,8	71,3							
2002						121,6	135,9	145,7	139,5	150,6	74,1	96,5
2003	232,4	149,8	134,1	101,7	118	78,8	138,4	231,7	121,1	119,9	149,3	234,1
2004	217,9	200,9	159,7	119	114,3	142,3		50	134,9	144,2	123,7	222,9
2005	173,6	126,3	157,8	104,4	146,5	107,3	167,8	138,2	124,7	135,3	42,8	41,7
2006	85,7	156,8	96,2	89,4	124,7	116,4	110	149,9	140,3	118,6	109,7	119,9
2007	160,7	231	107,1	117,8	111,4	119	135,1	114	132	136,3	133,8	137,4
2008	139,7	147,9	149,7	119,9	103,9	81,7	114,4	123,2	128	134,1	106,8	142,8
2009	103,7	123,4	94,6	112,2	112,1			57,6	162,4	163,1	147,9	188,6
2010	215	167,6	139	123,5	111,6	110,4	102,1	116,5	106,2	126,3	89,6	103,5
2011	202,9	107,3	118,4	119,6	97,3	115,8	115	150,8	128,4	117,8	113	116,4
2012	151,8	171,2	100,1	86,5	117,1	138,6	110,2	156,4	130,4	156,3	149,4	176,9
2013	190,5	116,1	147,6	167,2	109,7	156,9	163,3	148,6	160,8	179,5	135,6	145,7
2014	173,7	161,1	152,3	150	133,9	133	164,4	153,1	143,7	114,3	150	178,2
2015	194,1	150,2	161,9	139,1	148,4	106,5	155,6	151	164,9	155,3	116,2	192,2
2016	229,5	155,1	179,9	109	129,9	132	147,9	176,2	163,5	167,9	122,3	137,6
2017	133,7	207,5	120,4	143,4	135,4	129,4	132	175,1	145,3	127,9	147,4	166,2

2018 165,6 145,2 153,6 85,6

MAXIMO	232,4	231	179,9	167,2	148,4	156,9	167,8	231,7	164,9	179,5	158,7	234,1
PROMEDIO	173,76	148,17	128,14	117,43	116,33	121,54	132,38	138,49	130,83	137,45	121,75	149,57
MINIMO	85,7	85,8	41,2	78,7	71,3	78,8	76,1	50	73	73,3	42,8	41,7

# TEMPERATURA

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS

Latitud	0435 N	X=N=997800 Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente R. BOGOTÁ	Categoría	CP
Longitud	7425 W	Y=E=959500 Municipio	EL COLEGIO	Cuenca R. BOGOTÁ	Fecha Instalación	
Elevación	1100 m.s.n.m	Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA		Fecha Suspensión	

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991	23,6	23,8	22,9	23,2	23,2	23	23	23,1	24,1	22,9	21,8	22,3
1992	22,4	22,4	23,1	23,7	24	23,5	22,1	23	22,6	22,9	23,2	22,3
1993	22,2		22,7	21,9	22	22,4	22,4	23,8	23,6	23,2	21,6	22,5
1994	22,3	21,7	21,9	21,8	21,6	21,7	21,1	21,6	22,2	21,3	20,8	21,5
1995	22,4	23,3	23,1	23,1		22,3	22,2	22	22,5	21,6	23,7	23
1996	23,4	23	23	23,4	23,4	23	23,1	23,6	23,8	23,1	22,8	22,6
1997	22,5	23,3	23,4	22,3	23,4	23,6	23,6	24,9	24,2	24,1	22,9	24,5
1998	25,5	26,2	25,8	24,5	24,1	23,5	23,5	23,9	24,5	24,8	24,4	23,7
1999	21,6	21,5	22,3	23	23,6	21,9	22,7	23,1	21,6	21,4	22	22,3
2000	23,3	23,8	24,7	23,1					20,1	21	20,8	20,9
2001	21,6	22,3	21,4	22,2	21,9	22,3	23,4	23,6	22,9	22,6	22,8	24,6
2002		25,4	25,7	23,5	23,7	22,8	24,3					
2003								25,4	25,2	25,1	24,8	25,1
2004	25	25,5	25,7	24,8	25	25,1	25	24,7	22,2	21,8	22,1	22,3

2005	22,6	23,1	23,1	23,4	23,1	23,4	23,8	23,8	24,6	23,2	23,4	
2006	24,6	25	24,3	23,9	24,1	23,5	22,2	23,1	24,3	24,3	23,6	24,6
2007	25,8	26,5	25	24,6			21,3	20,8	22,7	21,7	21,9	21,6
2008	22,3	22,6	22,6	22,4	22,1	22,3	22,8	23,1	23,7	23,2	23,1	24,5
2009	24,6	23,7	21,4	22,2	22,5	22,3	22,5	23,6	24,5	23,6	23,2	23,4
2010	25	25,6	24,2	23,7	24,6	23,8	23,5	24	23,7	23,8	22,8	24,2
2011	24,2	22,8	22,6	22,4	22,2	22,7	23,1	23,3	23,1	21,8	21,7	21,7
2012	21,9	22,9	24,2	23,2	24,3	24	23,5	23,9	24,2	23,3	23,3	23,2
2013	24,3	23,2	23,7	24,3	22,6	23,8	23,4	25,5	25,7	24,9	23,1	17,7
2014	23,2	23,5	23,3	23,6	22,9	23,2	24,3	24,2	24,7	23,3	23,1	22,9
2015	23,4		22,8	23,5	23,5	22,5	24,3	25,2	26,1	23,5	20,8	23,6
2016	23,9	23,1	24,4	24	24,3	24,1	23,4	24,8	25	24,4	23,2	22,3
2017	22,3	24,4	22,5	23,4	23	23	23	23,9	23,9	23,3	23,2	22,7
2018	22,4	22,8	23,4	22,9	23,4							
MAXIMO	25,8	26,5	25,8	24,8	25,0	25,1	25,0	25,5	26,1	25,1	24,8	25,1
PROMEDIO	23,4	23,7	23,5	23,3	23,3	23,1	23,1	23,7	23,7	23,1	22,7	22,8
MINIMO	21,6	21,5	21,4	21,8	21,6	21,7	21,1	20,8	20,1	21,0	20,8	17,7

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

ESTACIÓN : 2120635 LAGOS LOS

Latitud	0430 N	X=N=990700 Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente R. CALANDAIMA	Categoría	CO
Longitud	7426 W	Y=E=963500 Municipio	VIOTA	Cuenca R. CALANDAIMA	Fecha Instalación	07/01/1988
Elevación	2000 m.s.n.m	Oficina Provincial	13 TEQUENDAMA		Fecha Suspensión	01/02/2001

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991	19,4	19,9	19,4	20,4	20,3	19,3	19	17,5	16,5	15,7	15,1	15,3
1992	16,3	17,3	18,6	18,3	20,1	20,5	20,2	20,3	20,1	20,3	19,6	19,6
1993	19,9	19,8	19,9	20,1	20,3	20,3	20,4	20,7	18,7	18,3	17,4	17,9
1994	18,1	17,6	17,3	17,5	19,4	19,1	18,8	18,6	18,8	17,6	17	17,2
1995	17,6	18,5	18	18	17,5	17,3	17,4	17,9	18,4	17,8	18,3	17,4
1997	17,2	17,7	18	17,9	17,9	17,8	18	19,1	18,7	18,6	18,1	19
1998	19,6	20,9	20	20,1	19	19,5	18,7	19,3	18,6	18	17,5	17,7
1999	17,2			17,5	16,9	17,5	17,2	17,2	17,2	16,7	16,7	16,6
2000	15,4	15,8										
MAXIMO	19,9	20,9	20,0	20,4	20,3	20,5	20,4	20,7	20,1	20,3	19,6	19,6
PROMEDIO	18,2	18,8	18,7	18,7	18,9	18,9	18,7	18,8	18,4	17,9	17,5	17,6
MINIMO	16,3	17,3	17,3	17,5	16,9	17,3	17,2	17,2	16,5	15,7	15,1	15,3

# VIENTO

## C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica

### VALORES MENSUALES DE DIRECCIÓN PREDOMINANTE Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/seg)

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS

Latitud 0435 N X=N=997800  
 Longitud 7425 W Y=E=959500  
 Elevación 1100 m.s.n.m

Departamento CUNDINAMARCA  
 Municipio EL COLEGIO  
 Oficina Provincial 13 TEQUENDAMA

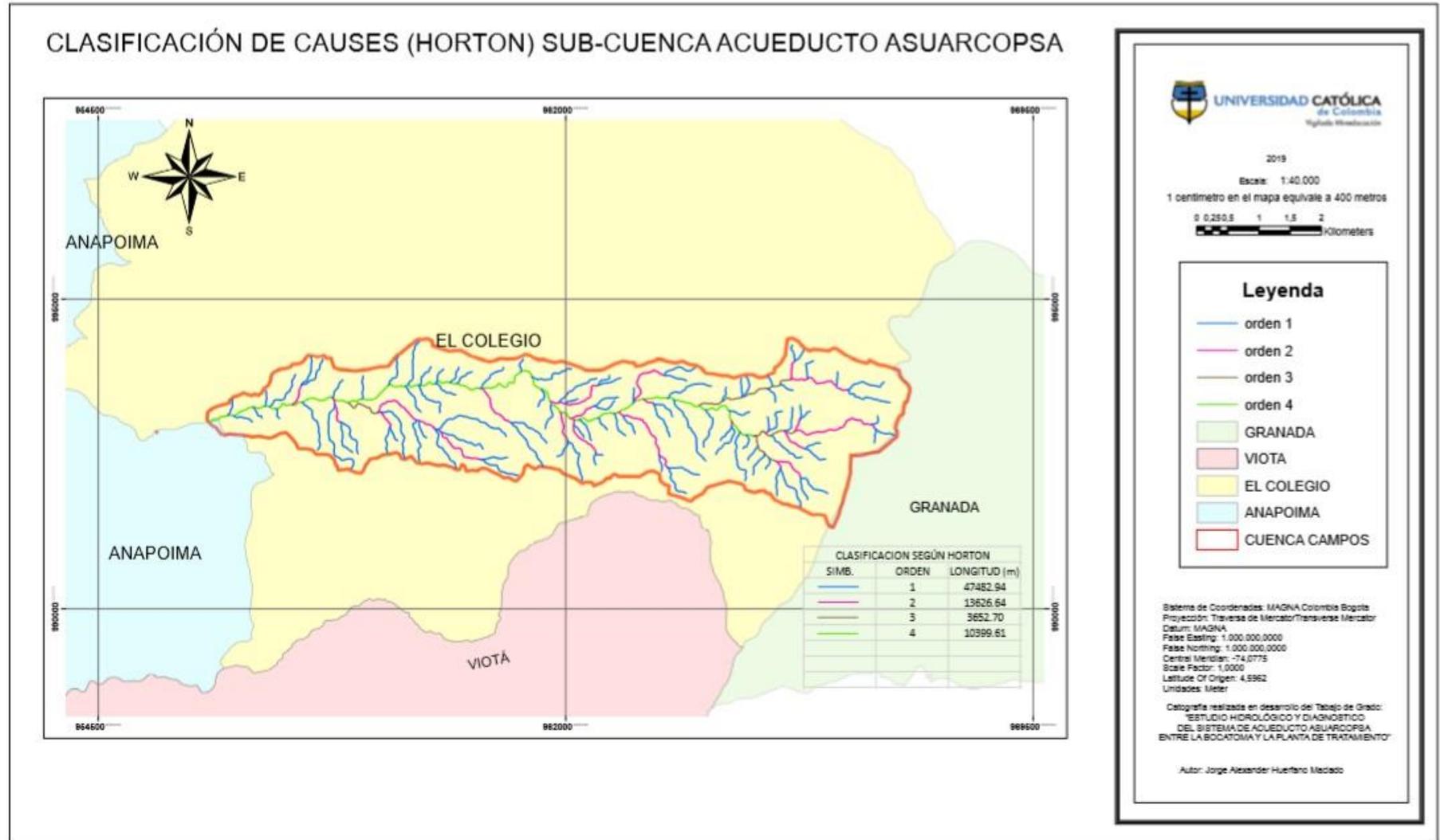
Corriente R. BOGOTÁ  
 Cuenca R. BOGOTÁ

Categoría CP  
 Fecha Instalación 09/01/1990  
 Fecha Suspensión

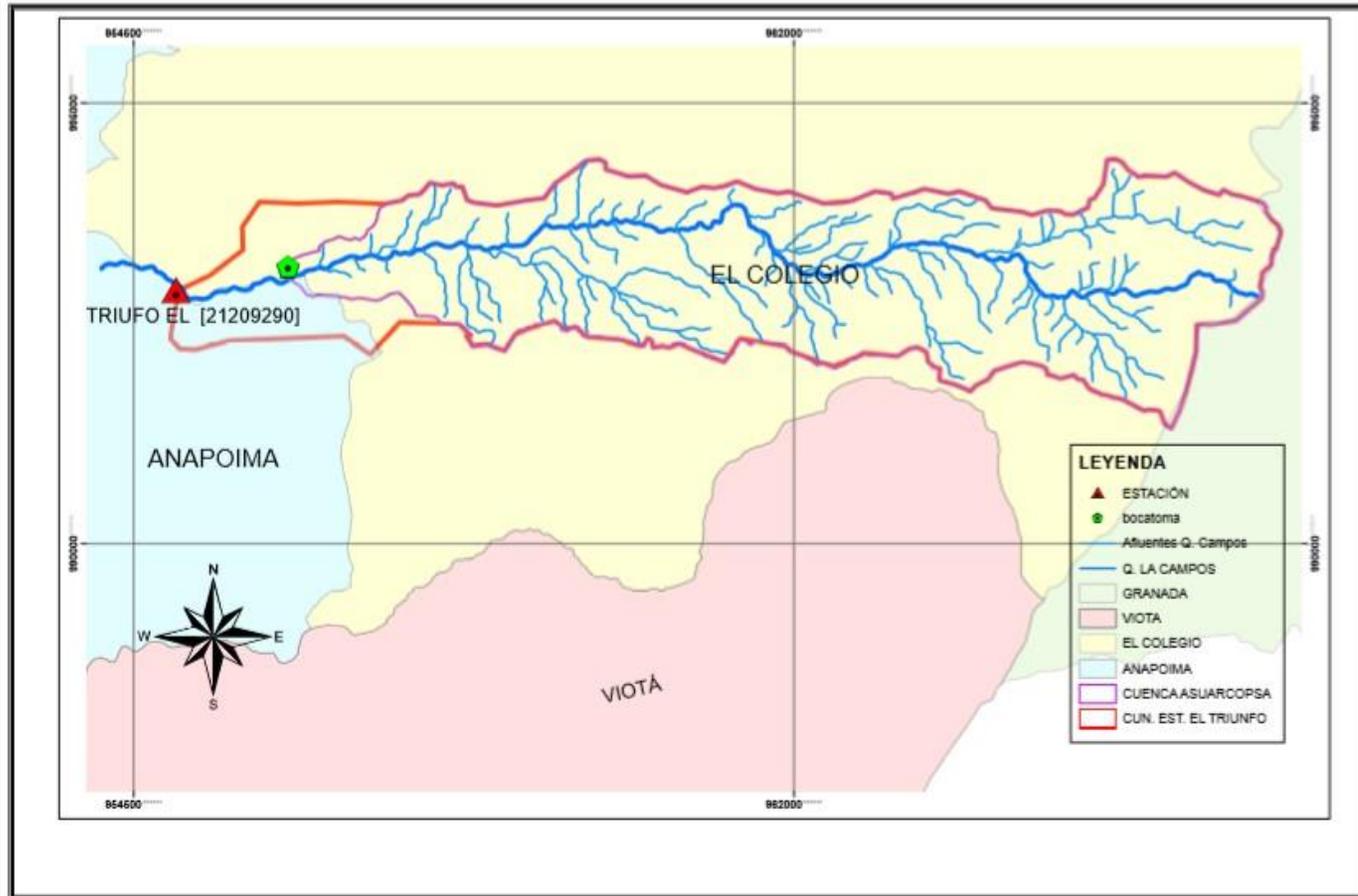
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991	SE 2,5	SE 2,4			E 2,1	SE 2,3	E 2,2	SE 2,4	SE 2,4	SE 2,4	SE 2,1	SE 2,1
1992	SE 2,4	SE 2,3	SE 2,5	SE 2,2	S 2,3		SW 2,3	SW 2,4	SW 2,4	SW 2,4	SW 2,1	SW 2,2
1993	SW 2,2	SW 2,3	SW 2,1	SW 2,1	E 2	E 2,2	E 2,1	E 2,2	E 2,2	E 2,1	E 2,1	E 2,1
1994	E 2	E 2,1	E 2	E 2	E 2	E 2	E 2,2	E 2,1	E 2,2	E 2,1	SE 2,2	SE 2,2
1995	E 2,3	E 2,3	E 2	E 2	SE 1,9		SE 2,2	SE 2,3	SE 2,3	SE 2	SE 2	SE 2,3
1996	SE 2,3	SE 2,1	SE 2	SE 2,2	SE 2,1	SE 2,1	SE 2,2	SE 2,4	SE 2,4	SE 2,3	SE 2,1	SE 2,6
1997	SE 1,9	SE 2,4	SE 2,2	SE 2	SE 2,1	SE 2,1	SE 2,2	SE 2,3		SE 2,2	SE 1,9	SE 2
1998	SE 2	SE 1,8	SE 2,1	SE 1,9	SE 2,1		SE 2,2		SE 1,9	SE 1,9		
1999	SE 2,1	SE 2,2	SE 2,1	SE 2	SE 2,1				SE 2,1	SE 2,1	SE 1,9	SE 2,1
2000	SE 2,1	SE 2,2	SE 2,1	SE 2	SE 2	SE 2,3	SE 2,3	SE 2,4	SE 2,2	SE 2,2	SE 1,9	SE 1,9
2001	SE 2,6	SE 2,2	SE 2,1	SE 2,2	SE 2	SE 2	SE 2		SE 2,2	SE 2,5	SE 2,1	SE 2,2
2002	SE 2,5	SE 2,4	SE 2		SE 2,2	SE 2,5	SE 2,1	SE 2,2				
2003	SE 2,9	SE 2,1	SE 2,1	SE 1,8	SE 2	SE 2	SE 2,2	SE 2,2	SE 2,2	SE 1,2	SE 1,2	SE 1,1
2004	SE 1,1	SE 1,1	SE 1,2	SE 1,2	SE 1,3	SE 1,2						
2005			SE 1,1	SE 1,2	SE 1,2	SE 1,2	SE 1,1					
2006	SE 2,2	SE 2,2	SE 1,9	SE 1,8	SE 2	SE 2,1	SE 2,2	SE 2,3	SE 2,4	SE 1,9	SE 2,1	SE 2,1
2007	SE 2,4	SE 2,8	SE 2,1	SE 1,9	SE 2	SE 2,1		SE 2,1	SE 2,3	SE 1,9	SE 2	SE 1,9
2008	SE 2,2	SE 2,1	SE 2	SE 1,9	SE 1,8	SE 2	SE 2	SE 2	SE 2,3	SE 2	SE 1,7	SE 1,9
2009	SE 1,9	SE 2,1	SE 1,7	SE 1,8	SE 1,9			SE 2,2	SE 2,4	SE 2,2	SE 2,1	SE 2,3
2010	SE 2,6	SE 2,5	SE 2,2	SE 1,8	SE 1,7	SE 1,9	SE 1,8	SE 2	SE 1,9	SE 1,9	SE 1,6	SE 1,7
2011	SE 2,3	SE 1,9	SE 1,7	SE 1,7	SE 1,7	SE 1,8	SE 2,1	SE 2,1	SE 2,3	SE 1,8	SE 1,6	SE 1,8
2012	SE 2	SE 2,1	SE 1,9	SE 1,7	SE 2	SE 2,1	SE 2,1	SE 2	SE 2,3	SE 2	SE 2	SE 2,1
2013	SE 2,3	SE 1,9	SE 1,9	SE 2,3			SE 2,3	SE 2,1	SE 2,3	SE 2,2	SE 1,7	SE 1,8
2014	SE 2	SE 2,1	SE 2,3	SE 2	SE 1,7	SE 1,9	SE 2,1					
MAXIMO	2,9	2,8	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,2	2,6
PROMEDIO	2,21	2,15	2,01	1,93	1,88	1,96	2,06	2,11	2,15	2	1,85	1,98
MINIMO	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1

**Anexo 3. Datos caudales.**

## Anexo 4. Cartografías Sig.



# ISOLINEAS DE PRECIPITACIÓN SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA





**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia  
*Ugualmente Mejorándose*

2019  
Escala: 1:35.168  
1 centímetro en el mapa equivale a 400 metros



0 0.22845 0.5 1.35 1.8 Kilometers

**Leyenda**

- ▲ ESTACIONES
- Afluentes Q. Campos
- Q. CAMPOS
- GRANADA
- VIOTÁ
- EL COLEGIO
- ANAPOIMA
- SUB-CUENCA

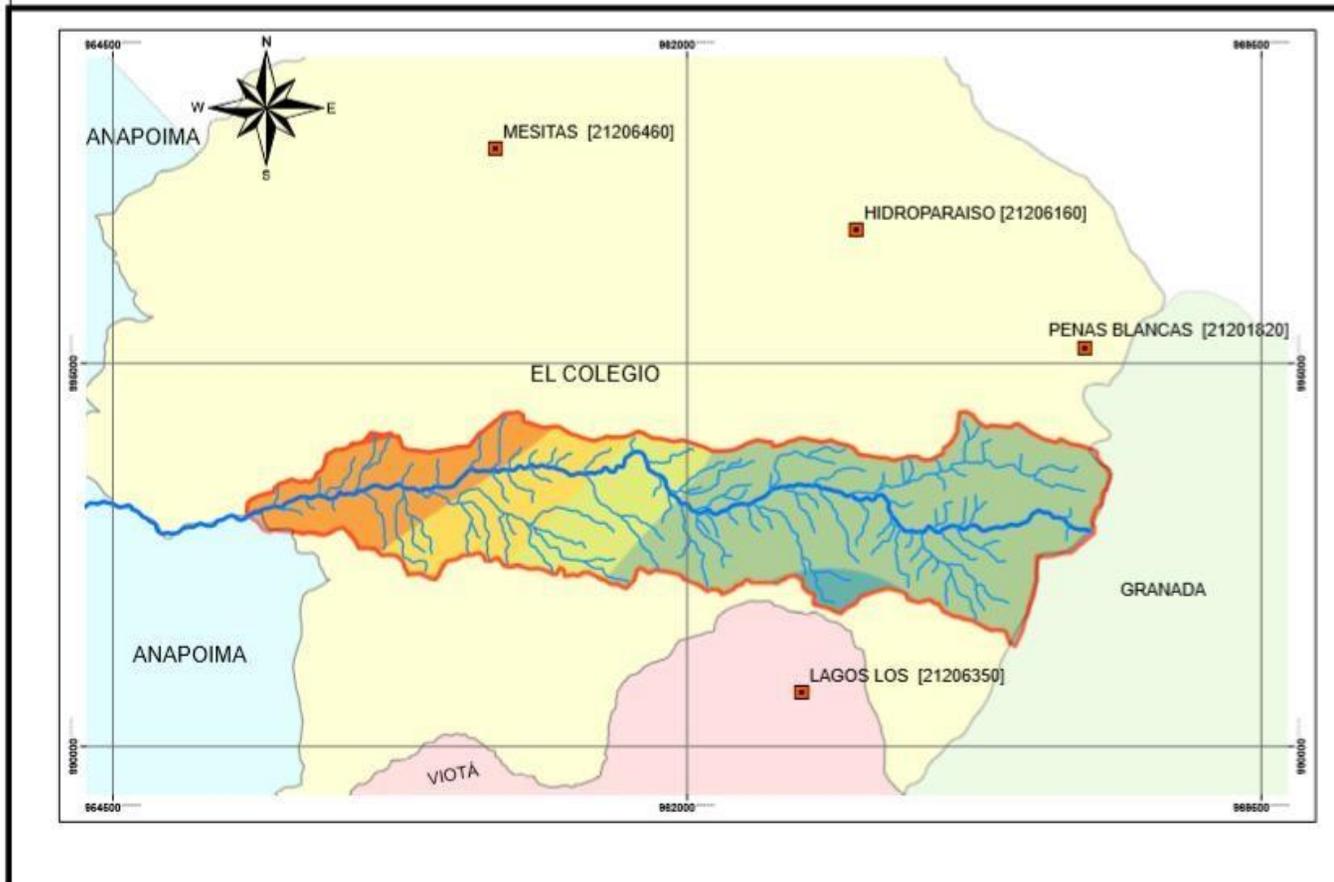
**precipitación (mm)**

- 235 - 241
- 242 - 245
- 246 - 249
- 250 - 254
- 255 - 259
- 260 - 264

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá  
Proyección: Tránsito de Mercator  
Datum: MAGNA  
Paso Este: 1.000.000.0000  
Paso Norte: 1.000.000.0000  
Meridiano Central: -74,0775  
Factor de Escala: 1,0000  
Latitud de Origen: 4,5962  
Unidades: Metros

Cartografía realizada en desarrollo del Trabajo de Grado:  
"ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIAGNÓSTICO  
DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ASUARCOPSA  
ENTRE LA BOCATOMIA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO"  
Autor: Jorge Alexander Huerfano Maciedo

# ISOLINEAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA



2019  
Escala: 1:40.000  
1 centímetro en el mapa equivale a 400 metros



### Legenda

- ESTACIONES
- Afuentes Q. Campos
- Q CAMPOS
- GRANADA
- VIOTÁ
- EL COLEGIO
- ANAPOIMA
- SUB-CUENCA

**evapotranspiración (mm)**

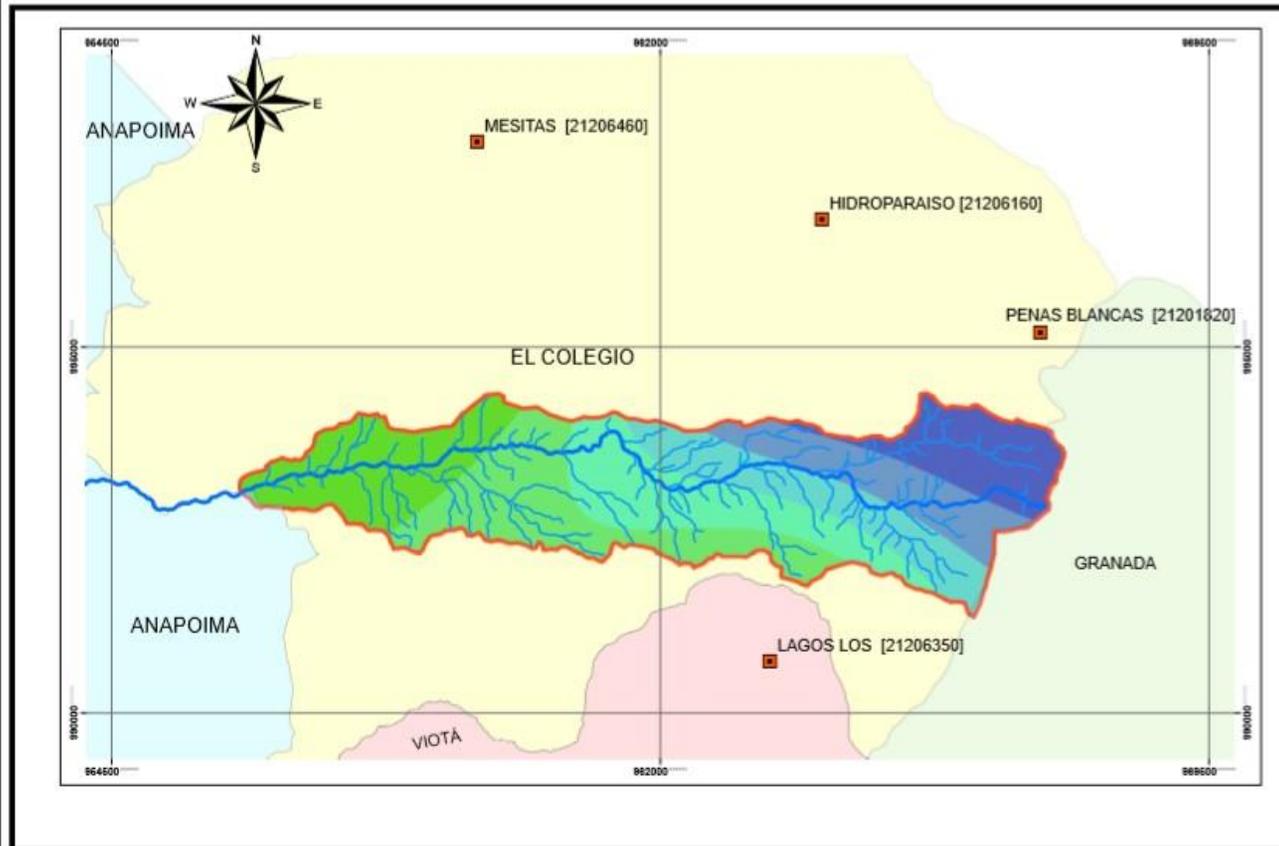
68 - 70
71 - 80
81 - 90
91 - 100
101 - 110
111 - 120

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá  
Proyección: Tránsito de Mercator  
Datum: MAGNA  
Falso Este: 1.000.000.0000  
Falso Norte: 1.000.000.0000  
Meridiano Central: -74,0775  
Factor de Escala: 1,0000  
Latitud de Origen: 4,9362  
Unidades: Metros

Cartografía realizada en desarrollo del Trabajo de Grado:  
"ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIAGNÓSTICO  
DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ASUARCOPSA  
ENTRE LA SOCATOMA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO"

Autor: Jorge Alexander Huelvano Mercado

## ISOLINEAS DE PRECIPITACIÓN SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA



2019

Escala: 1:40.000

1 centímetro en el mapa equivale a 400 metros



### Legenda

- ESTACIONES
- Afluentes Q. Campos
- Q CAMPOS
- GRANADA
- VIOTÁ
- EL COLEGIO
- ANAPOIMA
- SUB-CUENCA

### precipitación (mm)

- 235 - 241
- 242 - 245
- 246 - 249
- 250 - 254
- 255 - 259
- 260 - 264

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá  
 Proyección: Tránsito de Mercator  
 Datum: MAGNA  
 Falso Este: 1.000.000,0000  
 Falso Norte: 1.000.000,0000  
 Meridiano Central: -74,0775  
 Factor de Escala: 1,0000  
 Latitud de Origen: 4,9962  
 Unidades: Metros

Catografía realizada en desarrollo del Trabajo de Grado:  
 "ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIAGNÓSTICO  
 DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ASUARCOPSA  
 ENTRE LA BOCATOMA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO"

Autor: Jorge Alexander Huerto Maciedo

## ISOLINEAS DE TEMPERATURA SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA





**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia  
*Vigilada por el Estado*

2019

Escala: 1:40.000  
1 centímetro en el mapa equivale a 400 metros



0 0.250 1 1.5 2 Kilometros

**Leyenda**

- ESTACIONES
- Afluentes
- Campos
- Q CAMPOS
- GRANADA
- VIOTA
- EL COLEGIO
- ANAPOIMA
- SUB-CUENCA

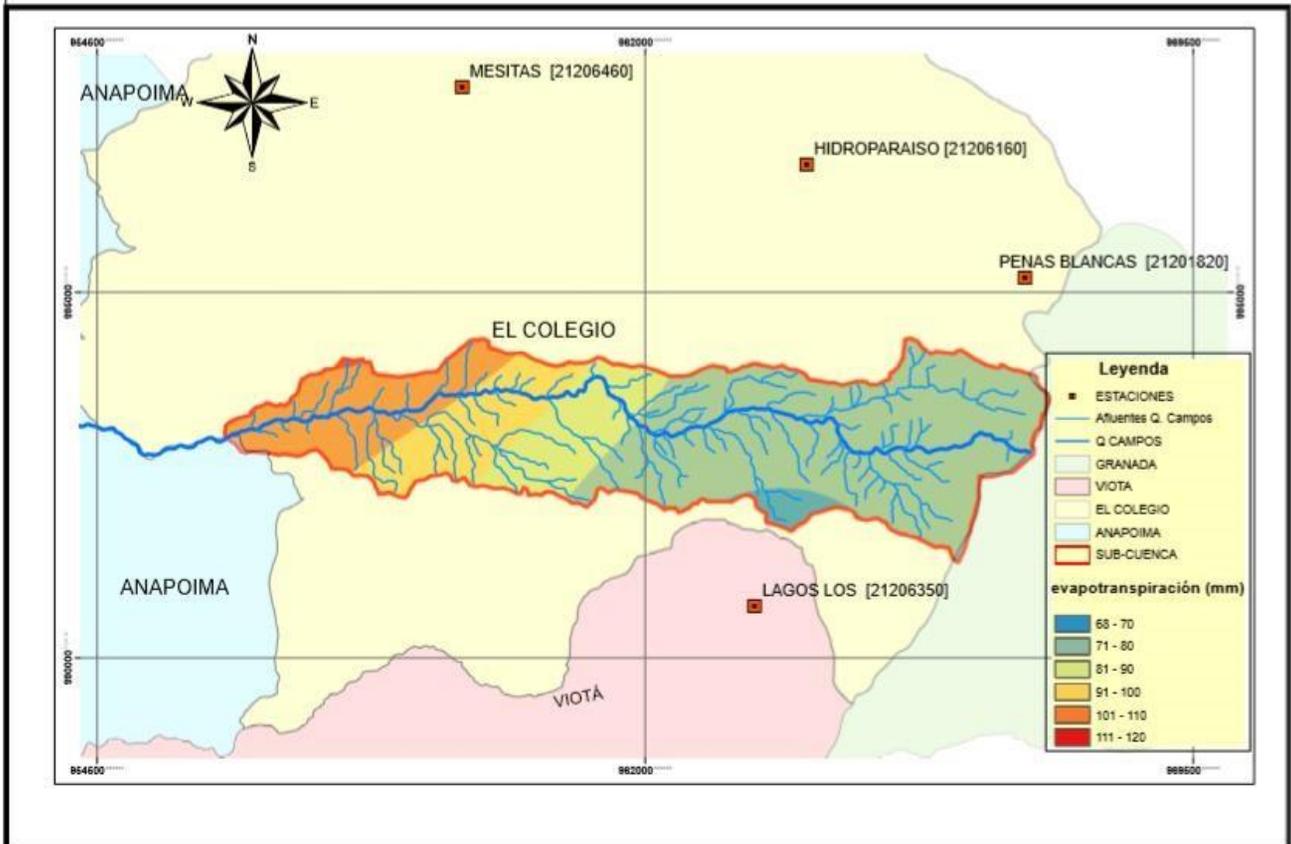
**TEMPERATURA °C**

- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá  
 Proyección: Tránsito de Mercator  
 Datum: MAGNA  
 Falso Este: 1.000.000,0000  
 Falso Norte: 1.000.000,0000  
 Meridiano Central: -74,0775  
 Factor de Escala: 1.0000  
 Latitud de Origen: 4,5562  
 Unidades: Metros

Cartografía realizada en desarrollo del Tabela de Grado:  
 "ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIAGNÓSTICO  
 DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ASUARCOPSA  
 ENTRE LA BOCA-TOMA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO"  
 Autor: Jorge Alexander Huelfano Mercado

# ISOYETAS DE EVAPORACIÓN SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA




**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
 de Colombia  
 Higher Education

2018  
 Escala: 1:40.000  
 1 centímetro en el mapa equivale a 400 metros

0 0,250,5 1 1,5 2  
 Kilometers

**Leyenda**

- ESTACIONES
- Afuentes Q. Campos
- Q CAMPOS
- GRANADA
- VIOTA
- EL COLEGIO
- ANAPOIMA
- SUB-CUENCA

**evapotranspiración (mm)**

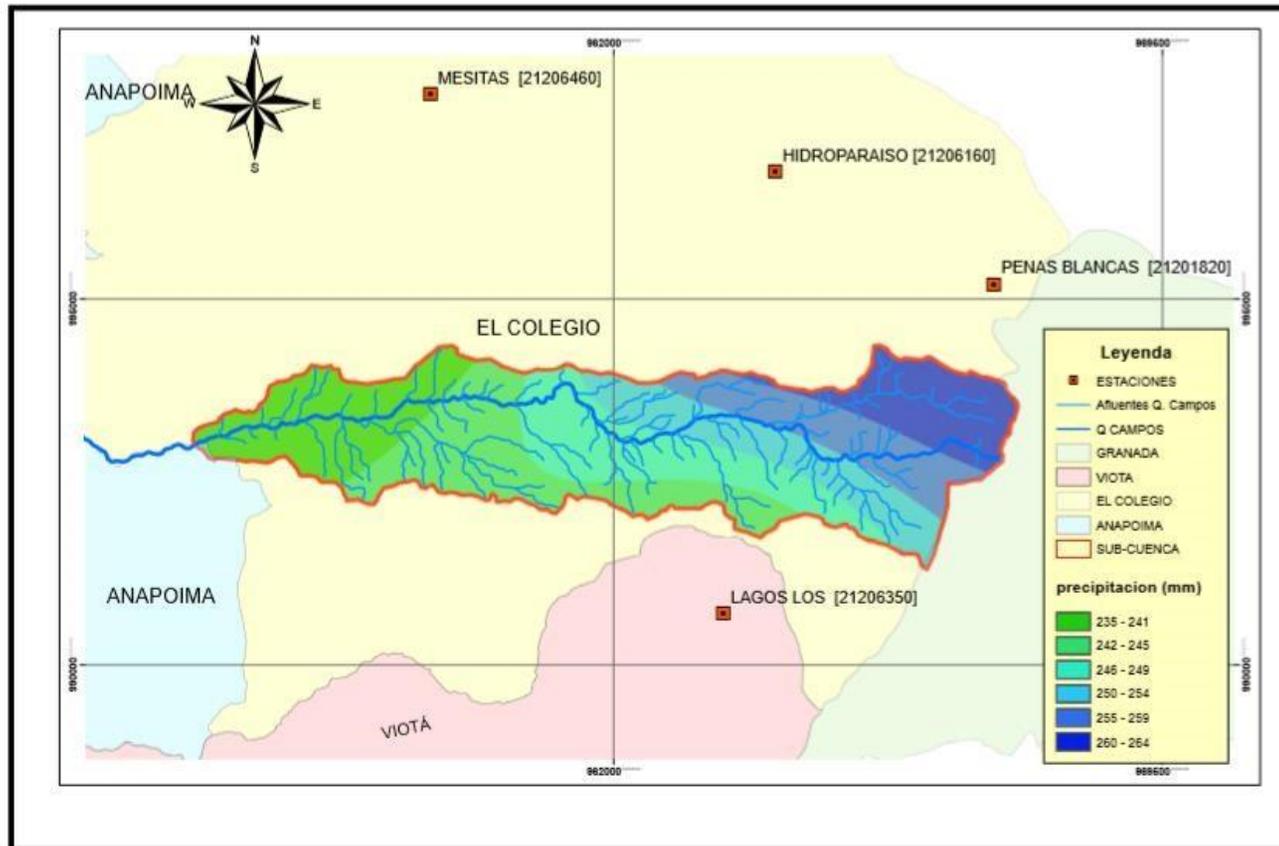
- 65 - 70
- 71 - 80
- 81 - 90
- 91 - 100
- 101 - 110
- 111 - 120

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá  
 Proyección: Tránsito de Mercator  
 Datum: MAGNA  
 Falso Este: 1.000.000.0000  
 Falso Norte: 1.000.000.0000  
 Meridiano Central: -74,0775  
 Factor de Escala: 1,0000  
 Latitud de Origen: 4,5962  
 Unidades: Metros

Cartografía realizada en desarrollo del Trabajo de Grado:  
 "ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIAGNÓSTICO  
 DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ASUARCOPSA  
 ENTRE LA BOCATOMIA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO"

Autor: Jorge Alexander Huertano Maciedo

# ISOYETAS DE PRECIPITACIÓN SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA





**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia  
*Ugualmente Avanzamos*

2019

Escala: 1:40.000  
1 centímetro en el mapa equivale a 400 metros



0 0,250,5 1 1,5 2 Kilómetros

**Leyenda**

- ESTACIONES
- Afluentes Q. Campos
- Q CAMPOS
- GRANADA
- VIOTÁ
- EL COLEGIO
- ANAPOIMA
- SUB-CUENCA

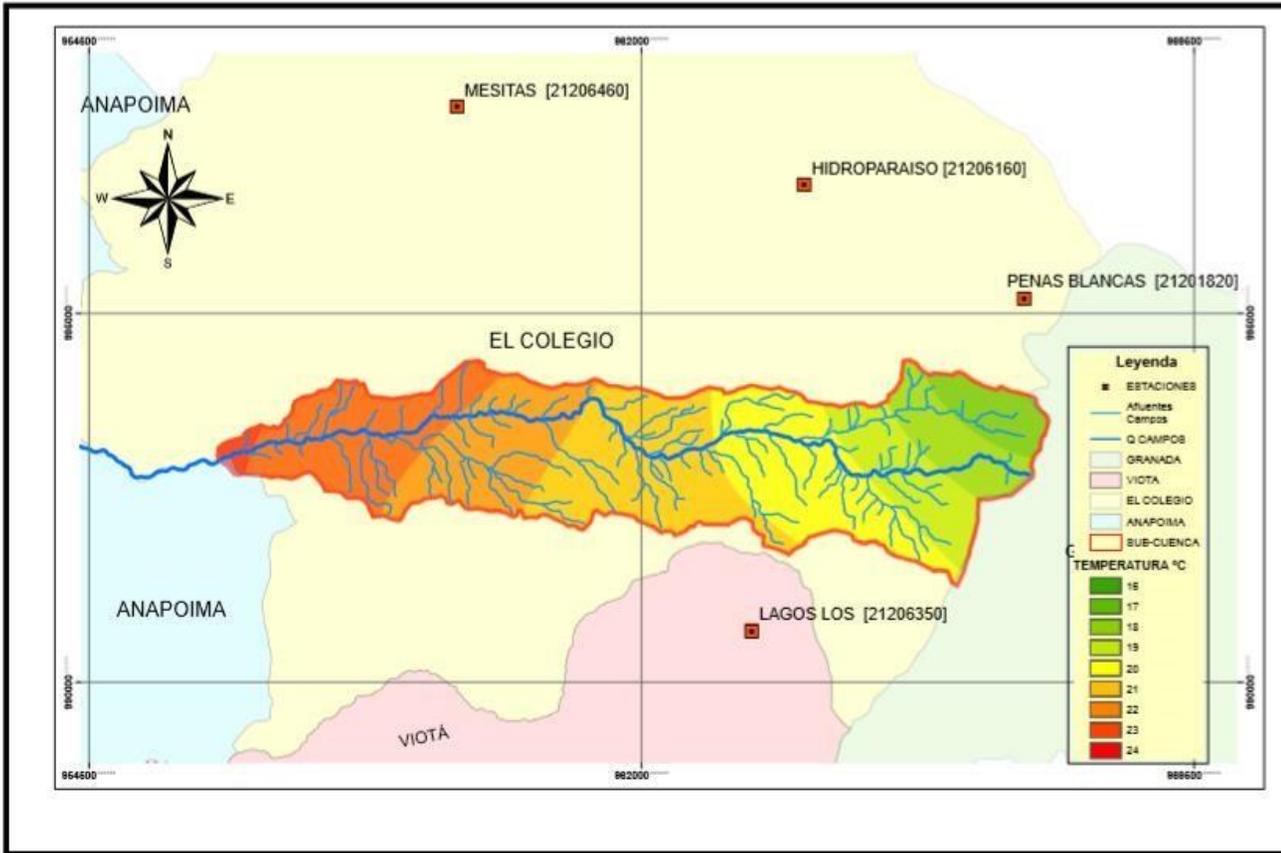
**precipitación (mm)**

- 235 - 241
- 242 - 245
- 246 - 249
- 250 - 254
- 255 - 259
- 260 - 264

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá  
 Proyección: Traversa de Mercator  
 Datum: MAGDA  
 Falso Este: 1.000.000.0000  
 Falso Norte: 1.000.000.0000  
 Meridiano Central: -74,0775  
 Factor de Escala: 1,0000  
 Latitud de Origen: 4,5962  
 Unidades: Metros

Cartografía realizada en desarrollo del Trabajo de Grado:  
 "ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIAGNÓSTICO  
 DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ASUARCOPSA  
 ENTRE LA SOCOTOMA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO"  
 Autor: Jorge Alexander Huefeno Maciedo

# ISOYETAS DE TEMPERATURA SUB-CUENCA ACUEDUCTO ASUARCOPSA



2019

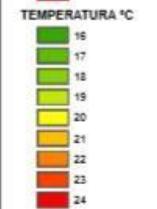
Escala: 1:40.000

1 centímetro en el mapa equivale a 400 metros



## Leyenda

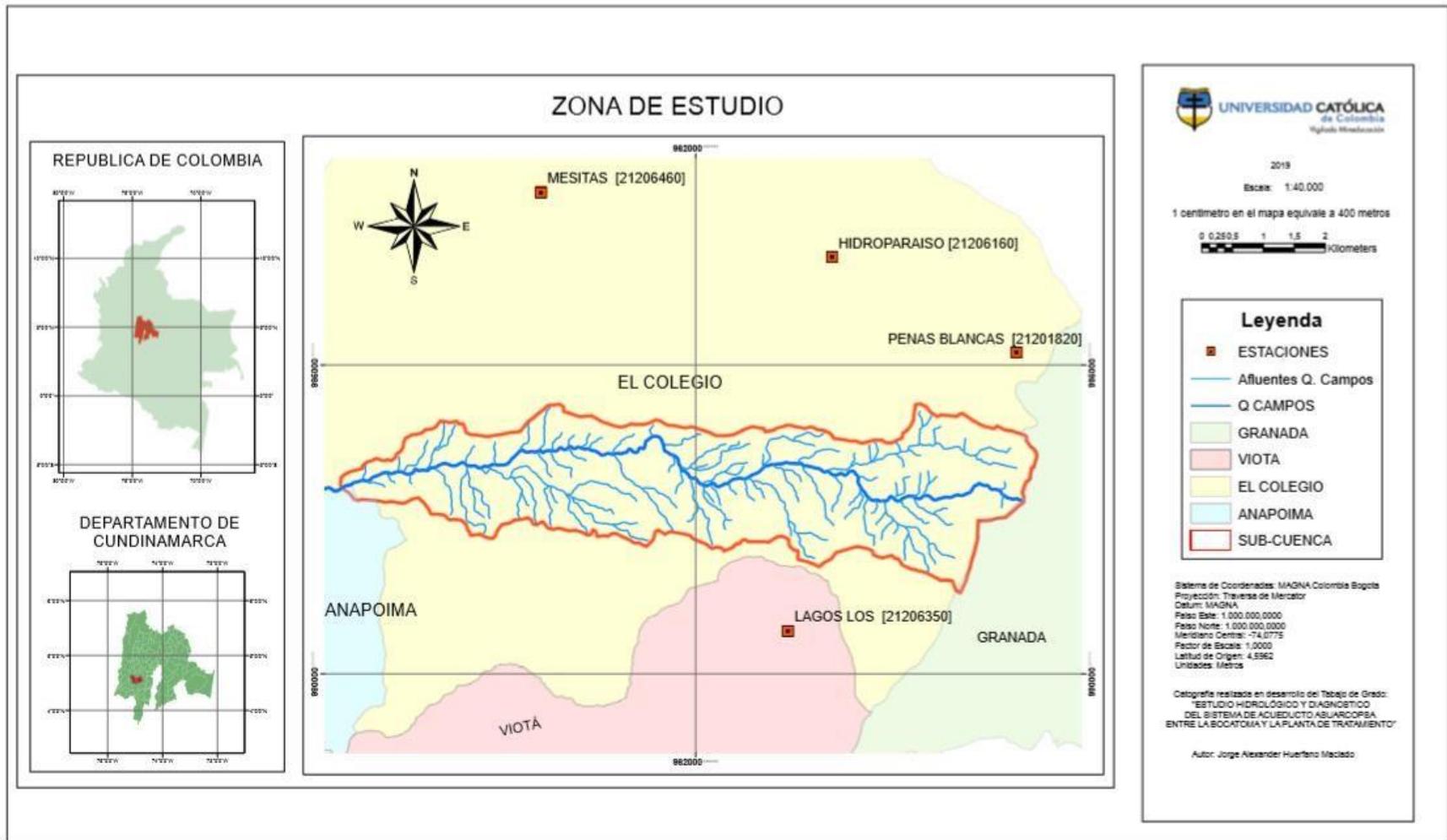
- ESTACIONES
- Afluentes Campos
- Q CAMPOS
- GRANADA
- VIOTÁ
- EL COLEGIO
- ANAPOIMA
- SUB-CUENCA



Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá  
Proyección: Tránsito de Mercator  
Datum: MAGNA  
Falso Este: 1.000.000.0000  
Falso Norte: 1.000.000.0000  
Meridiano Central: -74,0775  
Factor de Escala: 1.0000  
Límites de Origen: 4.5562  
Unidades: Metros

Catografía realizada en desarrollo del Trabajo de Grado:  
"ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIAGNÓSTICO  
DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ASUARCOPSA,  
ENTRE LA BOCA TOMA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO"

Autor: Jorge Alexander Huertano Maciedo

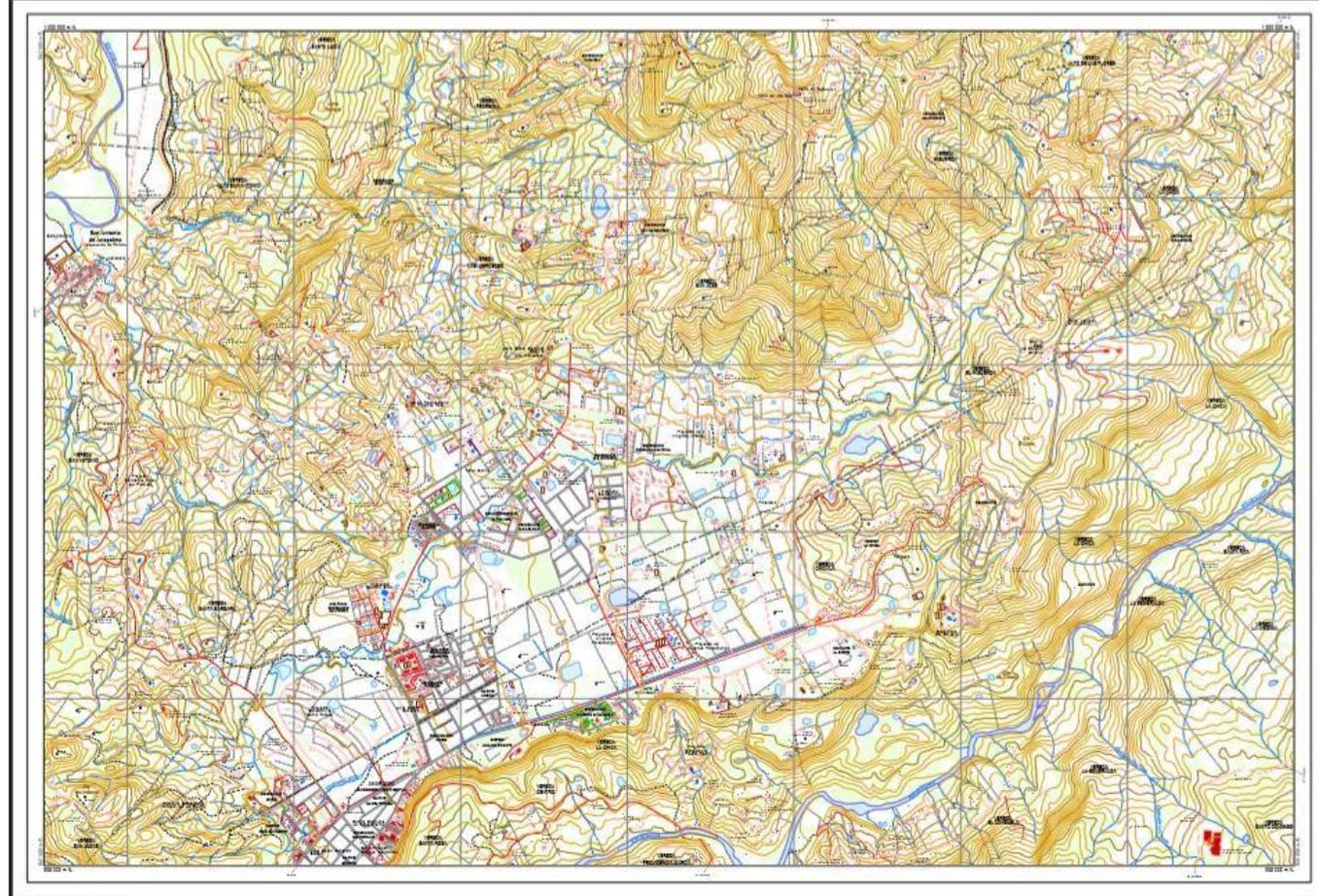


# Anexo 5. Cartografías IGAC 1:10000

DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

CARTA GENERAL

HOJA No. 246IA2



REPUBLICA DE COLOMBIA  
INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN COLOZI

Hoja 1:10.000  
Cartografía a escala gráfica de 1:10.000

CONVENCIONES

**POBLACIONES**

1. Ciudad	2. Municipio	3. Barrio	4. Finca
5. Caserío	6. Aldea	7. Finca	8. Finca

**RELEVACIONES**

1. Nivel del mar	2. Nivel del mar	3. Nivel del mar	4. Nivel del mar
5. Nivel del mar	6. Nivel del mar	7. Nivel del mar	8. Nivel del mar

**POBLACIONES**

1. Población	2. Población	3. Población	4. Población
5. Población	6. Población	7. Población	8. Población

**ABREVIATURAS**

Ab.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.
Al.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.

**ORGANIZACIÓN DE INFORMACION**

1. Información	2. Información	3. Información	4. Información
5. Información	6. Información	7. Información	8. Información

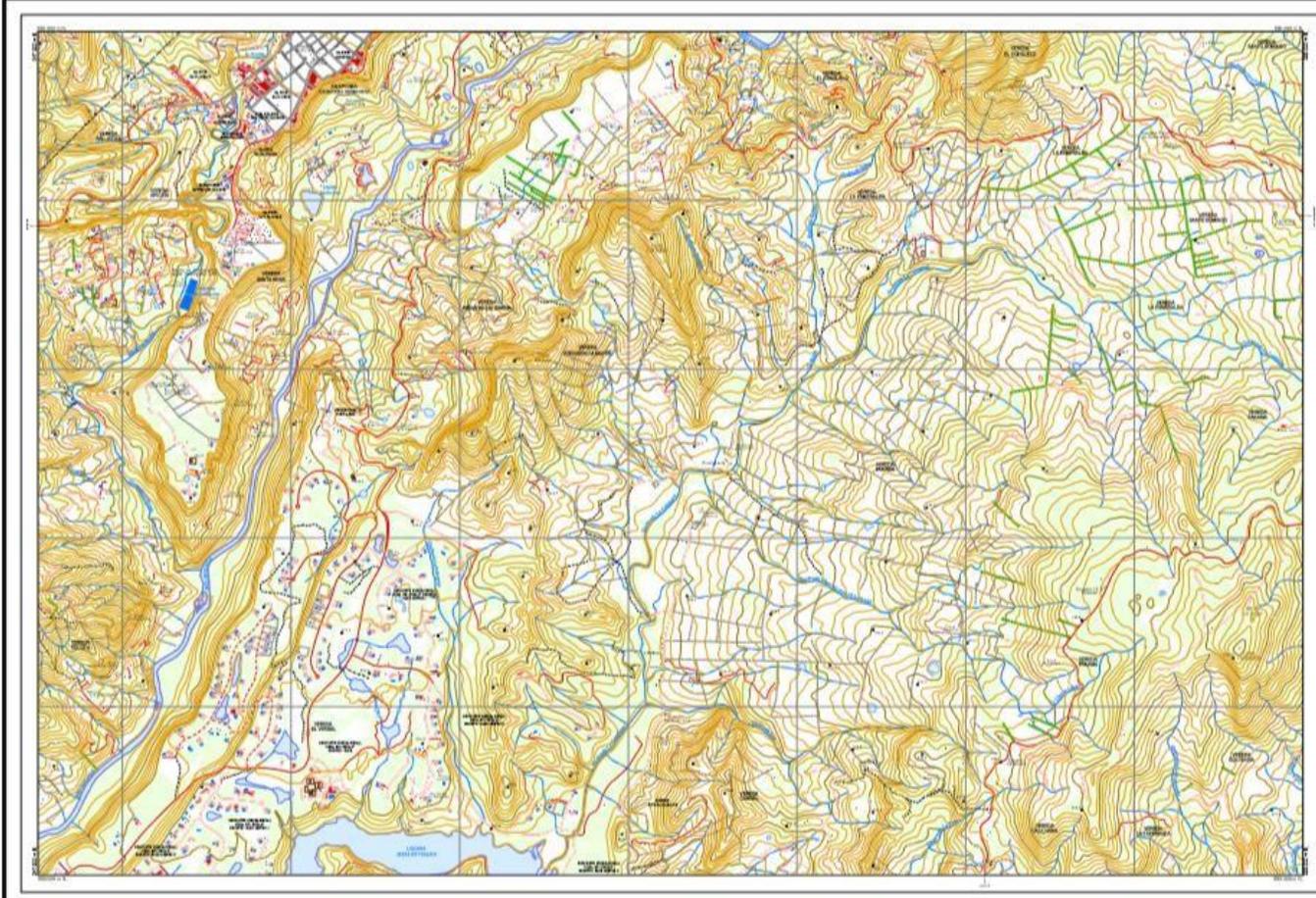
**USO DE LAS CONVENCIONES**

1. Convención	2. Convención	3. Convención	4. Convención
5. Convención	6. Convención	7. Convención	8. Convención

SIGAC

ESCALA

HOJA No. 246IA2



HOJA No. 246IA4


**INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN COBAZZI**  
 INSTITUTO NACIONAL DE GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

Hoja No. 246IA4  
 Escala 1:50,000  
 Proyección: UTM  
 Datum: WGS 84

### CONVENCIONES

**PLANTAS**  
 - Puntos de control  
 - Puntos de observación  
 - Puntos de apoyo

**COMUNICACIONES**  
 - Carreteras  
 - Ferrocarril  
 - Líneas aéreas  
 - Líneas de energía eléctrica  
 - Líneas de telefonía  
 - Líneas de televisión

**EDIFICIOS**  
 - Edificios públicos  
 - Edificios privados  
 - Edificios religiosos  
 - Edificios industriales  
 - Edificios comerciales

**ARRECIATOS**  
 - Arrejos  
 - Arrejos de agua  
 - Arrejos de electricidad  
 - Arrejos de telefonía

**INDICACIONES DE REFERENCIA**  
 - Límites de municipios  
 - Límites de departamentos  
 - Límites de países  
 - Límites de territorios indígenas

**OTROS**  
 - Límites de zonas de reserva ecológica  
 - Límites de zonas de conservación  
 - Límites de zonas de protección ambiental

**OTROS**  
 - Límites de zonas de reserva ecológica  
 - Límites de zonas de conservación  
 - Límites de zonas de protección ambiental

SIGAC





**Anexo 6. Registros de Macromedición y Micromedición**

# MACROMEDIDORES

REGISTRO MACROMEDIDOR DE ENTRADA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO						
FECHA	25/02/2019	26/02/2019	27/02/2019	28/02/2019	01/03/2019	02/03/2019
	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>	<b>sábado</b>
6:00 a. m.	8498	8684	8957	9513	9989	10443
7:00 a. m.	8508	8684	8992	9548	10024	10515
8:00 a. m.	8508	8684	9027	9584	10059	10551
9:00 a. m.	8508	8684	9062	9620	10093	10588
10:00 a. m.	8508	8684	9097	9656	10128	10619
11:00 a. m.	8508	8684	9130	9693	10163	10649
12:00 p. m.	8508	8684	9167	9729	10199	
1:00 p. m.	8517	8684	9199	9729	10231	
2:00 p. m.	8538	8718	9236	9747	10265	
3:00 p. m.	8542	8752	9270	9782	10293	
4:00 p. m.	8565	8786	9305	9817	10320	
5:00 p. m.	8588	8829	9340	9852	10346	
6:00 p. m.	8611	8854	9375	9887	10372	
7:00 p. m.	8644	8888	9409	9922	10398	
8:00 p. m.	8658	8922	9444	9957	10424	
9:00 p. m.	8658	8924	9478	9957	10443	
10:00 p. m.	8684	8957	9513	9989	10443	

REGISTRO MACROMEDIDOR DE ENTRADA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO (m3/h)							
FECHA	25/02/2019	26/02/2019	27/02/2019	28/02/2019	01/03/2019	02/03/2019	MAXIMOS
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	
6:00 a. m. - 7:00 a. m.	10	0	35	35	35	35	35
7:00 a. m. - 8:00 a. m.	0	0	35	36	35	36	36
8:00 a. m. - 9:00 a. m.	0	0	35	36	34	37	37
9:00 a. m. - 10:00 a. m.	0	0	35	36	35	31	36
10:00 a. m. - 11:00 a. m.	0	0	33	37	35	30	37
11:00 a. m. - 12:00 p. m.	0	0	37	36	36		37
12:00 p. m. - 1:00 p. m.	9	0	32	0	32		32
1:00 p. m. - 2:00 p. m.	21	34	37	18	34		37
2:00 p. m. - 3:00 p. m.	4	34	34	35	28		35
3:00 p. m. - 4:00 p. m.	23	34	35	35	27		35
4:00 p. m. - 5:00 p. m.	23	43	35	35	26		43
5:00 p. m. - 6:00 p. m.	23	25	35	35	26		35
6:00 p. m. - 7:00 p. m.	33	34	34	35	26		35
7:00 p. m. - 8:00 p. m.	14	34	35	35	26		35
8:00 p. m. - 9:00 p. m.	0	2	34	0	19		34
9:00 p. m. - 10:00 p. m.	26	33	35	32	0		35

# MICROMEDIDORES

REGISTRO MICROMEDICION AÑO 2018								
periodo			dias facturados	consumo total (m3)	consumo promedio por:			
					dia (m3/dia)	hora (m3/h)	segundo (m3/s)	segundo (l/s)
enero	-	febrero	59	15488,0	262,51	10,94	0,00304	3,04
marzo	-	abril	61	15031,5	246,42	10,27	0,00285	2,85
mayo	-	junio	61	15709,0	257,52	10,73	0,00298	2,98
julio	-	agosto	62	19953,0	321,82	13,41	0,00372	3,72
septiembre	-	octubre	61	17460,0	286,23	11,93	0,00331	3,31
noviembre	-	diciembre	61	18781,0	307,89	12,83	0,00356	3,56

**Anexo 7. Memorias de Calculo.**

## DISEÑO BOCATOMA

periodo de diseño apartir de la fecha

25 años
---------

### 1. POBLACIÓN ACTUAL Y FUTURA

La población actual es de  
de suscriptores del acueduto  
La población furtura es de habitantes

<b>2574</b>
570
4150

habitantes con un promedio de 5 habitantes por ASUARCOPSA.

usuario, para un total

CAUDALES DEL AFLUENTE		
Caudales		
MINIMO	MEDIO	MAXIMO
L/s	L/s	L/s
7,51	9,77	12,70

### 2. DOTACIÓN

CAUDALES PROYECTADOS AÑO 2043		
Caudales		
QmD	QMD	QMH

L/s	L/s	L/s
8,32	9,38	12,19

La fuente es la Quebrada Campos. La captación se hará mediante una rejilla en el centro del cuerpo de la presa y se llevará a una cámara reguladora de caudales que controlará por medio de vertederos, uno el caudal para la red y el otro para excesos, con los cuales se reparte el caudal de diseño para el desarenador y el sobrante de regreso a la Quebrada Campos.

### 3. CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_d = Q_{MD} + \text{Pérdidas aducción} + \text{Consumo PTAP}$$

$$\text{Pérdidas aducción} = (\text{máx } 5\%) \times Q_{md}$$

$$\text{Consumo PTAP} = (3\% - 5\%) \times Q_{md} =$$

QMD	9,38	L/s
PERDIDAD ADUCCION	5%	ASUMIDOS
CONSUMO PTAP	5%	

Qd	10,313	L/s
----	--------	-----

Qd	18,751	L/s
----	--------	-----

RESOLUCION 03030 de

COMPONENTE	C
Captación fuente superficial	
Captación fuente subterránea	
Desarenador	
Aducción	
Conducción	
Tanque	
Red de Distribución	

(2 VESES QMD)

#### 4. REJILLA

La rejilla que captará el agua se sonstruirá con varilla de acero de diámetro 1/2" con una separación entre sí de 1.5 cms así:

$$AR = QDR / (R \times VE)$$

$$R = e / (e + O)$$

$$AR = QDR / ((e / (e + O)) \times VE)$$

AR = Area de la rejilla

R = Constante

Qd	18,751	L/s
----	--------	-----

e = espacio entre varillas		0,015	m
O = diámetro de la varilla		0,0127	m
VE = velocidad de entrada		0,1	m/seg.
AR		0,346	m <sup>2</sup>
AR = L x B ( se asume ancho de:		30	cms.)
L	=	1,20	metros

$$L = AR / B$$

$$L = O \times n + (n-1)$$

n = Número de varillas

O = Diámetro de la varilla

$$n = (L + 1) / (O + 1)$$

L = Longitud de la Rejilla

n	=	52	varillas espaciadas 1.5 cms
---	---	----	-----------------------------

## 5. PENDIENTE ENTRE LA REJILLA Y LA CAMARA REGULADORA

Según Manning, el caudal a tubo lleno para un diámetro de 8" y una pendiente de 1.5% es de 41.91 litros/seg. y la velocidad es de 1.29 m/seg.

Diámetro del tubo	8	"
Diámetro del tubo	0,203	m
n = coeficiente de Manning	0,013	para tubería en PVC
R = radio hidráulico	0,0508	m
S = Pendiente	0,015	mm

### calculo de Condiciones de Flujo a Tubo Lleno

Vo	1,29	m/s
Qo	41,91	litros/seg
r	0,05	
q = caudal real	18,751	litros/seg
Q = caudal a tubo lleno	41,91	litros/seg

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$$

$$Q(l/s) = V \cdot A = V \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} * 1000$$

### RELACION DE CAUDALES

r

Q/Q <sub>o</sub>	ReL	0.00
0.0	V/V <sub>o</sub>	0.000
	d/D	0.000
	R/R <sub>o</sub>	0.000
0.1	V/V <sub>o</sub>	0.540
	d/D	0.248
	R/R <sub>o</sub>	0.586
0.2	V/V <sub>o</sub>	0.656
	d/D	0.346
	R/R <sub>o</sub>	0.788
0.3	V/V <sub>o</sub>	0.725
	d/D	0.424
	R/R <sub>o</sub>	0.896
0.4	V/V <sub>o</sub>	0.796
	d/D	0.496



## DISEÑO DE LA CAMARA REGULADORA DE CAUDALES

### Cálculo de la Velocidad Real

Pendiente de la cámara reguladora de caudales (salida) al puente de empalme con la tubería de la aducción existente.

Para hallar la pendiente del tramo desde la salida de la cámara reguladora de caudales hasta el punto de empalme con la tubería existente de la aducción se determina la diferencia entre las dos cotas y se divide por la distancia que hay entre los dos puntos y se multiplica por 100.

Cota de salida	=	51,57	
Cota de llegada	=	48,88	2,8 provisional - borrar
Distancia	=	60,75	
S	=	(( Cota de salida - cota de llegada)/ distancia) x 100	
S	=	4,43	%

### Cálculo del diámetro de la tubería de la aducción

$$Q = 266,50 \quad = \text{litros/seg}$$

$$0,26650361$$

Donde el caudal es de 15 litros/seg, la pendiente es de 4.43% , el coeficiente de rugosidad es de 0.013 y la tubería a utilizar es PVC.

$$n = 0,013$$

$$D = 0,104 \quad = \text{m}$$

$$D = 4,11 \quad = \text{pulg}$$

$$D \text{ Comercial} = 4 \quad = \text{pulg}$$

$$D = 0,102 \quad = \text{m}$$

Se toma el diámetro de 6" con el fin de evitar taponamientos en la tubería y también por ser comercial.

Velocidad a tubo lleno (V): Es la velocidad del agua cuando el tubo está lleno, es decir que  $q/Q = 1$ . Se calcula con la fórmula de Manning suponiendo que el flujo es uniforme:

### calculo de Condiciones de Flujo a Tubo Lleno

Qo (m3/s)	0,1135
-----------	--------

Vo (m/s)	14,00
----------	-------

Ro (m)	0,0254
--------	--------

#### 5. RELACION DE CAUDALES

Q/Qo	2,35
------	------

Vr/Vo	0,984
-------	-------

d/D	0,756
-----	-------

R/Ro	1,202
------	-------

## 7. PARAMETROS PARA CAUDAL DE DISEÑO

V (m/s)	13,7768
---------	---------

d (m)	0,0000
-------	--------

R (m)	0,0305
-------	--------

### Cota clave de la salida de la aducción CCS

CCS = Cota terreno + espesor de la placa de fondo + altura de lodos + diámetro de la tubería.

Cota del terreno	<b>1051,22</b>	<b>m</b>		
Espesor placa de fondo	<b>0,15</b>	<b>m</b>	C-Pfondo	1051,37
Altura de lodos	<b>0,20</b>	<b>m</b>	C-lodos	1051,57
Diámetro de la tubería	<b>0,10</b>	<b>m</b>	C- tubo	1051,67
<b>CCS</b>	<b>=</b>	<b>1051,6716</b>	<b>m</b>	

### Dimensiones de la cámara reguladora de caudales

#### Cota de Fondo dela camara reguladora de caudales

CF = CCS - (altura de lodos + diámetro de la tubería)

CF = Cota de fondo

La altura de lodos se asume en 0.20m

**CF** **1051,37** **m**

#### Altura de la cámara reguladora de caudales

H = Cota de llegada a la cámara reguladora - CF

Cota llegada a cámara reguladora **1052,40** **m**

**H** **1,03** **m**

Se asume **1.8 metros** para la altura final de la camara reguladora.

Dimensiones:

Altura	=	1,80	m
Ancho	=	2,30	m
Largo	=	2,45	m

El espesor recomendado de los muros de la cámara reguladora es de 0.15m

**Cálculo de vertederos**

Se calculan con la fórmula de Francis.

**Longitud del vertedero de control**

Se asume un espesor de lámina de 0.05m.

H	=	0,05	m	$Q = 1,846 L H^{3/2}$
L	=	0,00	m	
Aproximación	=	0,75	= m	

**Longitud del vertedero de excesos**

Se asume la altura de la lámina de 0.10m

H	=	0,10	m	$Q = 1,846 L H^{3/2}$
Q	=	0	m <sup>3</sup> /seg	
L	=	0,55	0,00 = m	

Si el vertimiento fuera de lámina contraída, se debe hacer

Cuando la velocidad de aproximación es baja se puede si

$$Q = C_w \cdot L \cdot h^{3/2}$$

Donde:

- $C_w$  - además de otros factores considera la velocidad

Las características del tipo de flujo que afectan  $C_w$  puede

Donde:

- $H_d$  = altura del vertedero en m

Los valores de  $C_w$  se encuentran en la tabla siguiente

La cresta del vertedero de excesos debe quedar 0.05 m por encima de la cresta del vertedero de control.

Cota del vertedero de excesos **1052,37** m

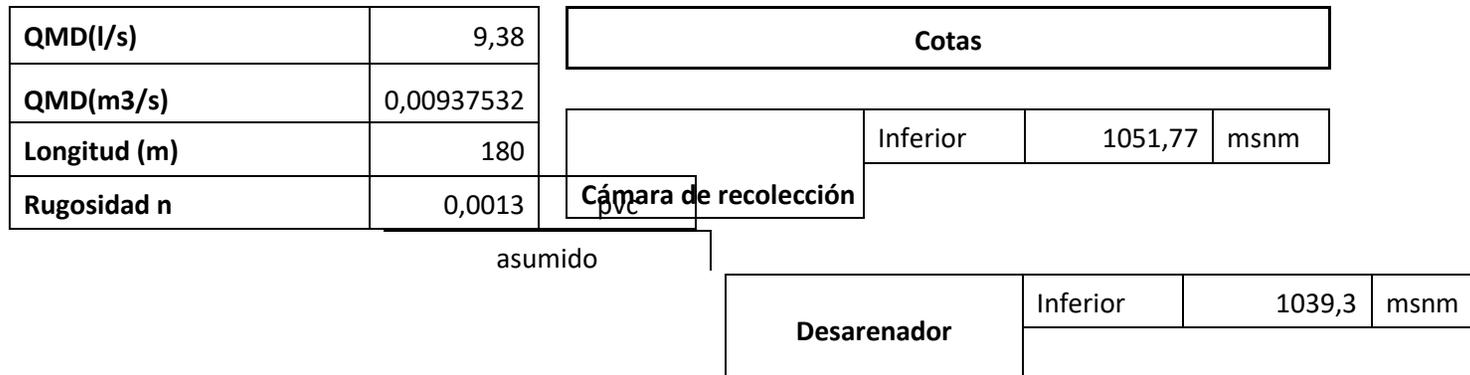
Cota del vertedero de control **1052,32** m

### DISEÑO DE TUBERIA DE ADUCCIÓN

CAUDALES PROYECTADOS AÑO 2043		
Caudales		
QmD	QMD	QMH
L/s	L/s	L/s
8,32	9,38	12,19

Datos entrada

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



### 1. PENDIENTE DE LA TUBERIA

	Decimal	Porcentual
Pendiente (S)	0,069	6,93

DIAMETRO MINIMO 4" O 100 mm

### 2. CALCULO DEL DIAMETRO.

	m	Pulgadas
Diametro tubería	0,037	1,4439

### 3. ELEGIR UNA TUBERIA COMERCIAL

se elige el diametro minimo

	Pulgada	m
Tubería Comercial	4	0,1016

para evitar taponamientos en la

**Tabla 9**  
Relaciones hidráulicas para conductos circulares ( $n_1/n_2$  vs  $Q_1/Q_2$ )

$Q_1/Q_2$	ReL	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
0.0	$V/V_0$	0.000	0.292	0.362	0.400	0.427	0.453	0.478
	$d/D$	0.000	0.092	0.124	0.148	0.165	0.182	0.198
	$R/R_0$	0.000	0.239	0.315	0.370	0.410	0.449	0.486
0.1	$V/V_0$	0.540	0.553	0.570	0.580	0.590	0.600	0.610
	$d/D$	0.248	0.258	0.270	0.280	0.289	0.298	0.307
	$R/R_0$	0.586	0.606	0.630	0.650	0.668	0.686	0.703
0.2	$V/V_0$	0.656	0.664	0.672	0.680	0.687	0.695	0.703
	$d/D$	0.346	0.353	0.362	0.370	0.379	0.386	0.393
	$R/R_0$	0.768	0.780	0.795	0.809	0.824	0.836	0.848
0.3	$V/V_0$	0.729	0.732	0.740	0.750	0.755	0.760	0.765
	$d/D$	0.424	0.431	0.439	0.447	0.452	0.460	0.467
	$R/R_0$	0.896	0.907	0.919	0.931	0.938	0.950	0.959

#### 4. calculo de Condiciones de Flujo a Tubo Lleno

Q <sub>o</sub> (m <sup>3</sup> /s)	0,1420
------------------------------------	--------

$$Q_o = 0.312 \times \left( \frac{D^{8/3} \times S^{1/2}}{n} \right)$$

$$V_o = \frac{Q_o}{A_o}$$

$$R_o = \frac{A_o}{P_o}$$

V <sub>o</sub> (m/s)	17,5125
----------------------	---------

R <sub>o</sub> (m)	0,0254
--------------------	--------

#### 5. RELACION DE CAUDALES

Q/Q <sub>o</sub>	0,07
------------------	------

V <sub>r</sub> /V <sub>o</sub>	0,492
--------------------------------	-------

d/D	0,21
-----	------

R/R <sub>o</sub>	0,51
------------------	------

### 7. PARAMETROS PARA CAUDAL DE DISEÑO

V (m/s)	8,6161
---------	--------

d (m)	0,0213	Debe cumplir Esfuerzo cortante y Velocidad
-------	--------	--

R (m)	0,0130
-------	--------

### 8. ESFUERZO CORTANTE

Esfuerzo Cortante (N/m2)		8,8037
--------------------------	--	--------

$$\tau = \gamma RS$$

### 9. Verificación Cota de salida de la Bocatoma

m	5,7028
---	--------

### 10. Caudal DE Exceso

Qexceso (m3/s)	0,1326
----------------	--------

### 11. Cotas

Cota de batea a la salida de la bocatoma	1051,77
Cota clave a la salida de la bocatoma	1051,8716
Cota de batea a la llegada al desarenador	1039,3
Cota clave a la llegada al desarenador	1039,4016
Cota de la lámina de agua a la llegada al desarenador	1039,3886

## DISEÑO DEL DESARENADOR

CAUDALES PROYECTADOS AÑO 2043

Caudales		
QmD	QMD	QMH
L/s	L/s	L/s
8,318	9,375	12,19

### Tubería de Entrada

<b>Q (m3/s)</b>	0,0094
<b>Qo (m3/s)</b>	0,142
<b>V (m/s)</b>	8,616
<b>Vo (m/s)</b>	17,512
<b>D (pulgadas-m)</b>	4   0,102
<b>d (m)</b>	0,084

<b>Q medio diario (L/s) años de diseño</b>	8,32		
<b>Q medio diario (m3/s)</b>	0,00832		
<b>Q máximo diario (L/s) años de diseño</b>	9,38		
<b>Q máximo diario (m3/s)</b>	0,0094	<b>Q medio diario (L/s) años actual</b>	6,9

Q medio diario (m3/s)

0,007

Cálculo de los parámetros de sedimentación											
Velocidad de Sedimentacion (Vs)			Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo			Período de Retención		Dimensiones del tanque		relacion	
ds (mm-cm)	0,05	0,005	altura	H (m-cm)	1,5	150	Θ (seg)	1943,1193	Volumen (m3)	16,16	L - B
Vs (cm/s)	0,21	t (seg)		706,59	Θ (hrs)	0,5398	Area superficial (m2)	10,78	1 - 4	B (m)	1,64
						Cumple	L (m)	6,57			

Carga Hidráulica Superficial			Diametro Critico		Verificación relación Numero de Hazen		Velocidad Horizontal			
q (m3/m2*s)	0,000771955		do (cm)	0,0030	Vs/Vo	2,75	Velocidad Horizontal	Vh (cm/s)	0,3379	
q (m3/m2*d)	66,6969		do (mm)	0,3015	Θ/t	2,75	Velocidad Horizontal Maxima	Vhmax (cm/s)	4,2458	
q = Vo	Asumido		en condiciones teoricas se removeran particulas hasta un diametro igual a 0,30 mm				Velocidad de Resuspensión	Vr (cm/s)	9,2913	
Vo = q (m/s)-(cm/s)	0,000772	0,077195							Cumple	

Condiciones de operación de los módulos		Condiciones Temporales	
$\Theta$ (seg)	2328,9725	Q Operativo (L/s)	10,5
$\Theta$ (hrs)	0,6469	Q Operativo (m3/s)	0,0104753
Cumple		$\Theta$ (seg)	1542,967088
Verificación Carga Hidráulica		Cumple	
$q$ (m3/m2*s)	0,0006	$\Theta$ (hrs)	0,4286
$q$ (m3/m2*d)	55,6469	$q$ (m3/m2*s)	0,0010
Cumple		Cumple	
		$q$ (m3/m2*d)	83,9940

**Cálculo de los Elementos del Desarenados**

**Vertedero de salida**

Hv (m) 0,0196

Vv (m) 0,26 **Cumple**

Xs (m) 0,21

Lv (m) 0,31

**Pantalla de Salida**

Profundidad (m) 0,75

Distancia al Vertedero de salida (m) 0,2947

**Pantalla de entrada**

Profundidad (m) 0,75

Distancia al Vertedero de entrada (m) 1,6413

Almacenamiento de Lodos		Cámara de Aquietamiento		Rebose Cámara de Aquietamiento	
Relación longitud: profundidad	10	Profundidad (m)	0,5	Qexceso (m <sup>3</sup> /s)	0,1326
Profundidad Máxima (m)	0,6565	Ancho (m)	0,5471	He (m)	0,1732
Profundidad Máxima adoptada (m)	1,00	Largo (adoptado) (m)	1,00	Ve (m)	0,77
Profundidad Mínima adoptada (m)	0,8			Xs (m)	0,52
Dist. Pto. De salida de la Cámara de aquietamiento (m)	2,19			Lr (m)	0,62
Dist. Pto. De salida al Vertedero de salida (m)	4,38			B-ancho/2	0,55
Pendiente transversal (%)	12,19				
Pendiente longitudinal (L/3) (%)	9,14				
Pendiente longitudinal (2L/3) (%)	4,57				

### Cálculo de los diámetros de la tubería de excesos y lavado

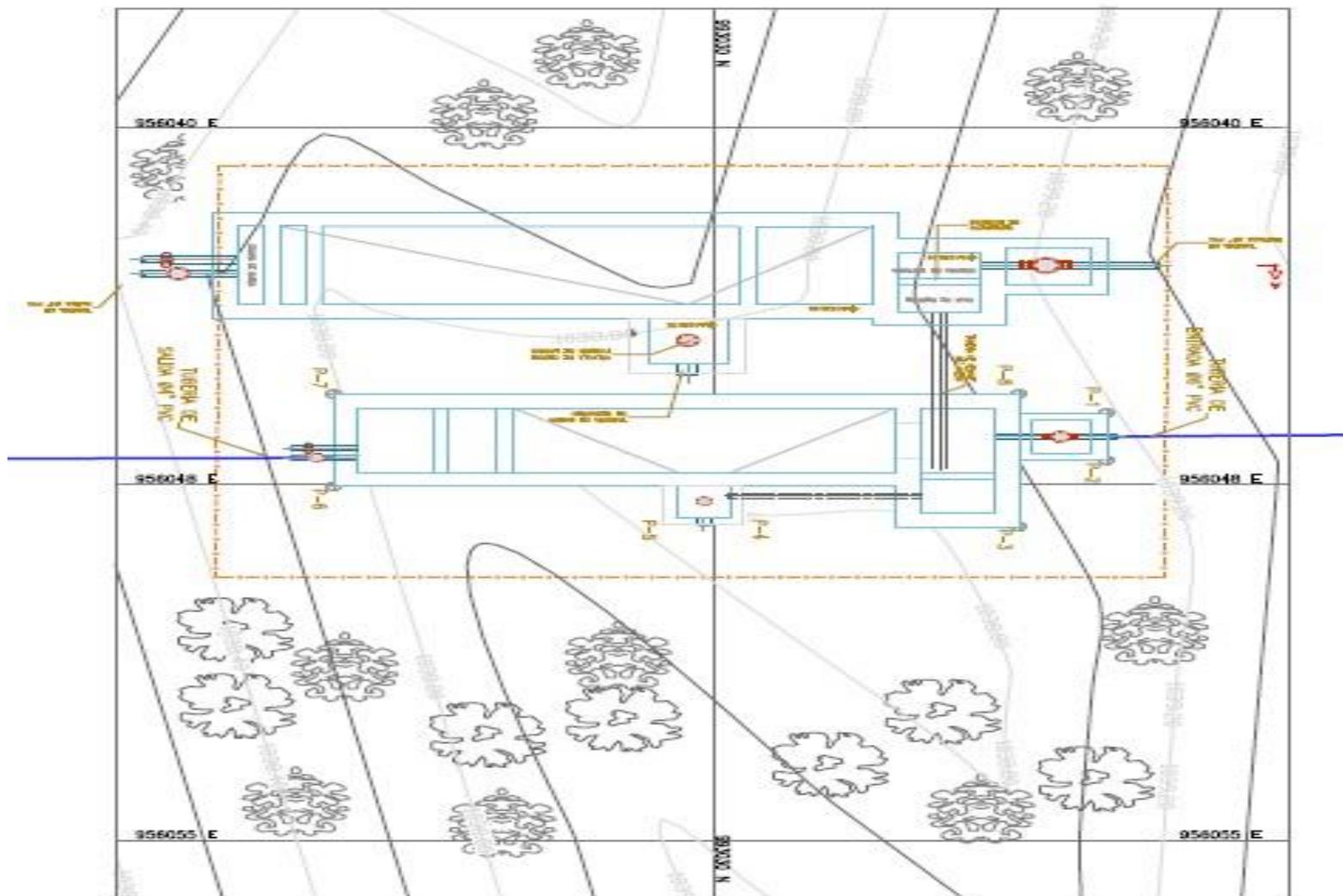
Tubería de Excesos		Tubería de Lavado se determina apartir del tiempo de vaciado	
<b>in</b>	<b>m</b>	Cota entrada del desagüe de lavado	1037
4	0,1016	(Valor supuesto. Debe corresponder a la cota de descarga según el perfil de aduccion)	
		Cota de lamina de agua sobre la tubería	1038,63
		(Cota de la lamina de agua de la entrada - perdidas)	
Diametro	<b>in</b>	<b>m</b>	
	6	0,168	
Diametro real	mm	m	
	160	0,16	
	Tubería PVC RDE-41 C=	150	

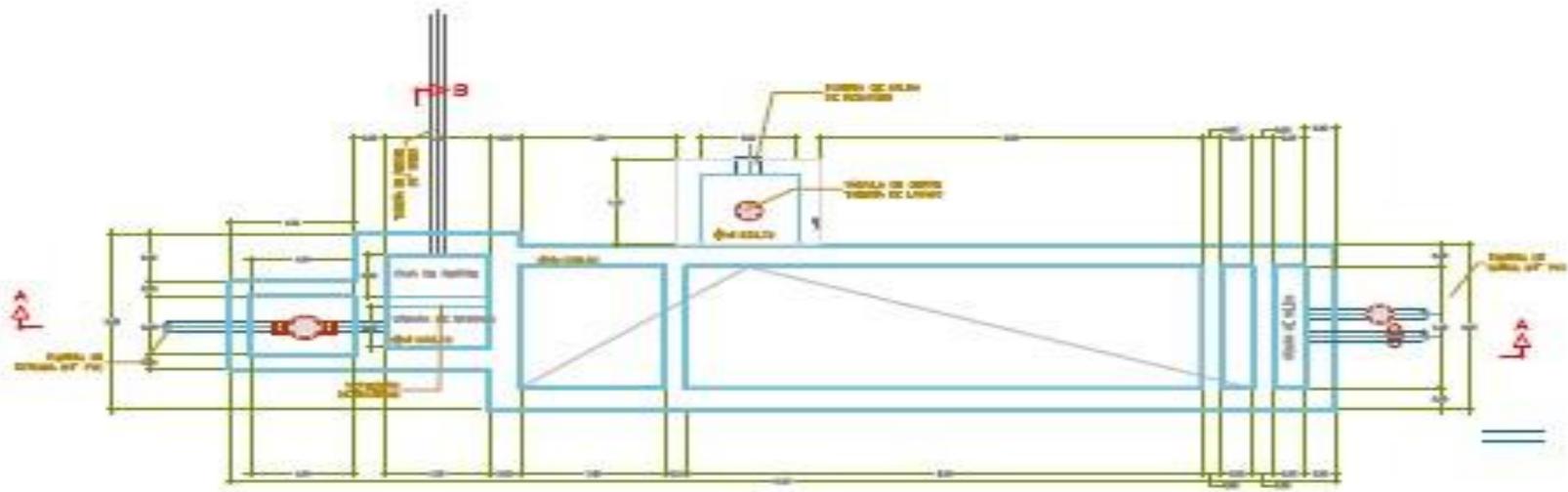
Longitud de conduccion (m)	70	J (m/m)	0,017453524
(Valor supuesto. Debe corresponder a la longitud según el perfil de aduccion)		Qinicial (m3/s)	0,038
Altura disponible (m)	1,63	Velocidad (m/s)	1,884
		Perdida inicial	0,1809
perdidas en la conduccion			
Entrada normal (m)	2,5		
Valvula de compuerta (m)	1,1		
Codo radio corto (m)	4,9		
Salida (m)	5		
Tuberia (m)	70		
L.E. total (m)	93,5		
		Coeficiente de descarga Cd	0,27
		$t_{\text{vaciado}}$	
		Seg	min
		1149,24	19,15
			hrs
			0,32

COTAS DESARENADOR	m.s.n.m
Cota batea tubería de entrada	1039,300
Cota lámina de agua en tubería de entrada	1039,384
Cota lámina de agua en cámara de aquietamiento	1038,627
Cota cresta del vertedero cámara de aquietamiento	1038,454
Cota fondo de la cámara de aquietamiento	1038,127
Cota lámina de agua en zona de sedimentación	1038,627
Cota de la corona de los muros del desarenador	1039,906

Cota inferior de pantallas de entrada y salida	1037,877
Cota del fondo de profundidad útil de sedimentación	1037,127
Cota placa fondo a entrada y salida del desarenador	1036,327
Cota placa fondo en punto de desague	1036,127
Cota de batea de la tubería de lavado	1036,127
Cota clave de la tubería de lavado	1036,229
Cota cresta del vertedero de salida	1038,608
Cota lámina de agua de la cámara de recolección	1038,347
Cota fondo de la cámara de recolección (supuesta)	1037,825

## Anexo 8. Planos

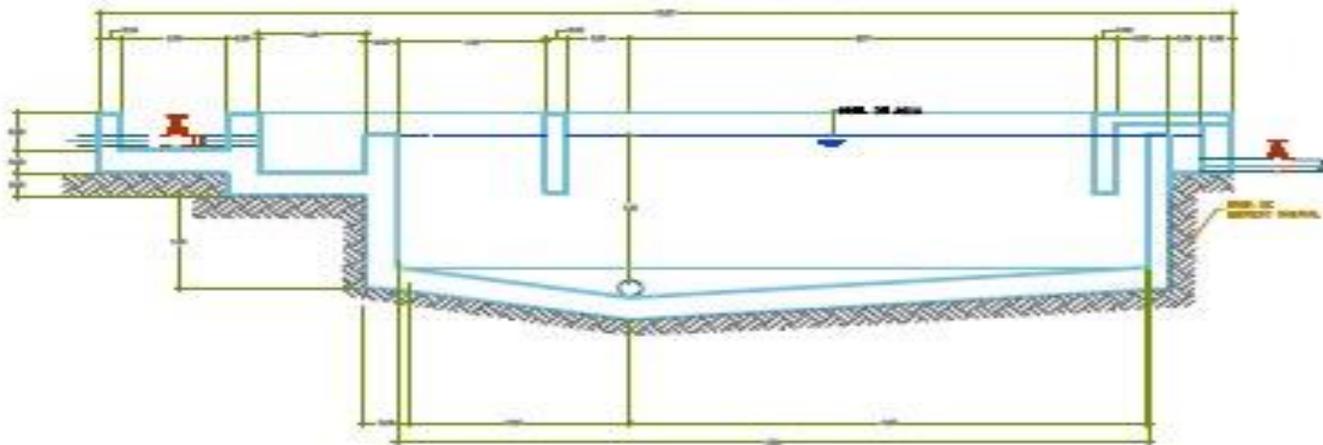




L-a

**TANQUE SISTEMA ASUARCOPSA**  
PLANTA GENERAL

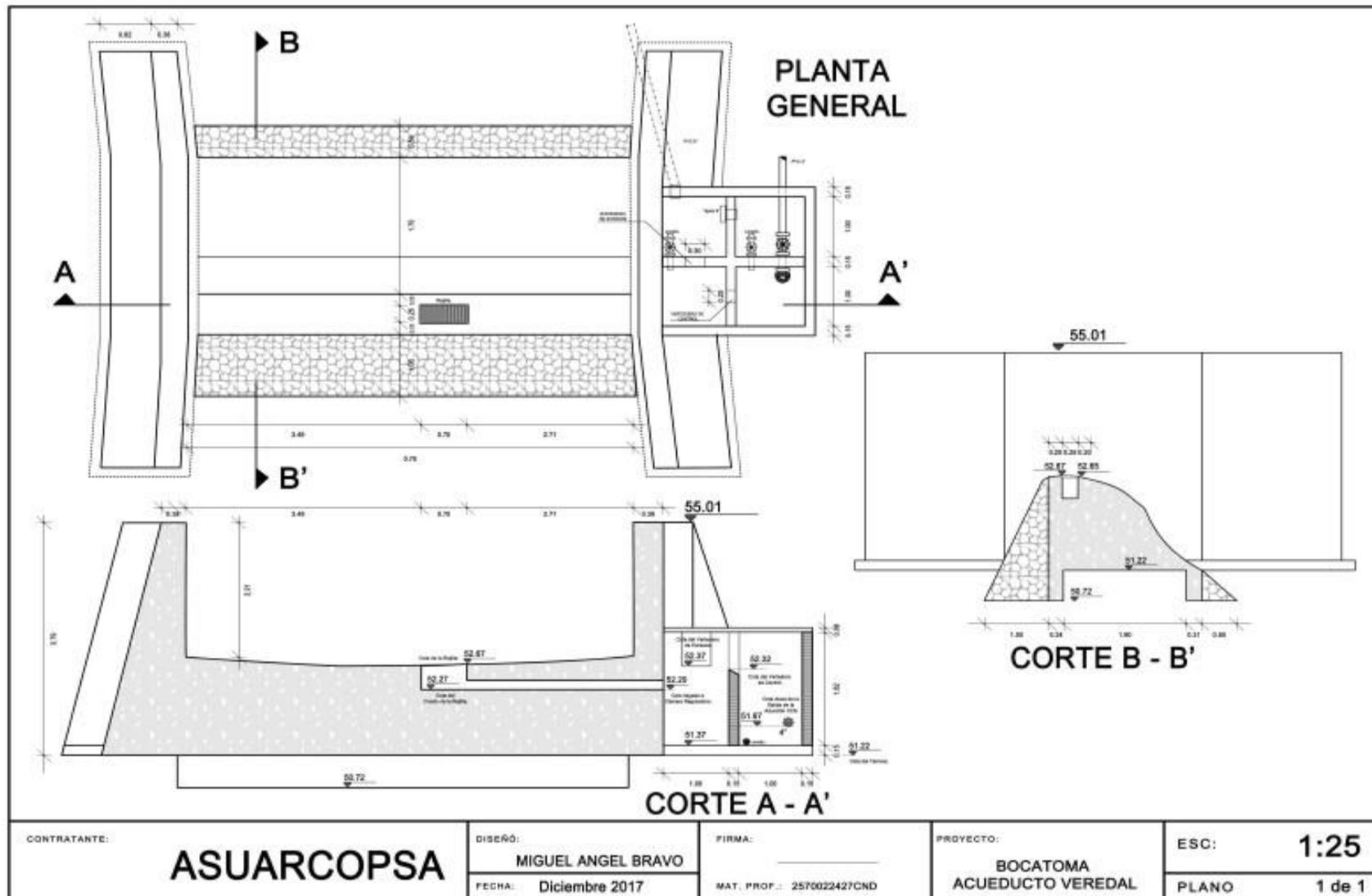
ESCALA 1 : 25



**TANQUE SISTEMA ASUARCOPSA**

CORTE A-A

ESCALA 1 : 25



## FIRMA RESPONSABLES

---

Álvaro Daniel Segura Garzón

Código: 504481

---

Jorge Alexander Huérfano Maciado

Código: 505663

---

Ing. Jesús Ernesto Torres  
Asesor trabajo de grado