

**DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE MAYORACIÓN PARA EL  
CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE SIBATÉ CON  
RESPECTO A LOS DEFINIDOS EN LA RESOLUCION NUMERO 0330 DEL 8  
DE JUNIO DE 2017**

**WINDDY RINCÓN LOZANO CÓDIGO: 503480  
WILLIAM ALBERTO CÓRDOBA MESA CÓDIGO: 504389**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2017**

**DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE MAYORACIÓN PARA EL  
CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE SIBATÉ CON  
RESPECTO A LOS DEFINIDOS EN LA RESOLUCION NUMERO 0330 DEL 8  
DE JUNIO DE 2017**

**WINDDY RINCÓN LOZANO CÓDIGO: 503480  
WILLIAM ALBERTO CÓRDOBA MESA CÓDIGO: 504389**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
Ingeniero Civil**

**Director  
Ing. MSc. Guillermo Hernández Torres**



**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2017**



## 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**

---

---

---

---

---

**FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**FIRMA DEL JURADO No. 1**

---

**FIRMA DEL JURADO No. 2**

---

**FIRMA DEL DIRECTOR**

---

**Bogotá D.C., 26, octubre, 2017**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por ese regalo tan importante llamado salud, la sabiduría, el entendimiento, la paciencia y sapiencia necesarias para haber llegado hasta este punto cumpliendo con los objetivos del presente proyecto.

### **A nuestros padres y nuestras familias**

Por darnos la vida, enseñarnos poco a poco el camino en este viaje desde que nacimos hasta hoy, a todos ellos gracias por su apoyo y amor incondicional, los cuales han servido y tenemos la certeza de que servirán hoy y siempre en nuestras vidas y nuestros futuros proyectos.

### **A las personas que ya no están aquí**

Por darnos la compañía desde el cielo, un apoyo incondicional mientras estuvieron, por guiarnos siempre por el camino correcto y por enseñarnos que no hay obstáculo que no pueda superarse si se hace con amor y sabiduría.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos infinitamente a todas las personas que intervinieron en cada una de las etapas de este Proyecto de Grado, así como también a las que permitieron su elaboración y entrega.

Agradecimientos especiales a las Empresas Públicas Municipales de Sibaté S.C.A. E.S.P., al Señor Ernesto Forero Clavijo Gerente General de la misma y a todos sus colaboradores quienes nos brindaron apoyo, acompañamiento y constante colaboración en lo necesario para la elaboración del presente proyecto.

De igual manera a los Ingenieros Felipe Santa María Álzate y Guillermo Hernández Torres quienes realizaron la orientación, acompañamiento y experiencia desde las fases de Ante Proyecto y Proyecto de grado final, respectivamente.

## CONTENIDO

<b>LISTADO DE TABLAS.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>LISTADO DE ECUACIONES .....</b>	<b>12</b>
<b>LISTADO DE GRAFICOS .....</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>14</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES .....</b>	<b>20</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	20
1.2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	21
1.2.1. Descripción del problema.....	21
1.2.2. Formulación del problema.....	21
1.3. OJETIVOS.....	22
1.3.1. Objetivo general .....	22
1.3.2 Objetivos específicos .....	22
1.4. JUSTIFICACION.....	22
1.5. DELIMITACIÓN .....	23
1.5.1. Espacio.....	23
1.5.2. Tiempo.....	23
1.5.3. Alcance.....	23
1.5.4. Impacto del proyecto en el municipio.....	24
1.6. MARCO DE REFERENCIA .....	25
1.6.1. Margo Legal .....	26

1.6.2. Marco Teórico .....	27
1.6.3. Marco Conceptual.....	34
1.7. METODOLOGÍA.....	35
1.7.1. Tipo de Estudio.....	36
1.7.2. Fuentes de Información .....	36
<b>2. CAPÍTULO 2: GENERALIDADES MUNICIPIO Y ACUEDUCTO DE SIBATÉ.....</b>	<b>37</b>
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL MUNICIPIO.....	37
2.2. ESQUEMA SISTEMA DE ACUEDUCTO.....	38
2.2.1. Fuente abastecedora y concesión.....	38
2.2.2. Captación, aducción, pretratamiento y conducción.....	38
2.2.3. Planta de tratamiento de agua potable PTAP .....	39
2.3. ANÁLISIS DE POBLACIÓN.....	47
2.3.1. Censos .....	47
2.3.2. Método Aritmético .....	49
2.3.3. Método Geométrico.....	50
2.3.4. Método exponencial .....	51
2.3.5. Proyecciones Obtenidas .....	53
2.4. CAUDALES DE CONSUMO.....	55
2.4.1. Dotación neta.....	55
2.4.2. Pérdidas .....	55
2.4.3. Dotación bruta.....	55
2.4.4. Caudales .....	56
<b>3. CAPÍTULO 3: ANÁLISIS VOLUMENES Y COEFICIENTES .....</b>	<b>58</b>
3.1. ANÁLISIS DE VOLUMENES DE AGUA POTABLE .....	58
3.1.1. Gráficas de Caudales por mes .....	58



3.2. ANÁLISIS DE NIVEL DE COMPLEJIDAD.....	73
3.2.1. Análisis Respecto al RAS – 2000 .....	73
3.2.2. Análisis respecto a la Resolución Número 0330.....	75
3.2.3. Cuadro comparativo entre el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y la Resolución 0330 del 8 de Julio de 2017.....	76
3.3. COEFICIENTES $K_1$ y $K_2$ .....	78
<b>4. CAPÍTULO 4: ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA .....</b>	<b>83</b>
4.1. VOLUMENES FACTURADOS .....	83
4.2. VOLÚMENES TRATADOS POR LA PLANTA .....	84
4.3. VOLÚMENES PRODUCIDOS.....	85
4.4. ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA ANÁLISIS MENSUAL .....	86
<b>5. CAPÍTULO 5: ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>88</b>
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	88
5.2. CONCLUSIONES .....	90
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>92</b>

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tabla B.2.3. Dotación por habitante según el nivel de complejidad del sistema .....	28
Tabla 2. Dotación máxima por habitante según la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida.....	28
Tabla 3. Censo 1985 Municipio de Sibaté .....	48
Tabla 4. Censo 1993 Municipio de Sibaté .....	48
Tabla 5. Censo 2005 Municipio de Sibaté .....	49
Tabla 6. Proyección Población Todos los Métodos .....	53
Tabla 7. Promedio Final de Proyecciones .....	54
Tabla 8. Nivel de Complejidad RAS 200 .....	73
Tabla 9. Dotación Bruta .....	74
Tabla 10. Altura Promedio msnm para Determinar Dotación Neta .....	75
Tabla 11. Resumen Mes de Enero Caracterización y Filtro por Días. ....	80
Tabla 12. Resumen Mes de Febrero Caracterización y Filtro por Días. ....	80
Tabla 13. Resumen Mes de Marzo Caracterización y Filtro por Días. ....	80
Tabla 14. Resumen Mes de Abril Caracterización y Filtro por Días.....	81
Tabla 15. Resumen Mes de Mayo Caracterización y Filtro por Días. ....	81
Tabla 16. Resumen Mes de Junio Caracterización y Filtro por Días. ....	81
Tabla 17. Resumen Mes de Julio Caracterización y Filtro por Días.....	82
Tabla 18. Volúmenes de Agua Potable Facturados por la Empresa de Acueducto del Municipio de Sibaté .....	83
Tabla 19. Resumen Volúmenes Facturados Empresa de Acueducto Municipio de Sibaté.....	83
Tabla 20. Volúmenes tratados por mes por la PTAP .....	84
Tabla 21. Volúmenes Producidos Mes a Mes por la PTAP .....	85
Tabla 22. Índice de Agua No Contabilizada Enero - Julio Municipio de Sibaté.	87

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación Geográfica Municipio de Sibaté .....	37
Ilustración 2. Ingreso PTAP Municipio de Sibaté .....	40
Ilustración 3. Macromedidoderes PTAP Municipio de Sibaté .....	41
Ilustración 4. Canaleta Parshall PTAP Municipio de Sibaté.....	42
Ilustración 5. Canaleta Parshall PTAP Municipio de Sibaté.....	42
Ilustración 6. Floculadores PTAP Municipio de Sibaté.....	43
Ilustración 7. Sedimentador PTAP Municipio de Sibaté.....	44
Ilustración 8. Filtro PTAP Municipio de Sibaté .....	45
Ilustración 9. Productos usados para desinfección. ....	46
Ilustración 10 Laboratorio Planta de Tratamiento Municipio de Sibaté .....	47

## LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Dotación Bruta .....	29
Ecuación 2 Caudal Medio Diario.....	29
Ecuación 3. Caudal Máximo Diario .....	30
Ecuación 4 Caudal Máximo Horario.....	31
Ecuación 5 Población Futura Método Aritmético .....	49
Ecuación 6. Población Futura Método Geométrico.....	50
Ecuación 7. Proyección de Población Método Exponencial .....	51
Ecuación 8. Tasa de Crecimiento Poblacional.....	52
Ecuación 9. Dotación Bruta .....	74
Ecuación 10. Coeficiente de Consumo Máximo Diario .....	78
Ecuación 11. Coeficiente de Consumo Máximo Horario.....	79
Ecuación 12. Índice de Agua NO Contabilizada .....	86

## LISTADO DE GRAFICOS

Gráfico 1. Comparativo Métodos De Proyección de Población .....	54
Gráfico 2. Caudales Máximos enero 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté ....	59
Gráfico 3. Caudales Promedio enero 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté ...	60
Gráfico 4. Caudales Máximos febrero 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté ..	61
Gráfico 5. Caudales Promedio febrero 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté .	62
Gráfico 6. Caudales Máximos marzo 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté...	63
Gráfico 7. Caudales Promedio marzo 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté...	64
Gráfico 8. Caudales Máximo abril 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté.....	65
Gráfico 9. Caudales Promedio abril 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté .....	66
Gráfico 10. Caudales Máximo mayo 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté.....	67
Gráfico 11. Caudales Promedio mayo 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté ..	68
Gráfico 12. Caudales Máximo junio 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté .....	69
Gráfico 13. Caudales Promedio junio 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté ...	70
Gráfico 14. Caudales Máximo julio 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté .....	71
Gráfico 15. Caudales Promedio julio 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté ....	72
Grafico 16. Gráfico de Barrar Volúmenes Consumidos Acueducto de Sibaté ..	84
Grafico 17. Gráfico de Barras Volúmenes Tratados mes a mes por la PTAP...	85
Grafico 18. Gráfico de Barras Volúmenes Producidos Mes a Mes por la PTAP .....	86
Grafico 19. Gráfico de Barras Índice de Agua No Contabilizada Enero - Julio Municipio de Sibaté.....	87

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Proyecciones Poblacionales .....	96
Anexo 2. Datos Suministrados de Caudales por la PTAP Sibaté Enero - Julio de 2017.....	97
Anexo 3. Cálculos y Análisis Grafico de Caudales y Factores de Mayoración K1 y K2.....	98
Anexo 4. Volúmenes Facturados, Volúmenes Procesados y Volúmenes Producidos Municipio de Sibaté.....	99
Anexo 5. Calculo Índice de Agua NO Contabilizada (IANC) Municipio de Sibaté .....	100

## GLOSARIO

**ACUEDUCTO:** Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la captación de agua, el tratamiento, el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua potable con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión<sup>1</sup>.

**ADUCCIÓN:** Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión<sup>2</sup>.

**CAPTACIÓN:** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento<sup>3</sup>.

**CAUDAL:** Cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo<sup>4</sup>.

**CONDUCCIÓN:** Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión<sup>5</sup>.

**DOTACIÓN:** Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en una unidad de tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes<sup>6,7</sup>.

**MACROMEDICIÓN:** Sistema de medición de grandes caudales, destinado a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores<sup>8</sup>.

---

<sup>1</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000 - Título B. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

<sup>2</sup> *Ibíd.*, p. B22

<sup>3</sup> *Ibíd.*, p. B22

<sup>4</sup> *Ibíd.*, p. B22

<sup>5</sup> *Ibíd.*, p. B22

<sup>6</sup> *Ibíd.*, p. B23

<sup>7</sup> McGhee, E.W. Steel - Terence J. 1979. Water Supply and Sewerage. International Student Edition : Mc Graw Hill . Kogakusha LTD., 1979. ISBN 0-07-060929-2.

<sup>8</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000 - Título B. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

**MACROMEDIDOR:** Aparato utilizado con el objetivo de tomar mediciones de grandes caudales en puntos específicos de un sistema de acueducto<sup>9</sup>.

**MEDIDOR:** Dispositivo encargado de medir y acumular el consumo de agua<sup>10</sup>.

**MICROMEDICIÓN:** Sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto<sup>11</sup>.

**NORMA:** Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria. También puede incluir disposiciones en materia de terminología, símbolos, embalaje, marcado o etiquetado aplicables a un producto, a la prestación de un servicio, a un proceso o método de producción, o tratar exclusivamente de ellas. Incluye Norma Técnica, Norma Técnica Colombiana y Norma Internacional<sup>12</sup>.

**PÉRDIDAS:** Diferencia entre el volumen de agua que entra a un sistema de acueducto y aquel que sale o es facturado, dependiendo del sistema<sup>13</sup>.

**SEDIMENTACIÓN:** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad<sup>14</sup>.

**USUARIO:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le conoce también como consumidor<sup>15</sup>.

---

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p. B24

<sup>10</sup> *Ibíd.*, p. B24

<sup>11</sup> *Ibíd.*, p. B24

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p. B24

<sup>13</sup> *Ibíd.*, p. B25

<sup>14</sup> *Ibíd.*, p. B26

<sup>15</sup> CÁMARA DE COMERCIO DE MEDELLÍN. Ley 142 de 1994. [En línea] <http://www.camaramedellin.com.co/site/Portals/0/Documentos/Biblioteca/memorias/Proteccion-usuario-de-servicios-publicos-domiciliarios.pdf>



## **ACLARATORIO**

El presente documento durante la fase de Anteproyecto se desarrolló bajo los lineamientos del documento normativo *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B*. Para la fase definitiva de proyecto de grado los datos y procedimientos se actualizaron con base en la *Resolución Número 0330 del 08 de junio de 2017, vigente hasta la fecha*.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de la planeación, desarrollo y organización de los municipios en Colombia existen diferentes tipos de proyectos y acciones orientadas a garantizar la prosperidad y el avance de estas poblaciones, en lo que a diferentes ámbitos respecta; una de las áreas destinadas a garantizar lo mencionado y la calidad de vida de los habitantes de una población corresponde a las obras de infraestructura tales como construcciones viales, educativas, de salud, vivienda y obras hidráulicas de captación y tratamiento de aguas.

Con el fin de garantizar la calidad, la estabilidad y la seguridad de estas obras de infraestructura, existen en Colombia diferentes normas, como la INVIAS, la NSR 10, el RETIE, El RAS 2000 de acuerdo con la resolución 0330 de junio de 2017. Cada una de estas está destinada a velar por el cumplimiento y los diferentes factores que conforman un proyecto de infraestructura.

Para el caso de este trabajo, los análisis, los procedimientos y los cálculos presentados durante su desarrollo se enfocarán en el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico de acuerdo con la resolución 0330 de junio de 2017, el cual surge de la necesidad de mejorar el proceso de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de los proyectos desarrollados para cubrir las necesidades de agua potable y de saneamiento básico de Colombia.

Para el sistema de abastecimiento y lo que a este proyecto respecta se deben tener en cuenta todas las variables que se desarrollan durante la etapa de diseño y construcción de un proyecto de infraestructura hidráulica y tratamiento de aguas; este proyecto se desarrollara en el municipio de Sibaté, en el departamento de Cundinamarca.

De acuerdo con diagnóstico previo y las averiguaciones pertinentes se logró establecer que se encuentra construido un acueducto y un alcantarillado con sus respectivas plantas de tratamiento, el cual, de acuerdo con su última reforma, está acorde con los parámetros establecidos por el RAS 2000 y las adecuaciones pertinentes de diseño de acuerdo con la experiencia del equipo que adelantó dichas reformas en la infraestructura del acueducto del municipio.

Con esta infraestructura ya construida, en funcionamiento y de acuerdo a los datos recopilados, organizados y sistematizados suministrados por la Empresa de Servicios Públicos del municipio se realizará el estudio, comprobación y comparación de los factores de consumo de agua potable ( $k_1$ ,  $k_2$ ) del municipio

de Sibaté, con la finalidad de establecer si la infraestructura actual que compone el acueducto municipal se encuentra sobre dimensionada, se encuentra por debajo de los requerimientos que se establecen en dicho reglamento, en lo que respecta a este campo, o se encuentra operando en buenas condiciones.

## **1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Actualmente en el municipio funciona un sistema de acueducto que tuvo un diseño y construcción inicial en el año 1974 a cargo del INSFOPAL, y una posterior reforma en el periodo comprendido entre 2011 – 2013. La planta de tratamiento de agua potable (PTAP) hace parte del sistema que conforma el acueducto municipal y se encuentra ubicada en la Calle 3 No. 6-40 en el barrio La Inmaculada en Sibaté. Dicha planta ha venido tratando el líquido vital y abasteciendo con este a la comunidad Sibateña desde su construcción y entrega inicial, durante sus reformas y hasta el día de hoy. Sin embargo, la población y los proyectos de expansión que se han venido desarrollando y que se tienen proyectados para el municipio posibilitan el crecimiento de la población y la expansión de sus áreas urbanas hacia los lotes de desarrollo del municipio, motivo por el cual se tendría un aumento drástico en la población total a servir en la cabecera municipal y sus zonas aledañas de orden rural.

Por lo anteriormente mencionado y con el fin de garantizar a futuro una dotación neta por habitante ideal y una mejor calidad del agua suministrada, que cumpla con lo establecido en el reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) y la reforma echa al mismo (Resolución 0330 de 2017), se tiene como fundamento de este proyecto realizar el estudio, comprobación y comparación de los factores de consumo de agua potable del municipio de Sibaté, con la finalidad de establecer si la infraestructura actual que compone el acueducto municipal se encuentra sobre dimensionada, cumple con la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017 o se encuentra por debajo de los requerimientos que se establecen en dicha Resolución en lo que respecta a este campo.

De ser comprobado y determinado mediante cálculos, estudios y hallazgos este último ítem mencionado, correspondiente a los factores de mayoración del consumo de agua potable en el municipio, se propondrán parámetros y prácticas de mejora, implementación y seguimiento con el fin de cumplir con lo establecido en la resolución y garantizar la cuota de demanda del líquido vital por habitante para la población actual y la proyección futura, teniendo en cuenta el crecimiento y expansión socio – económica y cultural del municipio, para finalmente garantizar el bienestar de los habitantes de esta población quienes se verán beneficiados con los resultados obtenidos y productos definitivos que hacen parte integral de este proyecto.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA**

### **1.2.1. Descripción del problema**

Cuando se determinan los factores de mayoración para el diseño de acueductos (K1 y K2) se tienen en cuenta los registros históricos de macro-medición. De no encontrarse estos registros se determinan según la cantidad de habitantes a los cuales se les va a suministrar este servicio. Según la Resolución 0330 de 2017 que se encuentra en vigencia actualmente, para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, el factor de mayoración K1 y K2 no puede ser superior a 1.3 en ningún caso.

Luego de estar establecidas estas condiciones se identifica que los factores de mayoración no están completamente determinados y con dificultad se puede saber su valor, razón por la que se tomó el diseño de un acueducto construido. Con este, se determinarán los coeficientes de mayoración K1 y K2 según los caudales obtenidos de mediciones de la planta de tratamiento, para luego compararlos con los determinados por la resolución 0330 del 2017 y de esta comparación definir qué tan exactos y precisos son los coeficientes si se toman los datos establecidos en la resolución.

### **1.2.2. Formulación del problema**

Según la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 avalada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se establece que el dato inicial para diseñar un acueducto corresponde al número de habitantes de una población, la cual es proyectada al periodo de diseño requerido (para el caso de sistemas de acueducto y alcantarillado es de 25 años). Partiendo de este dato se obtienen las principales variables de diseño, que son: dotación neta máxima, consumos de población servida, caudales de diseño (caudal máximo diario, caudal máximo horario, caudal medio diario), los cuales son determinados mediante procesos y ecuaciones matemáticas y estadísticas que, en ocasiones, pueden distar de la situación real del sitio donde se desarrollarán las obras.

Teniendo en cuenta que la población seleccionada para el desarrollo de este proyecto corresponde al municipio de Sibaté (Cundinamarca), fuente principal de la información a procesar, en lo que respecta a caudales, consumos, número de habitantes, históricos de demanda de agua potable e información general del acueducto municipal y las estructuras que lo componen, se procesará y analizará cada uno de los datos que se mencionaron anteriormente con el fin de determinar los factores de mayoración en el consumo de agua potable para así comprobar

si ¿Actualmente el municipio de Sibaté cuenta con una infraestructura de acueducto, que garantice el cumplimiento de demanda neta por habitante y los consumos de acuerdo a los factores de mayoración comprobados según la Resolución 0330 de 2017?

### **1.3. OJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Comparar los coeficientes de consumo de agua potable en el municipio de Sibaté, respecto a los establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y en la Resolución 0330 de 2017 que se encuentra vigente.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar los volúmenes de agua potable consumida del municipio de Sibaté mediante la información y registros existentes en la Empresa de Servicios Públicos del Municipio.
- Definir los coeficientes de mayoración reales que afectan el consumo por habitante en el municipio de Sibaté.

### **1.4. JUSTIFICACION**

Cuando se realiza el diseño de un acueducto se tienen en cuenta dos coeficientes (K1, K2) llamados coeficientes de mayoración, los cuales sirven como factor de seguridad para el diseño del mismo.

Estos factores están dados en la Resolución 0330 de 2007; se establecen según análisis realizados en otros diseños de acueductos, es decir según la experiencia. En ocasiones estos datos pueden distar de la realidad, por tal razón sería necesario determinar los factores de mayoración para cada acueducto según sus condiciones, para de esta forma tener estructuras que funcionen adecuadamente en su periodo de diseño y no estén sobre-diseñadas.

De esta forma calcularemos los factores de mayoración según los caudales presentes en el acueducto de Sibaté para posteriormente compararlos con los determinados por la Resolución 0330 de 2017 y definir que tanto distan entre sí.

## **1.5. DELIMITACIÓN**

### **1.5.1. Espacio**

El trabajo se limitará al análisis de coeficientes de mayoración (K1 y K2) que se tuvieron en cuenta para el diseño, construcción y puesta en marcha de la PTAP en el Municipio de Sibaté, departamento de Cundinamarca-Colombia, tanto en el casco urbano como en el área rural.

### **1.5.2. Tiempo**

El presente proyecto tuvo un periodo de desarrollo desde febrero de 2017 hasta octubre de 2017. Durante este tiempo se realizó la búsqueda del tutor, la definición del tema y de los parámetros básicos para su realización logrando establecer que el tema a tratar sería la determinación de los factores de mayoración para el consumo de agua potable, en el municipio de Sibaté con respecto a los definidos en el la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017, hasta la entrega final del documento y posterior sustentación realizada al jurado de acuerdo al cronograma de la facultad de ingeniería de la Universidad Católica de Colombia.

### **1.5.3. Alcance**

El alcance del proyecto es hacer la determinación de los factores de mayoración de forma experimental teniendo en cuenta los resultados de la macro-medición de caudales de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Sibaté. También se busca procesar la información histórica de estas variables de caudal tratado por la PTAP de la población en estudio, las cuales reposan en la empresa de servicios públicos de Sibaté, y que fue suministrada a nivel de históricos de consumo mensuales de lo que va corrido del año 2017 en los siete primeros meses del año en curso, y con miras a obtener más información a futuro para garantizar más precisión en el estudio y que este mismo sea una herramienta dinámica y actualizable para verificación por parte del municipio.

Luego de tener estos dos resultados se pretende analizar qué tan acertado es el valor de acuerdo con el indicado en la resolución para los factores de mayoración (K1 y K2), o si es necesario, según las condiciones de cada acueducto, determinar estos valores de los mismos para no generar sobre-diseños o, en su defecto, diseños que no cumplan con los requerimientos establecidos a lo largo de su periodo de diseño en las estructuras a construir.

#### **1.5.4. Impacto del proyecto en el municipio**

El proyecto que aquí se presenta se enmarca no solo en la normatividad, cumplimiento de especificaciones técnicas y calidad en el suministro de agua potable del acueducto de Sibaté, sino que también mantiene una estrecha relación con las condiciones sociales de la población del municipio de estudio.

La construcción de un acueducto, así como su mantenimiento y el cumplimiento de las normas que definen su puesta en funcionamiento y operación, impacta en la vida de las personas pues el agua no es sólo un elemento vital, sino que además es esencial para el desarrollo de actividades industriales, agrícolas, comerciales, entre otras, indispensables para lograr mejorar la calidad de vida de los habitantes de una determinada población como lo es Sibaté.

Por principio general se sabe que un acueducto que no cumpla con la reglamentación, no solo representa una falencia en materia de diseño, ejecución y puesta en marcha de un proyecto de este tipo, sino que puede llegar a atentar contra la salud de las personas y hasta causar emergencias, de modo tal que la relación entre el cumplimiento de las normas y el impacto que esto pueda tener en las poblaciones no se limita a estándares de funcionamiento, sino que también tiene que ver con el suministro del líquido vital, que algunas partes del mundo ha comenzado a considerarse como derecho humano.

Así pues, el análisis de los factores de mayoración K1 y K2 permite determinar bajo qué condiciones de diseño se proyectó, construyó y entró en marcha el acueducto de Sibaté, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional del municipio y su expansión futura, y teniendo la certeza de que de estos factores mencionados anteriormente depende la dotación mínima de agua potable para cada habitante del municipio, esto con el fin de garantizar una óptima prestación del servicio de suministro del líquido vital en el municipio y a nivel social una mejora continua desde el punto de vista de calidad de vida de cada uno los habitantes.



## **1.6. MARCO DE REFERENCIA**

A continuación, se expone todo el marco referencial utilizado para la elaboración del presente proyecto de grado, pasando por todos y cada uno de los aspectos relevantes que conformaron la investigación que recopila el presente documento:

## 1.6.1. Margo Legal

MARCO LEGAL			
NORMA / LEY	TÍTULO / NOMBRE	OBJETO	FUENTE DE BÚSQUEDA
LEY 142 DE 1994	<b>Regimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.</b>	<i>Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos de que trata el artículo 15 de la presente Ley, y a las actividades complementarias definidas en el Capítulo II del presente título y a los otros servicios previstos en normas especiales de esta Ley</i>	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752</a>
Resolución No. 1096 del 17 de Noviembre de 2000	<b>Por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico</b>	<i>Mediante esta resolución se resuelve adoptar el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS</i>	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38541">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38541</a>
Resolución No. 0424 del 18 de Mayo de 2001	<b>Por la cual se modifica la Resolución No. 1096 de Noviembre 17 de 2.000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS</b>	<i>Mediante esta resolución se modifica la resolución 1096 del 17 de Noviembre de 2000, en lo referente al Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico</i>	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38543">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38543</a>
Resolución 668 del 19 de Junio de 2003	<b>Por la cual se modifica el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico</b>	<i>Por la cual se modifica los artículo 86, 123, 126 y 210 de la Resolución No. 1096 de Noviembre 17 de 2.000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS</i>	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38542">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38542</a>
Resolución 1459 del 05 de Octubre de 2005	<b>Por la cual se modifica la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS</b>	<i>Mediante esta resolución se modifica la resolución 1096 de 2000, en lo referente al Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico</i>	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40357">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40357</a>
Resolución 1447 del 05 de Octubre de 2005	<b>Por la cual se modifica la Resolución número 1096 de noviembre 17 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS.</b>	<i>Mediante esta resolución se modifica la resolución 1096 de 2000, en lo referente al Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico</i>	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40358">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40358</a>
Resolución No. 2320 del 27 de Noviembre de 2009	<b>Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS</b>	<i>Mediante esta resolución se modifica la resolución 1096 de 2000, en lo referente al Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, en lo que adotasiones Neta y Bruta Respecta</i>	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38487">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38487</a>
Resolución No. 0330 del 08 de Junio de 2017	<b>Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), se actualiza y derogan resoluciones anteriores que reglamentaban este mismo</b>	<i>Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009</i>	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542#258">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542#258</a>

## **1.6.2. Marco Teórico**

### **1.6.2.1. Parámetros de diseño acueducto en Colombia**

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 tiene como propósito establecer los requisitos mínimos, valores específicos y límites que se deben tener en cuenta para el diseño, construcción, puesta en marcha, operación y posterior mantenimiento de un sistema de acueductos. Algunos de estos parámetros fueron modificados con la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, lo cual veremos a continuación:

En el Título A.4 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS se determinan los criterios establecidos para la identificación y justificación de la elaboración de proyectos y se especifican los parámetros de diseño de un sistema de acueducto.

Con el fin de obtener un sistema que permanezca en óptimas condiciones a lo largo de su periodo de diseño, y su posterior puesta en marcha, sus parámetros de diseño son:

Determinación del número de habitantes del territorio donde se construirá el acueducto, basado en información censal del DANE; proyección de la población actual por los métodos geométrico, lineal o logarítmico, lo cual se especifica en la tabla B.2.1. Es importante resaltar que para esta proyección también se toma la población flotante o migratoria.

El nivel de complejidad de la población se determina según el número de habitantes anteriormente calculado y con este se determina la capacidad económica de los usuarios. En dado caso que el número de habitantes de la población sea menor a 2500 se usara el nivel de complejidad bajo, sin excepción.

Se establece la dotación neta definida en el RAS 2000 Título B como: “cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante”<sup>16</sup> Esta establecida según el clima y el nivel de complejidad en la Tabla B.2.3.

---

<sup>16</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000 - Título B. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Tabla 1. Tabla B.2.3. Dotación por habitante según el nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab•día) climas templado y frío	Dotación neta (L/hab•día) clima cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

El primer cambio que se puede identificar en la Resolución 0330 es que ya no existe un nivel de complejidad determinado según el número de habitantes ni tampoco la dotación neta se basa en el nivel de complejidad de la misma. En este caso la Dotación Neta Máxima por habitante día está dada por la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida, por esto ya no se hace uso de la tabla anteriormente mostrada, sino que entrara en vigencia la siguiente:

Tabla 2. Dotación máxima por habitante según la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida.

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

**Fuente: Resolución Número (0330) 08 junio 2017**

Luego se determinan las pérdidas de agua en el sistema de acueducto las cuales corresponden al volumen de agua tratada por la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) menos el volumen de agua suministrado a la población.

Estas pérdidas se pueden clasificar en: físicas o térmicas y comerciales.

Donde las pérdidas físicas o térmicas corresponden a averías en las tuberías o accesorios de la red de acueducto, estas pueden ser determinadas según los

datos de registro de caudales consumidos. Las pérdidas comerciales corresponden a conexiones fraudulentas o a los suscriptores que se encuentran fuera de la base de datos de la empresa prestadora del servicio, las pérdidas máximas admisibles comerciales son del 7 %.

En la Resolución Número 0330 se establece que el porcentaje máximo de pérdidas es del 25 %. Estas correspondientes a las pérdidas en conducciones, aducciones y redes; por ninguna causa se debe superar este porcentaje.

Las pérdidas nombradas anteriormente son de utilidad para calcular la dotación bruta ( $d_{bruta}$ ) y se calcula teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

*Ecuación 1. Dotación Bruta*

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

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

**Donde:**

$d_{bruta}$  = Dotación bruta.

$d_{neta}$  = Dotación neta.

$\%p$  = pérdidas máximas admisibles, no deberá superar el 25 %.

Se realiza el cálculo de demanda de agua por población por medio del caudal medio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horario.

- **Caudal medio diario**

El caudal medio diario ( $Q_{md}$ ), corresponde al promedio de los consumos diarios en un año por las pérdidas y se calcula mediante la siguiente ecuación:

*Ecuación 2 Caudal Medio Diario*

$$Q_{md} = \frac{p \times d_{bruta}}{86400}$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

- **Caudal máximo diario.**

El caudal máximo diario (QMD), corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas en un periodo de un año el cual se multiplica por un coeficiente de consumo máximo diario  $k_1$ :

*Ecuación 3. Caudal Máximo Diario*

$$QMD = Q_{md} \times k_1$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

**Donde:**

QMD = Caudal máximo diario.

$Q_{md}$  = Caudal medio diario.

$k_1$  = Coeficiente de consumo máximo diario.

Según el RAS 2000 “El coeficiente de consumo máximo diario  $k_1$ , se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un periodo mínimo de un año”.

Para sistemas de acueducto nuevos se toma un  $k_1 = 1.30$ .

**Nota:** de acuerdo con la Resolución Numero 0330, para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, el factor  $K_1$  no debe ser mayor a 1.3 ni el factor  $K_2$  superior a 1.6. En el caso de poblaciones mayores a 12.500 habitantes el factor  $K_1$  no puede ser superior a 1.2 y el factor  $K_2$  no puede ser mayor a 1.5.

- **Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario (QMH), es el consumo máximo registrado durante una hora en un periodo de un año y se realiza el producto por el coeficiente de consumo máximo horario  $k_2$ . Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

*Ecuación 4 Caudal Máximo Horario*

$$QMH: QMD \times k_2$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

**Donde:**

QMH = Caudal máximo horario.

$Q_{md}$  = Caudal medio diario.

$K_2$  = Coeficiente de consumo máximo horario.

El coeficiente de consumo máximo horario ( $k_2$ ), con la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario, QMD, registrados durante un año.

En el caso de sistemas nuevos se determina entre 1.3 y 1.7 de acuerdo con las condiciones locales.

**Nota:** de acuerdo con la Resolución Numero 0330, para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, el factor  $K_1$  no debe ser mayor a 1.3 ni el factor  $K_2$  superior a 1.6. En el caso de poblaciones mayores a 12.500 habitantes el factor  $K_1$  no puede ser superior a 1.2 y el factor  $K_2$  no puede ser mayor a 1.5.

Debido a que el acueducto se encuentra construido se realizará una curva de variación horaria de demanda con los caudales suministrados por la empresa de servicios públicos de Sibaté, y se determinarán los factores de mayoración según esta.

### 1.6.2.2. Factores de mayoración acueductos en Costa Rica

En el caso de Costa Rica y según el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado N° 2006-730, se calcula:

- **Población Futura**

La población futura se estimará para el período de diseño que corresponda. Se tomarán en cuenta los aspectos políticos, sociales y económicos que puedan influir en el mayor o menor crecimiento de la población. Si se dispone de censos de población, la estimación se realizará de acuerdo con la tendencia que muestren. Si no se dispone de censos, se admitirá un crecimiento geométrico de la población<sup>17</sup>.

Siendo las tasas de crecimiento anual recomendadas:

Crecimiento de población rural: 3.5%

Crecimiento de población urbana: 3.0%

De no existir planes reguladores o censos, se considerarán 5 habitantes por vivienda unifamiliar en acueductos urbanos, y 6 habitantes por vivienda unifamiliar en acueductos rurales.

- **Dotaciones**

Las dotaciones brutas para el diseño serán:

a. Para cuando se tengan datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se tomarán los datos reales.

b. Para cuando no existen datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se recomienda:

Para poblaciones rurales, de 150 a 250 l/p/d

---

<sup>17</sup> McGhee, E.W. Steel - Terence J. 1979. Water Supply and Sewerage. International Student Edition : Mc Graw Hill . Kogakusha LTD., 1979. ISBN 0-07-060929-2.



Para poblaciones urbanas, de 250 a 300 l/p/d con las siguientes excepciones:

Zona caribe no costera, de 300 a 350 L/p/d > Ciudades portuarias, de 350 a 400 L/p/d.

Área Metropolitana de San José, de 350 a 400 L/p/d. Para desarrollos industriales, se estudiará cada caso en particular.

- **Caudales de diseño**

El caudal máximo diario será de 1.1 a 1.3 veces el caudal promedio diario. En caso de plantas potabilizadoras se aumentará en un 10% por concepto de aguas de lavado.

El caudal máximo horario será de 1.6 a 2.0 veces el caudal promedio diario.

- **Caudal coincidente y caudal de incendio**

El caudal coincidente es la suma del caudal máximo diario y el caudal de incendio. Para la estimación del caudal de incendio se considerará la normativa vigente de Ingeniería de Incendios del Instituto Nacional de Seguros.

### **1.6.2.3. Factores de mayoración acueductos en Perú**

En la guía para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de saneamiento básico urbano, a nivel de perfil de Perú. Según el cuadro N° 36, los elementos que conforman el sistema de agua potable, presentan diferentes capacidades promedio (Caudales promedio (Qp)), estimadas en el diagnóstico, considerando, según el caso, los coeficientes Qmd (1.3), Qmh (1.8) y un 25 % como volumen de regulación en el almacenamiento más la reserva contra incendios (en este caso de 200 m<sup>3</sup>).

Asimismo, se ha estimado que el nivel de pérdidas de agua alcanza el 50 % en la situación. El porcentaje de pérdidas de agua del sistema existente se obtiene del diagnóstico en el Módulo de Identificación, con base, principalmente en la

información de los usuarios que cuentan con micro - medición y de información proveniente de mediciones que se puedan realizar con trabajos de campo.

### 1.6.3. Marco Conceptual

Durante las etapas que conforman el presente proyecto se deben tener en cuenta las siguientes definiciones y conceptos, los cuales permitirán entender de manera más eficaz la finalidad y el desarrollo del mismo.

**Acueducto:** Un acueducto es un sistema de abastecimiento de agua para una determinada población.

**Caudal de diseño:** caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

**Coefficiente de Mayoración:** *“Coeficiente de seguridad que mayor las cargas e indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos”.*<sup>18</sup>

**Consumo:** el consumo es el volumen de agua potable recibido por el usuario en un periodo determinado.

**Dotación:** cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo, a razón de una unidad de tiempo, expresada en terminos de litro por ahitante día o sistemas de unidades equivalentes.

**Fuente de abastecimiento de agua:** depósito o curso de aguas superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas<sup>19</sup>.

---

<sup>18</sup> Definición De Coeficiente de Mayoración - <http://diccionario.raing.es/es/lema/coeficiente-de-mayoraci%C3%B3n>

<sup>19</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000 - Título B. Bogotá, Cundinamarca, Colombia : Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

**Índice de agua no contabilizada:** indicador porcentual que relaciona el volumen total de agua que se suministra a las redes con el volumen total de agua que se factura a los suscriptores de éstas, en un período determinado<sup>20</sup>.

**Período de diseño:** tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo<sup>21</sup>.

**Planta de tratamiento de agua potable PTAP:** comprende el conjunto de obras, equipos materiales y redes necesarios para efectuar los procesos de potabilización del agua, tal que cumplan con las normas de calidad establecidas para el agua potable.

**Población de diseño:** Población que se espera atender por el proyecto, teniendo en cuenta el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el periodo de diseño.

**Red de conducción:** Serie de tuberías que transportan el agua desde las plantas de tratamiento hacia los tanques de almacenamiento y/o compensación, o entre tanques, sin conexión de suscriptores<sup>22</sup>.

**Red de distribución:** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo<sup>23</sup>.

**Vida útil:** Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento<sup>24</sup>.

## 1.7. METODOLOGÍA

---

<sup>20</sup> Comisión de Regulación de Agua Potable. NIVEL DE PÉRDIDAS ACEPTABLE PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS DE PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] [cra.gov.co/apc-aa-files/.../3.-documento-de-trabajo-nivel-de-prdidas-aceptable.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/.../3.-documento-de-trabajo-nivel-de-prdidas-aceptable.pdf).

<sup>21</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000 - Título B. Bogotá, Cundinamarca, Colombia : Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

<sup>22</sup> *Ibíd.*, p. 474. (Edición 2010)

<sup>23</sup> *Ibíd.*, p. 474. (Edición 2010)

<sup>24</sup> *Ibíd.*, p. 480. (Edición 2010)

### **1.7.1. Tipo de Estudio**

Se desarrollará un estudio de tipo correlacional donde se pretende analizar el comportamiento de dos variables, en este caso los coeficientes de mayoración K1 y K2 para el diseño de acueductos. Se realizará la correlación entre los valores determinados por la Resolución Número 0330 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio con respecto a los valores determinados por nosotros, de acuerdo con los caudales reportados por la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Sibaté.

### **1.7.2. Fuentes de Información**

La fuente de información base tomada al inicio del proyecto fue El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) ya que era la normativa vigente en el momento en que se dio comienzo al mismo, este reglamento se encargaba de dar los parámetros con respecto al diseño, funcionamiento y mantenimiento de un acueducto. Debido a que se hizo una actualización de la misma con La Resolución Número 0330 del 08 de junio de 2017, la cual tiene la misma finalidad del RAS, el proyecto se adecuo a esta para cumplir con los nuevos requerimientos.

Otra fuente primaria de información fue el Acueducto de Sibaté quien nos suministró todos los datos correspondientes a caudales, fechas de construcción de las obras civiles necesarias, detalles y visitas técnicas a la planta de tratamiento de agua potable, información acerca de la misma, información acerca de macro-medidores y micro-medidores, y en general toda la información necesaria para la realización del proyecto.

Como fuentes secundarias de información se utilizó un documento tesis de grado de un estudiante de la Universidad de los Andes nombrado “Características y Estimación De Consumo De Agua De Usuarios Residenciales en la Ciudad de Bogotá”, entre otros artículos relacionados en la bibliografía.

## 2. CAPÍTULO 2: GENERALIDADES MUNICIPIO Y ACUEDUCTO DE SIBATÉ

### 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL MUNICIPIO

El municipio de Sibaté se encuentra ubicado al Suroriente de Bogotá, D.C., en el departamento de Cundinamarca a una distancia aproximada de la capital colombiana de 25 Km. Posee una extensión total de 125.6 Km<sup>2</sup> de los cuales 124 Km<sup>2</sup> corresponden al sector rural del municipio y 1.6 Km<sup>2</sup> de sector urbano. Limita con las siguientes poblaciones: Norte: Soacha, Sur: Pasca y Fusagasugá, Oriente: Soacha, Occidente: Silvania y Granada.

Según el censo realizado por el DANE en el año 2005, Sibaté contaba con 31.166 habitantes. Realizando una proyección de la población se estima que Sibaté cuenta actualmente con 38.542 habitante, aproximadamente.

El clima en Sibaté es cálido y templado, no obstante, se presenta una gran cantidad de lluvias, incluso en el mes más seco; en un año, la precipitación media es 723 mm, hay una diferencia de 78 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. Su temperatura promedio es de 13.5 ° C. y la variación en las temperaturas durante todo el año es 0.6 ° C.<sup>25</sup>

*Ilustración 1 Ubicación Geográfica Municipio de Sibaté*



**Fuente: Google Maps<sup>26</sup>**

<sup>25</sup> ALCALDÍA DE SIBATÉ. [En línea] [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] <http://www.sibate-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>.

<sup>26</sup> Google. Google Maps. [En línea] [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] <https://www.google.com.co/maps/place/Sibat%C3%A9,+Cundinamarca/@4.6579067,74.2407264,10.96z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3f0a358adef0f5:0xebbf1b573b6cacdcl8m2!3d4.485011!4d-74.259334>.

## 2.2. ESQUEMA SISTEMA DE ACUEDUCTO

### 2.2.1. Fuente abastecedora y concesión.

“El acueducto de Sibaté se abastece de la fuente superficial del río aguas claras que nace en el páramo de Sumapaz, sus principales afluentes son la quebrada las mirlas y la quebrada dos quebradas. se otorgó concesión a la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR). para el año 2006 la CAR, realizo el censo de usuarios y normalización de la cuenca, expidiendo una concesión provisional por un total de 50.637 litros segundo. en el año 2013 fue expedida la resolución 2276 del 26 de noviembre de 2013, con el cual se realiza la reglamentación del río aguas claras otorgando a la sociedad empresas públicas municipales de Sibaté un caudal de 50.63 litros por segundo”<sup>27</sup>

*Figura 1 Fuente de Captación y Estructura de Captación PTAP Sibaté*



**Fuente: (Consorcio Consultorias de Cundinamarca, 2011)**

### 2.2.2. Captación, aducción, pretratamiento y conducción.

#### 2.2.2.1. Captación

La captación se realiza mediante una bocatoma de fondo sumergida, la estructura está conformada por dos aletas laterales construidas en concreto reforzado que permiten que el agua se encauce y así regule la entrada a la rejilla

<sup>27</sup> Empresas Públicas Municipales de Sibaté S.C.A. E.S.P. Sitio web empresas públicas municipales de Sibaté S.C.A. E.S.P. Sitio web empresas públicas municipales de Sibaté S.C.A. E.S.P. [En línea] [Citado el: 15 de Octubre de 2017.] <http://www.epmsibate.com/servicios/servicio-publico-de-acueducto.html>.

de manera continua. La bocatoma está diseñada para captar un caudal máximo de 120 L/s que es transportado por un canal rectangular hasta la cámara de aquietamiento desde la cual parte por la tubería de aducción hacia los desarenadores.

#### **2.2.2.2. Aducción**

La aducción se encuentra construida en tubería de material P.V.C de diámetro diez (10") pulgadas, en una longitud aproximada de doscientos treinta (230 m) metros hasta el desarenador, para una capacidad de conducción de 120 L/s.<sup>28</sup>

#### **2.2.2.3. Pretratamiento (Desarenadores)**

Existen dos estructuras enterradas construidas en concreto reforzado, en paralelo, una antigua construida de acuerdo con el modelo de INSFOPAL, para una capacidad de 25 L/s y el nuevo desarenador es de dimensiones 3 de ancho, 8 de largo y 2,10 de profundidad.

Para el año 2005 se procedió a efectuar su respectivo encerramiento con lo cual se evita el ingreso de animales, ganado y transeúntes y demás aspectos que puedan afectar el mantenimiento y la conservación de esta construcción

#### **2.2.2.4. Conducción**

La red de conducción parte desde los desarenadores en tubería de P.V.C., de 8" de diámetro hasta llegar a la planta de tratamiento, tiene una capacidad de hidráulica de 100 l/s.

### **2.2.3. Planta de tratamiento de agua potable PTAP**

La Planta de Tratamiento cumple con las normas técnicas de calidad del agua potable descritas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), decreto 1575 de 2007 y su resolución regulatoria 2115 de 2007. Cuenta con las fases del tratamiento, infraestructura, equipos

---

<sup>28</sup> *Ibíd.*

adecuados y un personal humano idóneo y certificado, garantizando la prestación óptima del servicio.

*Ilustración 2. Ingreso PTAP Municipio de Sibaté*



**Fuente: Elaboración Propia.**

### **2.2.3.1. Descripción**

Es una planta de tipo convencional, su diseño es totalmente en concreto reforzado que consta de 2 floculadores paralelos, 2 sedimentadores y 4 filtros rápidos, el caudal de diseño es de 35 L/s, de los cuales se utiliza en horas de máximo consumo 37 L/s y en horas de la noche cuando el consumo es menor, se trata 31 L/s. El promedio tratado es de 33 L/s.

Inicialmente el agua llega por medio de una tubería P.V.C de 8" a la cámara de distribución de caudales en donde la energía es disipada, y posteriormente se conduce a la canaleta Parshall de 6".<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> *Ibíd.*



*Ilustración 3. Macromedidores PTAP Municipio de Sibaté*



**Fuente: Elaboración Propia.**

### **2.2.3.2. Canaleta Parshall**

El agua entra a la canaleta Parshall la cual cuenta con una garganta de 6"; su material es en acrílico. El sistema de aforo en la canaleta se hace por medio de una regla, previamente calibrada que marca el volumen de llegada.<sup>30</sup>

En esta misma estructura se realiza el proceso de mezcla rápida, aprovechando resalto hidráulico producido por el cambio de sección y la caída de la canaleta. Después de la canaleta se presenta una caída de 0.15 m para asegurar que no se presente aquietamiento.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> *Ibíd.*

<sup>31</sup> *Ibíd.*

*Ilustración 4. Canaleta Parshall PTAP Municipio de Sibaté*



**Fuente: Elaboración Propia.**

*Ilustración 5. Canaleta Parshall PTAP Municipio de Sibaté*



**Fuente: Elaboración Propia.**

### 2.2.3.3. Floculadores

Existen dos unidades en paralelo, cada una de ellas maneja 21L/s, el tiempo de retención es de 20 min y el volumen unitario es de 25,2 m<sup>3</sup>.

Los floculadores de flujo horizontal, con pantallas prefabricadas en concreto de 0,05 m de espesor las cuales van fijadas a la pared, espaciamiento de cada pantalla del floculador. El sistema de desagüe se hace por una tubería de 6" con válvulas de compuerta en sus extremos, las cuales van situadas en el pozo de inspección.<sup>32</sup>

*Ilustración 6. Floculadores PTAP Municipio de Sibaté*



**Fuente: Elaboración Propia.**

---

<sup>32</sup> *Ibíd.*

#### 2.2.3.4. Sedimentadores

El agua sale de los floculadores por vertederos de 1.85 m de longitud, la altura de la lámina es de 0,30 m. Se tiene una caída de 0.07m para asegurar su funcionamiento libre, pasa a un canal de 0.60 m de ancho. Se tiene dos entradas por sedimentador la velocidad de paso a través de los orificios es de 0.08 m/s. Las estructuras fueron impermeabilizadas en el año 2012, eliminando cualquier fisura que existiera o se pudiera presentar.<sup>33</sup>

*Ilustración 7. Sedimentador PTAP Municipio de Sibaté*



**Fuente: Elaboración Propia.**

---

<sup>33</sup> *Ibíd.*

### 2.2.3.5. Filtros

Para la salida del agua de los sedimentadores se tienen dos vertederos. El agua descarga a un canal de 0.50 m de ancho y 1,71 m de profundidad.

Se deja después del vertedero una caída de 0.05 m para asegurar el funcionamiento libre y el canal conduce el agua a las entradas de los filtros.<sup>34</sup>

*Ilustración 8. Filtro PTAP Municipio de Sibaté*



**Fuente: Elaboración Propia.**

---

<sup>34</sup> *Ibíd.*

### 2.2.3.6. Desinfección y Estabilización

Inicialmente se regula el Proceso de estabilización mediante la adición de Cal al comienzo de la canaleta e inmediatamente antes de su extremo final, se le adiciona cloro por medio de un clorado abierto en forma gaseosa, o hipoclorito de calcio al 70%, en el caso de que falle algún componente. La aplicación de cloro se realiza en este orden, al final del canal de agua tratada a la salida de los filtros, luego pasa por el sistema de macro-medición para finalmente ser depositada en los tanques de reserva.<sup>35</sup>

*Ilustración 9. Productos usados para desinfección.*



**Fuente: Elaboración Propia.**

### 2.2.3.7. Calidad del agua

Desde el año 2001, las Empresas Públicas Municipales de Sibaté S.C.A – E.S.P. disponen de un laboratorio para el análisis físico, químico y microbiológico de aguas, ubicado en la planta de tratamiento de agua potable. El laboratorio está

---

<sup>35</sup> *Ibíd.*

autorizado por el Ministerio de Protección Social según resolución No. 004353 del 23 de octubre de 2013.<sup>36</sup>

*Ilustración 10 Laboratorio Planta de Tratamiento Municipio de Sibaté*



**Fuente: (Consorcio Consultorias de Cundinamarca, 2011)**

## **2.3. ANÁLISIS DE POBLACIÓN**

### **2.3.1. Censos**

Para realizar el análisis de población se tuvieron en cuenta los tres censos más recientes reportados por el DANE: el censo del 1985, 1993 y 2005.

De lo que se obtuvo en el censo del año 1985 había una población en la cabecera municipal de 15364 habitantes y en el resto del municipio 6428 habitantes para un total de 21792 habitantes en el municipio de Sibaté.

---

<sup>36</sup> *Ibíd.*

Tabla 3. Censo 1985 Municipio de Sibaté

25 718	SASAIMA	2,006	7,439	9,445
25 736	SESQUILE	1,091	5,049	6,140
25 740	<b>SIBATE</b>	15,364	6,428	<b>21,792</b>
25 743	SILVANIA	3,820	13,014	16,834
25 745	SIMJACA	3,344	5,051	8,395

Fuente: El Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE

En el censo del año 1993 se obtuvo una población total de 21266 habitantes, es decir que disminuyó la cantidad de habitantes desde el año 1985 hasta el año 1993.

Tabla 4. Censo 1993 Municipio de Sibaté

**Cuadro 2**  
**Población total censada por área y sexo,**  
**según municipios**

Continuación

Municipios	Total			Cabecera			Resto		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
<b>Sibaté</b>	<b>21.266</b>	10.196	11.070	14.153	6.844	7.309	7.113	3.352	3.761
Silvania	18.616	9.570	9.046	4.325	2.104	2.221	14.291	7.466	6.825
Simijaca	8.150	4.048	4.102	3.488	1.665	1.823	4.662	2.383	2.279

Fuente: El Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE

En el censo del año 2005 al contrario de lo anterior aumentó la población, para un total de 31166 habitantes.



Tabla 5. Censo 2005 Municipio de Sibaté

<b>Viviendas, Hogares y Personas</b>				
<b>Área</b>	<b>Viviendas Censo</b>	<b>Hogares General</b>	<b>Personas 2005</b>	<b>Proyección Población 2010</b>
Cabecera	4.108	5.242	20.861	23.528
Resto	1.964	2.345	10.305	11.476
<b>Total</b>	<b>6.072</b>	<b>7.587</b>	<b>31.166</b>	<b>35.004</b>

**Fuente:** El Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE

De acuerdo con los censos realizados por el DANE en los años 1985, 1993 y 2005 se realizaron las proyecciones por los métodos de cálculo para establecer la población futura con la cual se diseñará el proyecto de acueducto. Estos métodos son:

### 2.3.2. Método Aritmético

Se define según el RAS 2000 como método aritmético el que “Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:” (P. 27), cuya ecuación es la siguiente:

*Ecuación 5 Población Futura Método Aritmético*

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{Ci}}{T_{uc} - T_{Ci}} * (T_f - T_{uc})$$

**Fuente:** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B

Donde se tiene:

P<sub>f</sub> = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

$P_{uc}$  = Es la población (habitante) correspondiente al último año censado con información.

$P_{ci}$  = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

$T_{uc}$  = Es el año correspondiente al último año censado con información

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

$T_f$  = Año al cual se quiere proyectar la información.

### **2.3.3. Método Geométrico**

El RAS 2000 establece que el método geométrico es útil cuando se va a hacer el estudio en poblaciones que dentro de su desarrollo muestren una actividad económica importante que genera que dichas poblaciones muestren un considerable desarrollo y expansión, para ser dotadas de servicios públicos sin presentar mayores dificultades en el suministro.

De acuerdo con lo anterior la ecuación del método geométrico es la siguiente:

*Ecuación 6. Población Futura Método Geométrico*

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

Donde se tiene:

$r$  = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

$P_f$  = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

$P_{uc}$  = Es la población (habitante) correspondiente al último año censado con información.

$P_{ci}$  = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

$T_{uc}$  = Es el año correspondiente al último año censado con información

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

La variable  $r$ , correspondiente a la tasa de crecimiento anual se calcula así:

*Ecuación 7. Tasa de Crecimiento Anual*

$$r = \frac{P_{uc}^{\frac{1}{(T_{uc}-T_{ci})}}}{P_{ci}} - 1$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

#### 2.3.4. Método exponencial

Es necesario tener tres datos de crecimiento de población del DANE para la implementación de este.

La ecuación corresponde a:

*Ecuación 7. Proyección de Población Método Exponencial*

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

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

Donde  $k$  es equivalente a la tasa de crecimiento de la población:

*Ecuación 8. Tasa de Crecimiento Poblacional*

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

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

Donde:

$P_{cp}$  = Población del censo posterior (proyección del DANE).

$P_{ca}$  = Población del censo anterior (habitantes).

$T_{cp}$  = Año correspondiente al censo posterior.

$T_{ca}$  = Año correspondiente al censo anterior.

$L_n$  = Logaritmo natural o neperiano.

### 2.3.5. Proyecciones Obtenidas

A continuación, se mostrarán las tablas obtenidas del análisis de población futura según los métodos aritmético, lineal y geométrico partiendo del supuesto de un periodo de diseño de 25 años de acuerdo a la Resolución 0330 de Junio de 2017:

*Tabla 6. Proyección Población Todos los Métodos*

ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE POBLACIONES														
METODO ARITMETICO			2017		2022		2027		2032		2037		2042	
AÑO	POBLACIÓN	KA	PF	KA	PF	KA	PF	KA	PF	KA	PF	KA	PF	
1985	21.792,00	468,70	36.790,40	468,70	39.133,90	468,70	41.477,40	468,70	43.820,90	468,70	46.164,40	468,70	48.507,90	
1993	21.266,00	825,00	41.066,00	825,00	45.191,00	825,00	49.316,00	825,00	53.441,00	825,00	57.566,00	825,00	61.691,00	
2005	31.166,00													
PROMEDIO POR AÑO			38.928,20		42.162,45		45.396,70		48.630,95		51.865,20		55.099,45	
METODO GEOMETRICO			2017		2022		2027		2032		2037		2042	
AÑO	POBLACIÓN	R	PF	R	PF	R	PF	R	PF	R	PF	R	PF	
1985	21.792,00	0,02	38.628,82	0,02	42.243,26	0,02	46.195,90	0,02	50.518,38	0,02	55.245,31	0,02	60.414,53	
1993	21.266,00	0,03	45.674,77	0,03	53.560,05	0,03	62.806,66	0,03	73.649,60	0,03	86.364,46	0,03	101.274,42	
2005	31.166,00													
PROMEDIO POR AÑO			42.151,79		47.901,66		54.501,28		62.083,99		70.804,89		80.844,48	
METODO EXPONENCIAL			2017		2022		2027		2032		2037		2042	
AÑO	POBLACIÓN	K	PF	K	PF	K	PF	K	PF	K	PF	K	PF	
1985	21.792,00	-0,003	34.546,30	-0,003	37.125,12	-0,003	39.896,44	-0,003	42.874,64	-0,003	46.075,16	-0,003	49.514,58	
1993	21.266,00	0,032	34.546,30	0,032	37.125,12	0,032	39.896,44	0,032	42.874,64	0,032	46.075,16	0,032	49.514,58	
2005	31.166,00													
K PROMEDIO		0,014												
PROMEDIO POR AÑO			34.546,30		37.125,12		39.896,44		42.874,64		46.075,16		49.514,58	

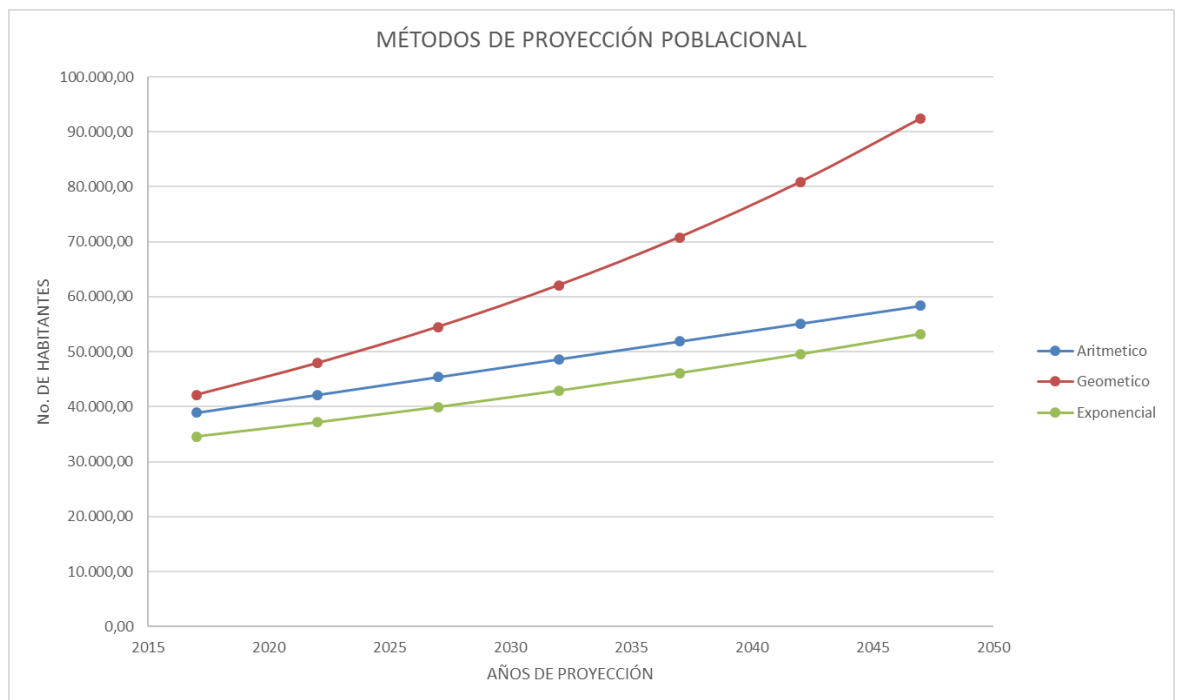
**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 7. Promedio Final de Proyecciones

PROMEDIO 3 MÉTODOS	
AÑO	POBLACIÓN FINAL
2017	38,542.10
2022	42,396.41
2027	46,598.14
2032	51,196.53
2037	56,248.41
2042	61,819.50
2047	67,985.80

**Fuente: Elaboración Propia**

Gráfico 1. Comparativo Métodos De Proyección de Población



**Fuente: Elaboración Propia**

## 2.4. CAUDALES DE CONSUMO

### 2.4.1. Dotación neta

Debido a que la altura de Sibaté corresponde a 2.700 msnm, para efectos prácticos según La Resolución Número 0330 del 08 de Junio de 2017 como consta en su Artículo 4, en la Tabla 1. Dotación neta máxima por habitante día, esta se asigna según la altura sobre el nivel del mar de la población en cuestión para lo cual se tiene que la dotación neta máxima es de 120 L/Hab\*Día si la altura promedio del municipio es mayor a 2.000 msnm.

Así entonces la dotación neta de acuerdo al documento citado anteriormente para el municipio de Sibaté corresponde a 120 L/Hab\*Día.

### 2.4.2. Pérdidas

Las pérdidas según La Resolución Numero 0330 Artículo 44. Dotación bruta en su párrafo no deben superar el 25% lo cual se refiere a todas las pérdidas esperadas en el sistema, por tal razón en este caso se tomará la situación más crítica, es decir que se tendrán pérdidas del 25% para la determinación de la dotación bruta.

### 2.4.3. Dotación bruta

Posteriormente se calcula la dotación bruta por medio de la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$
$$d_{bruta} = \frac{120L}{1 - 0.25}$$
$$d_{bruta} = 160 \frac{L}{Hab * Día}$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

De esto se establece que la dotación bruta para el diseño del acueducto de Sibaté es de 160 L/Hab\*Día.

#### 2.4.4. Caudales

Se realiza la determinación de los caudales correspondientes al medio diario, máximo horario y máximo diario.

##### 2.4.4.1. Caudal medio diario

El caudal medio diario corresponde al promedio de los consumos diarios en un año por las pérdidas y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \times d_{bruta}}{86400}$$
$$Q_{md} = \frac{54378 \text{ Hab} \times 160 \frac{L}{\text{Hab} * \text{Día}}}{86400s}$$
$$Q_{md} = 100.7 \frac{L}{s}$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

##### 2.4.4.2. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario (QMD), es el consumo máximo registrado durante 24 horas el cual se multiplica por un coeficiente de consumo máximo diario  $K_1$  que en este caso se tomará como 1.2 que es el valor establecido en la Resolución Numero 0330 para poblaciones que sean mayores a 12500 habitantes.

$$QMD = Q_{md} \times k_1$$
$$QMD = \frac{100.7L}{s} \times 1.2$$



$$QMD = 120.84 \frac{L}{s}$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

Si se toma el coeficiente de consumo máximo diario K1 determinado con los caudales tomados de la planta de tratamiento se tiene un caudal de:

$$QMD = Q_{md} \times k_1$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

#### 2.4.4.3. Caudal máximo horario

El caudal máximo horario (QMH), es el consumo máximo registrado durante una hora en un periodo de un año y se realiza el producto por el coeficiente de consumo máximo horario K<sub>2</sub> que según la Resolución 0330 para poblaciones mayores a 12.500 habitantes no debe ser mayor a 1.5.

$$QMH: QMD \times k_2$$

$$QMH: 120.84 \frac{L}{s} \times 1.5$$

$$QMH: 181.26 \frac{L}{s}$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

Si se toma el coeficiente de consumo máximo horario K<sub>2</sub> determinado con los caudales tomados de la planta de tratamiento se tiene un caudal de:

$$QMH: QMD \times k_2$$

**Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 Título B**

### **3. CAPÍTULO 3: ANÁLISIS VOLUMENES Y COEFICIENTES**

#### **3.1. ANÁLISIS DE VOLUMENES DE AGUA POTABLE**

##### **3.1.1. Gráficas de Caudales por mes**

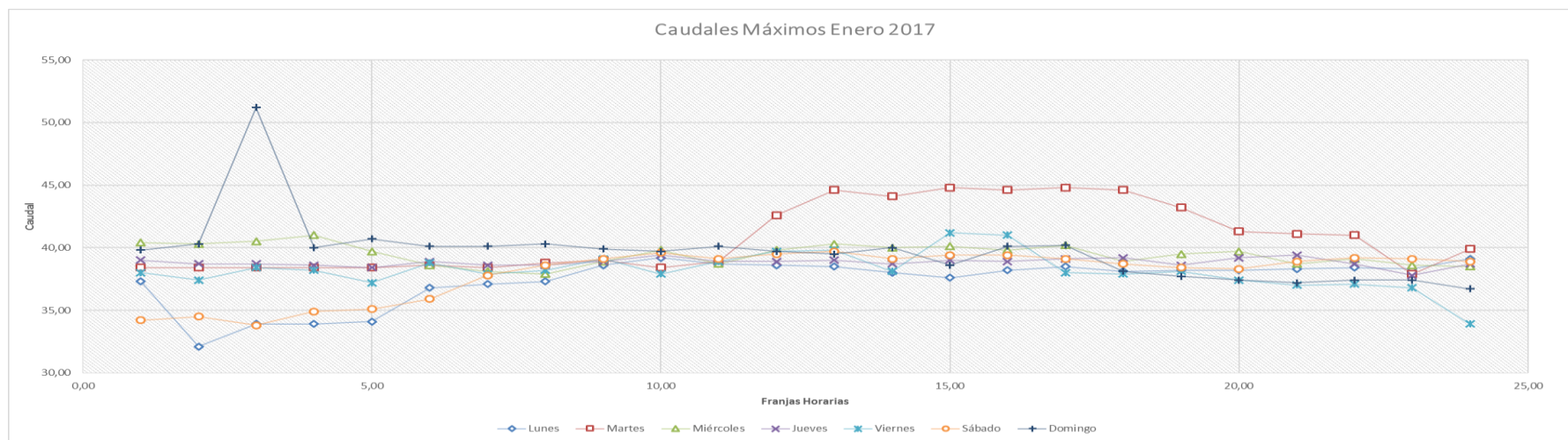
A continuación, se procede a mostrar gráficamente, mes a mes la forma como se graficaron e interpretaron los caudales medios y máximos registrados durante el periodo comprendido entre Enero de 2017 y Julio del mismo año, tal que se pueda interpretar de mejor manera la información suministrada por la ESP de Sibaté, la cual está contenida a manera textual en el Anexo No. 2 Datos Suministrados de Caudales por la PTAP Sibaté Enero - Julio de 2017, que forma parte integral de este documento.

Cada una de estas gráficas sirve para visualizar de mejor forma las variaciones de los caudales tratados por la PTAP Sibaté, en el estudio elaborado por los autores, a nivel de caudales horarios por cada día de la semana, a lo largo de los siete primeros meses del año en curso.

Este análisis es el pilar fundamental para obtener los valores de K1 y K2 los cuales corresponden al cumplimiento del objetivo principal del presente proyecto.

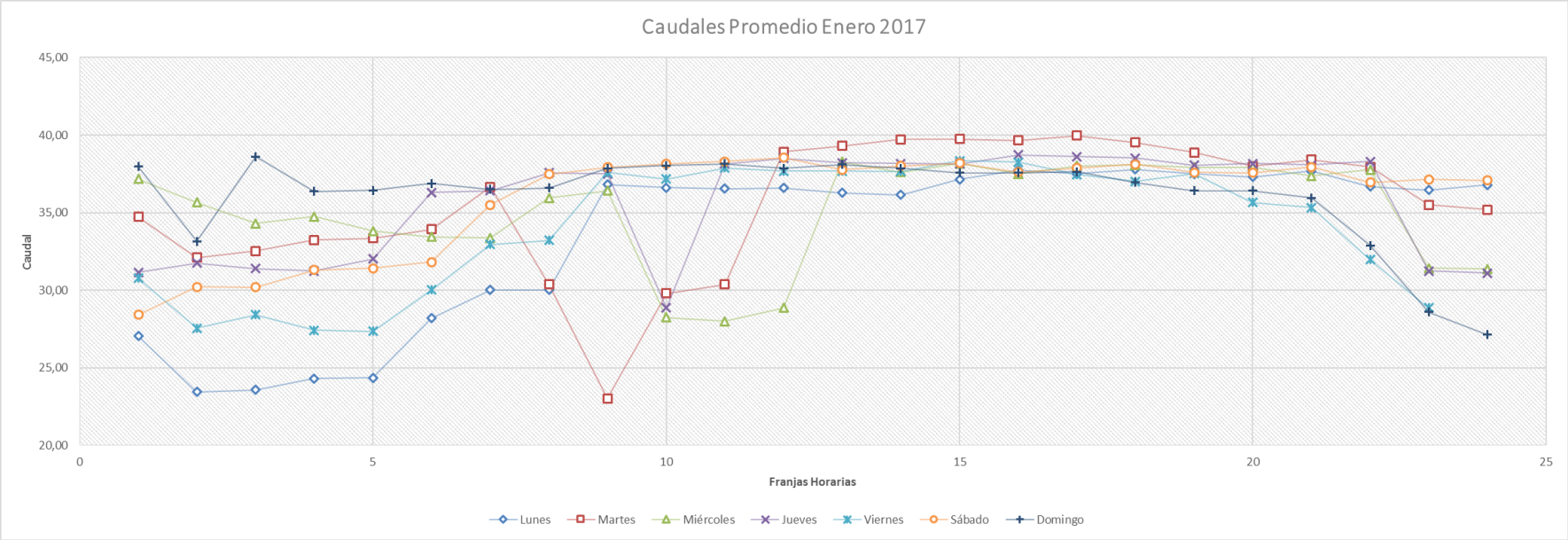
### 3.1.1.1. Enero

Gráfico 2. Caudales Máximos enero 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

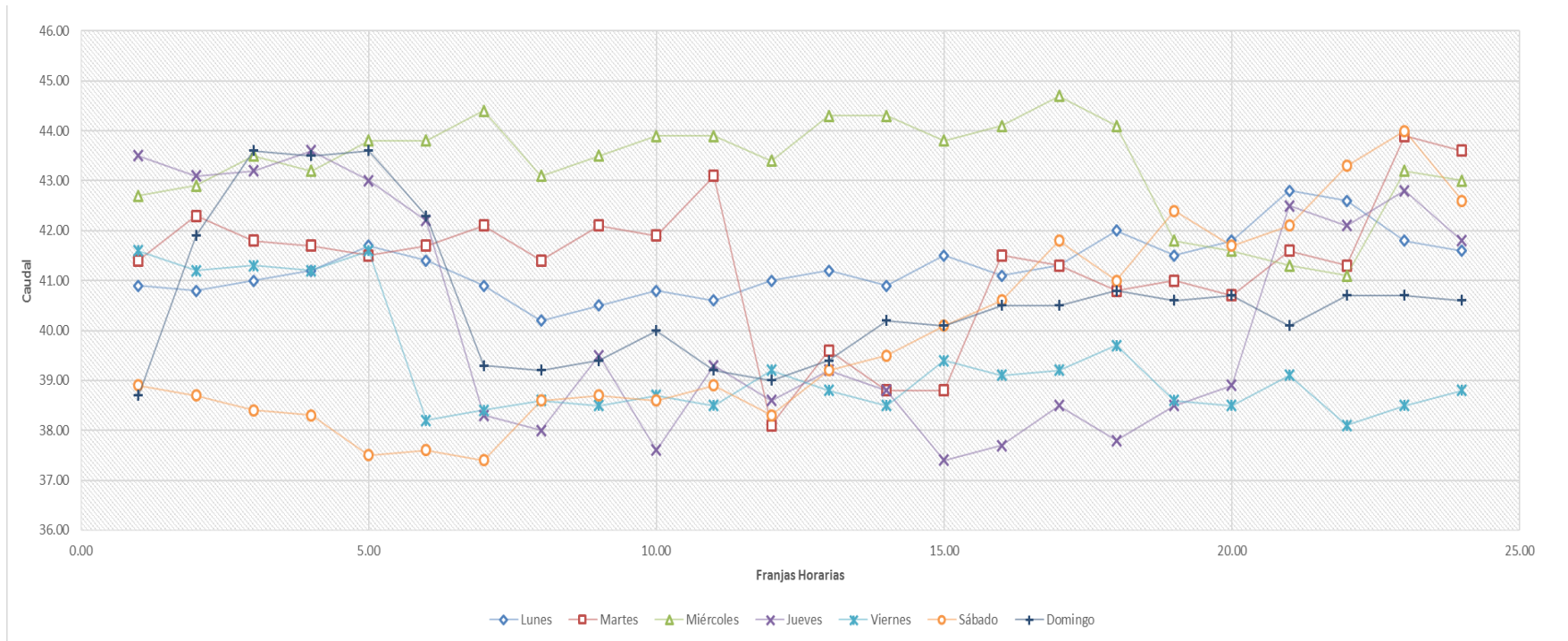
Gráfico 3. Caudales Promedio enero 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

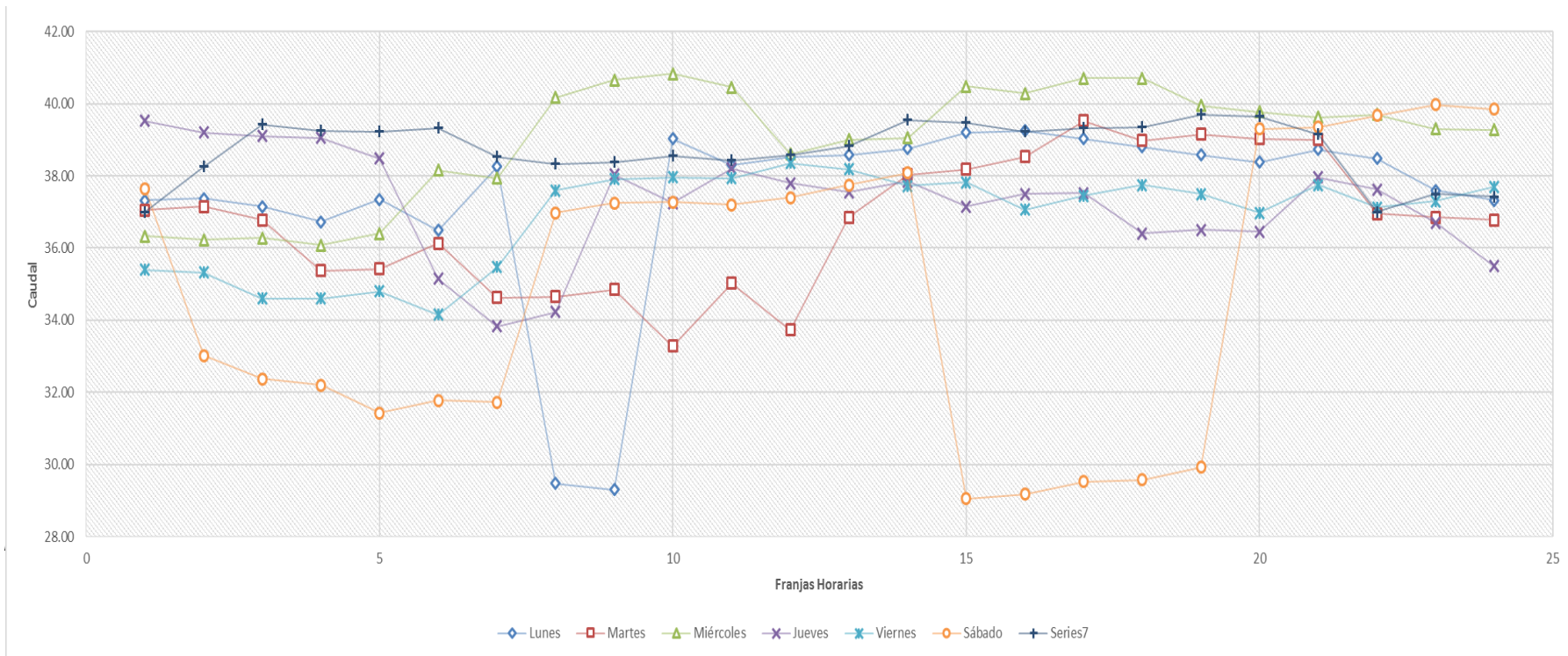
### 3.1.1.2. Febrero

Gráfico 4. Caudales Máximos febrero 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

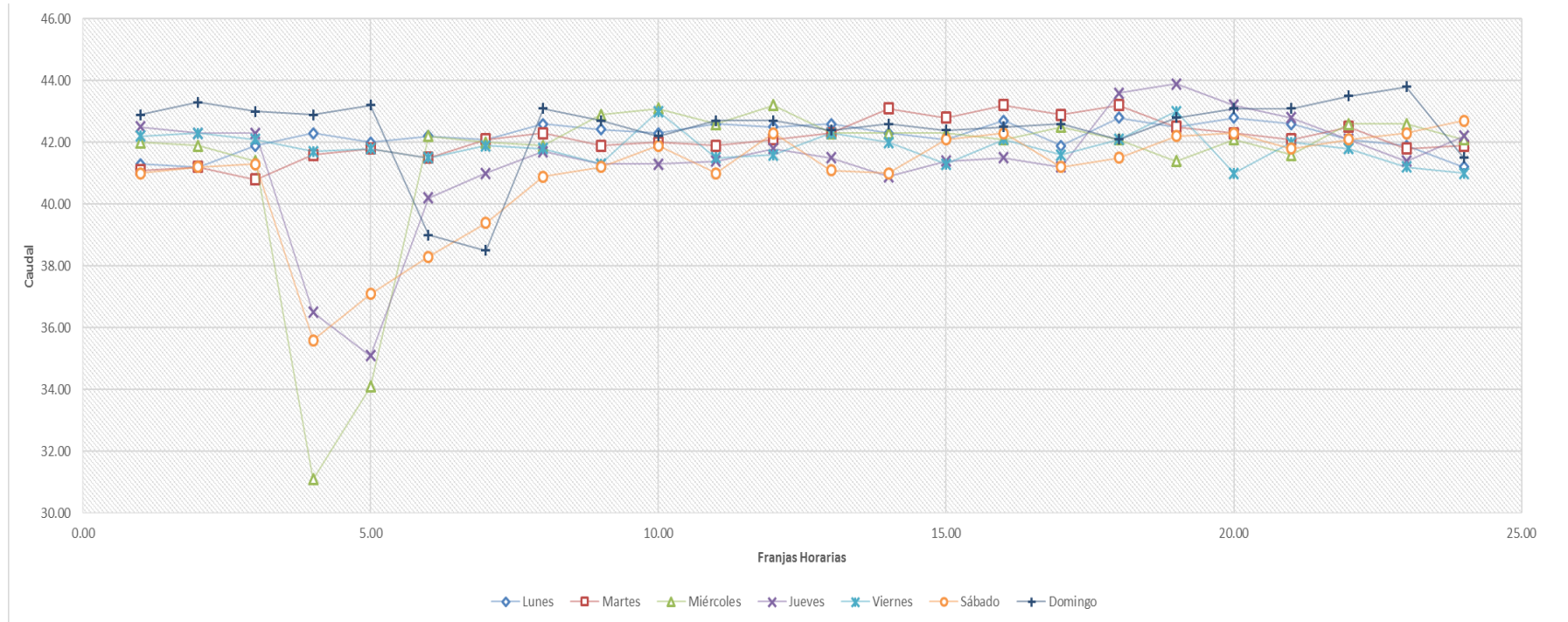
Gráfico 5. Caudales Promedio febrero 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

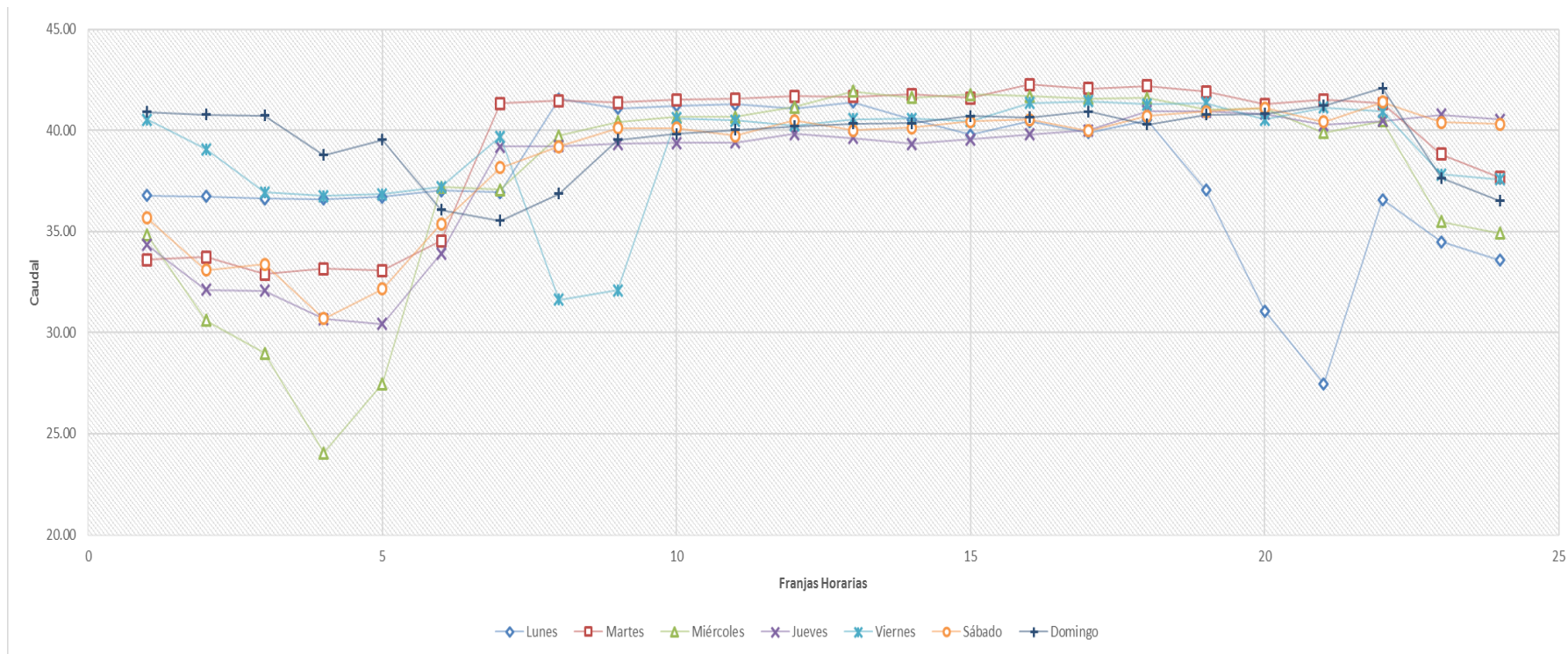
### 3.1.1.3. Marzo

Gráfico 6. Caudales Máximos marzo 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 7. Caudales Promedio marzo 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté

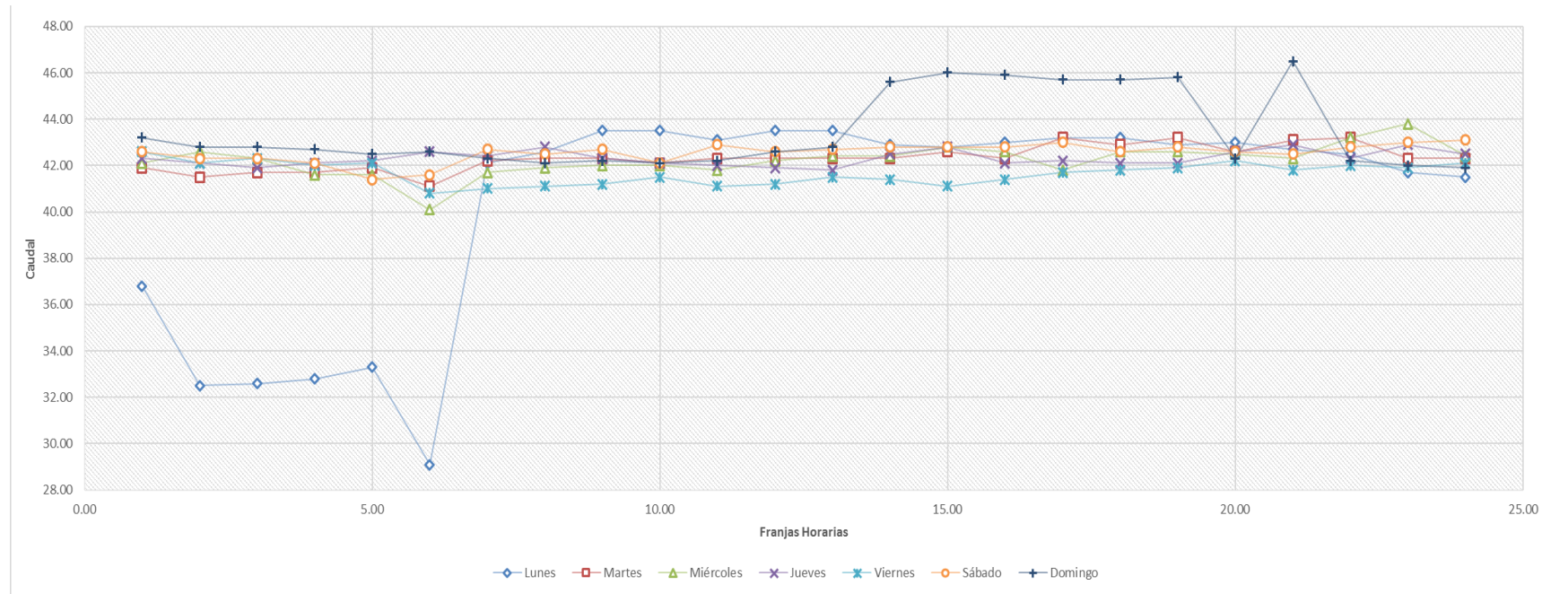


Fuente: Elaboración Propia



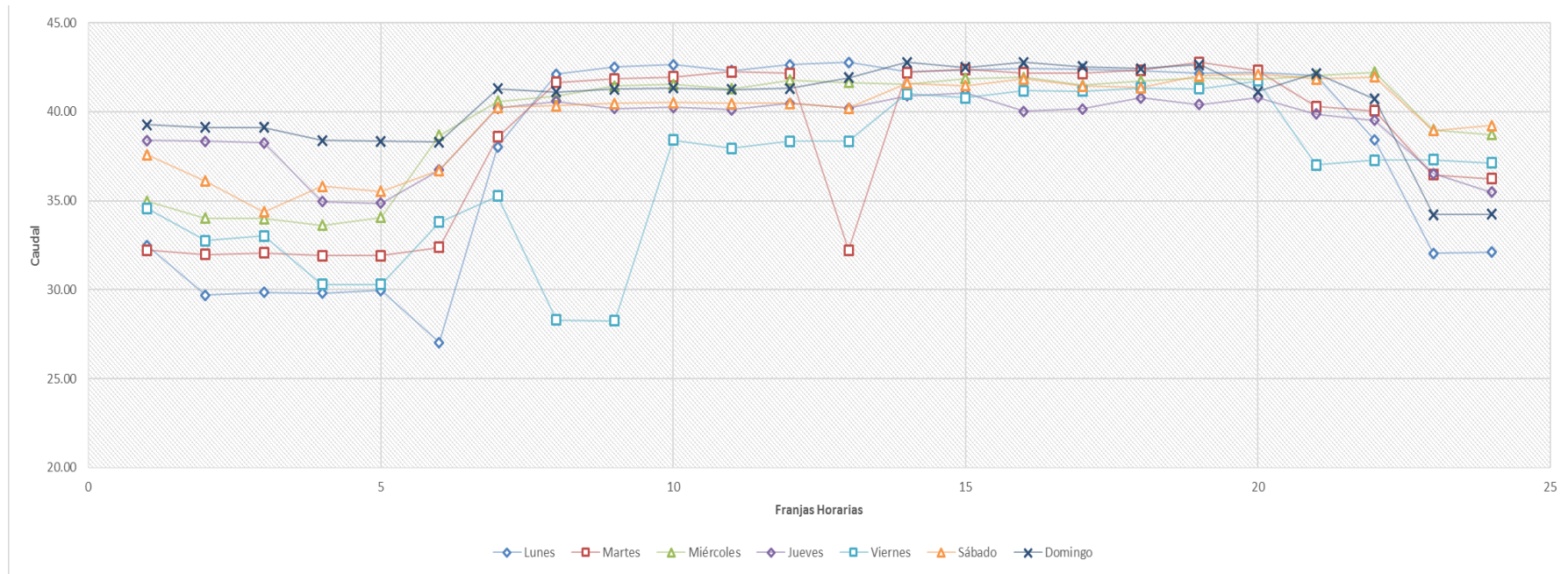
### 3.1.1.4. Abril

Gráfico 8. Caudales Máximo abril 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

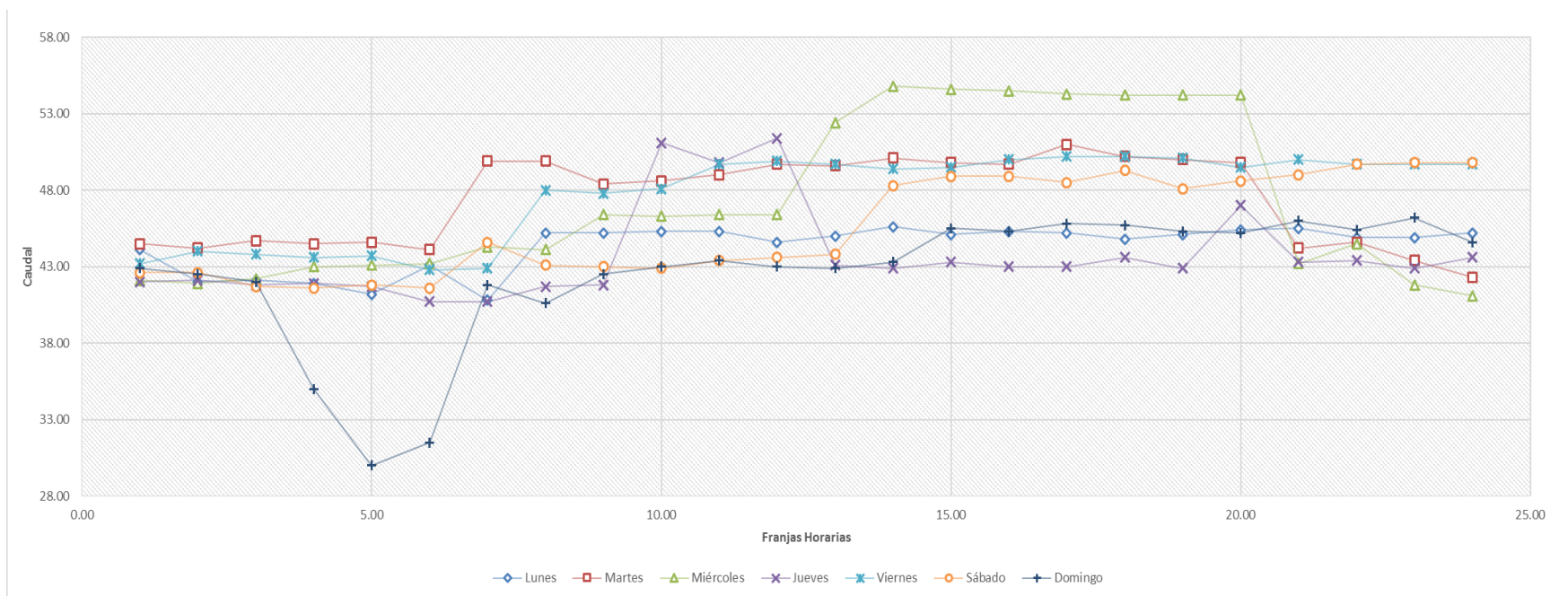
Gráfico 9. Caudales Promedio abril 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

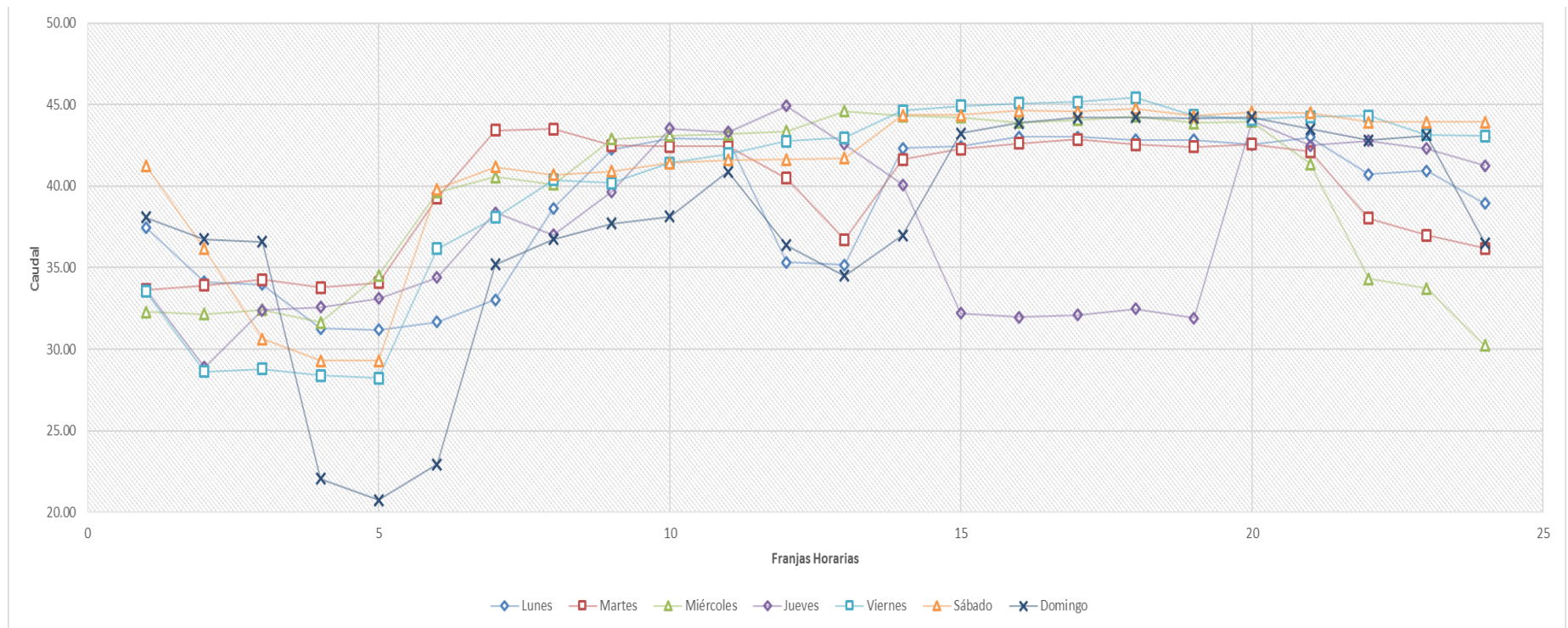
### 3.1.1.5. Mayo

Gráfico 10. Caudales Máximo mayo 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

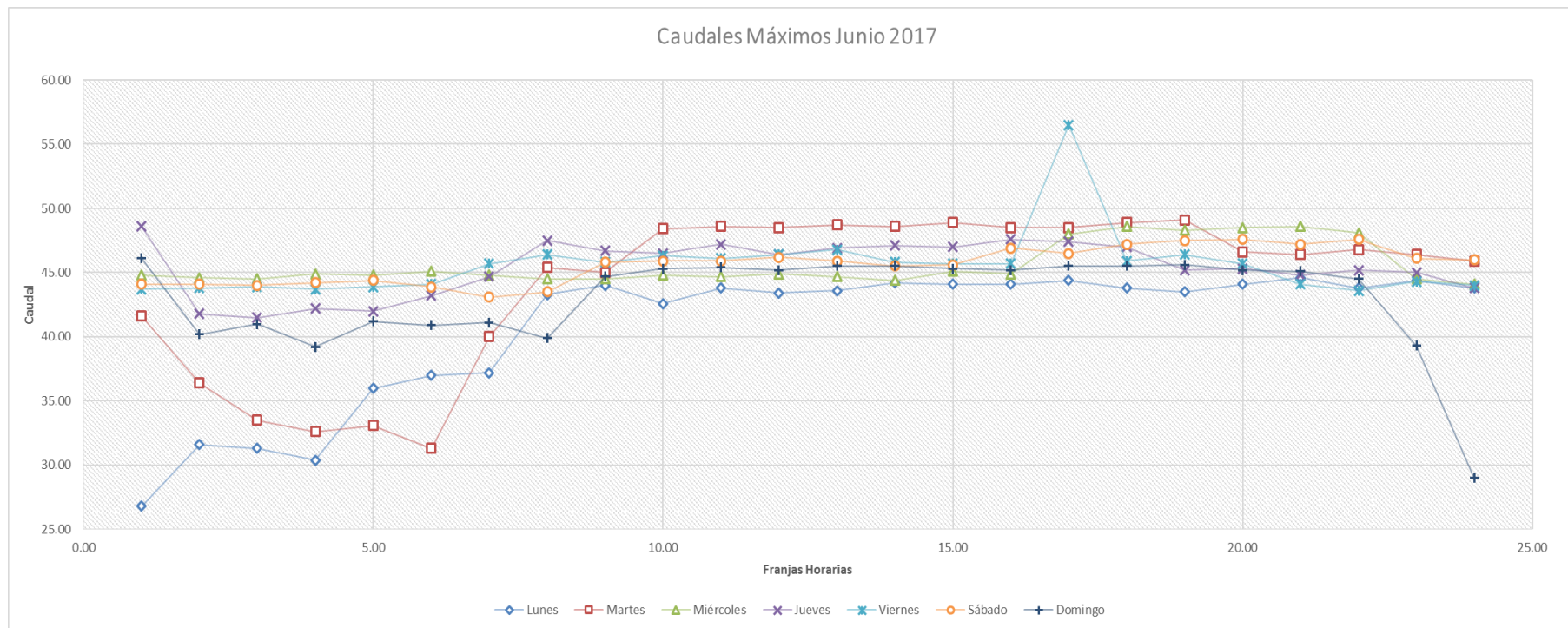
Gráfico 11. Caudales Promedio mayo 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

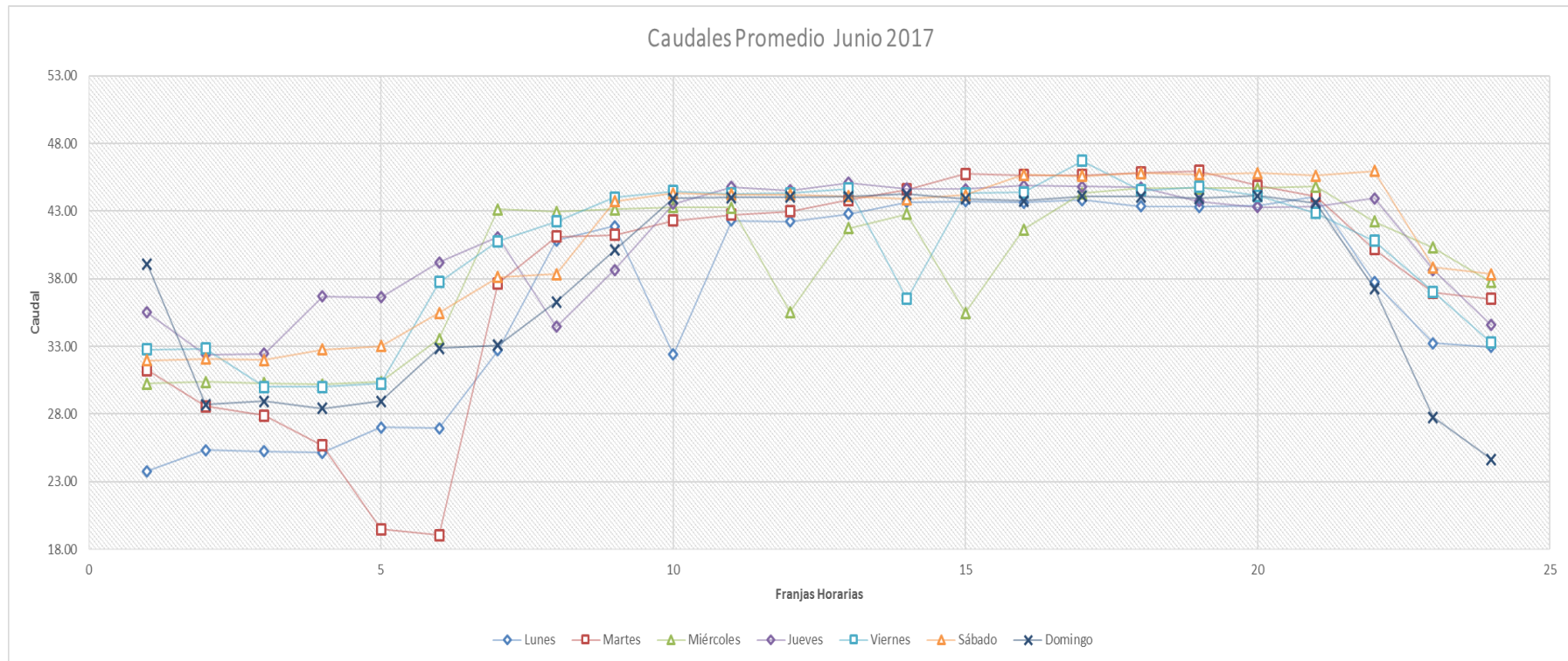
### 3.1.1.6. Junio

Gráfico 12. Caudales Máximo junio 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

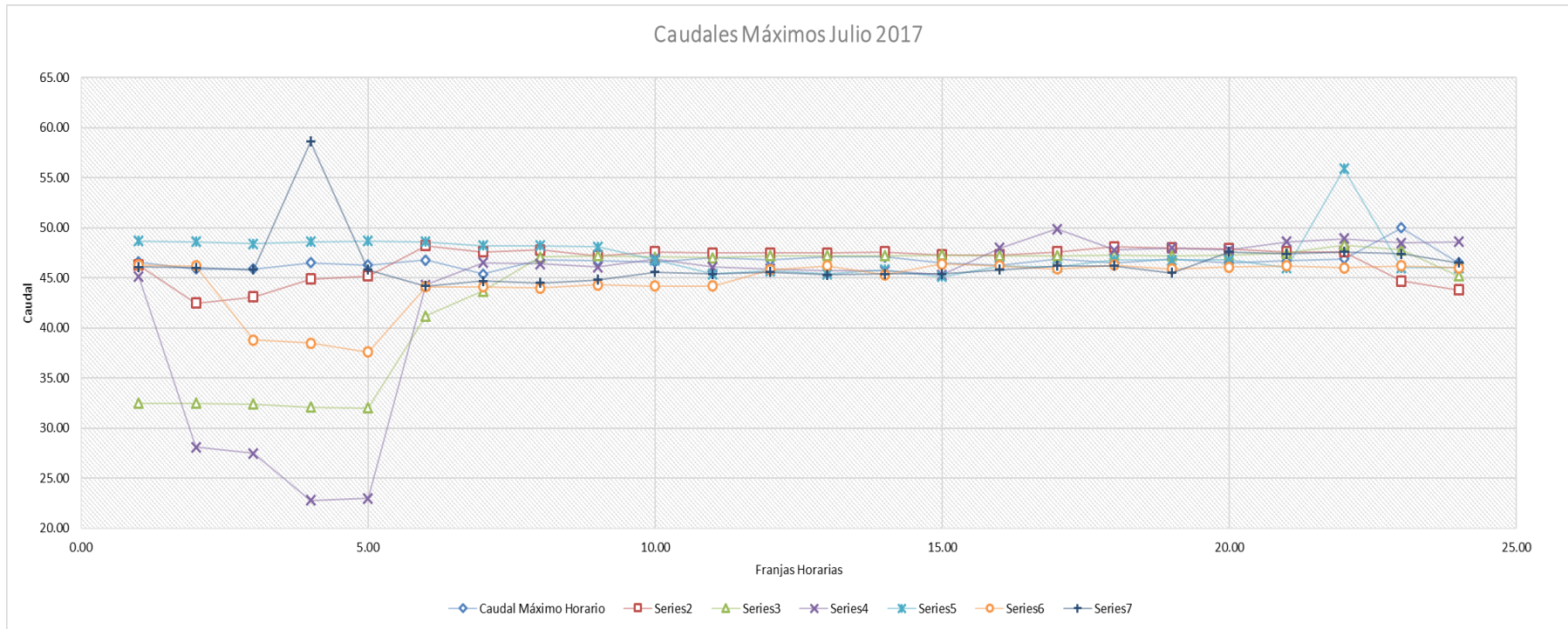
Gráfico 13. Caudales Promedio junio 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

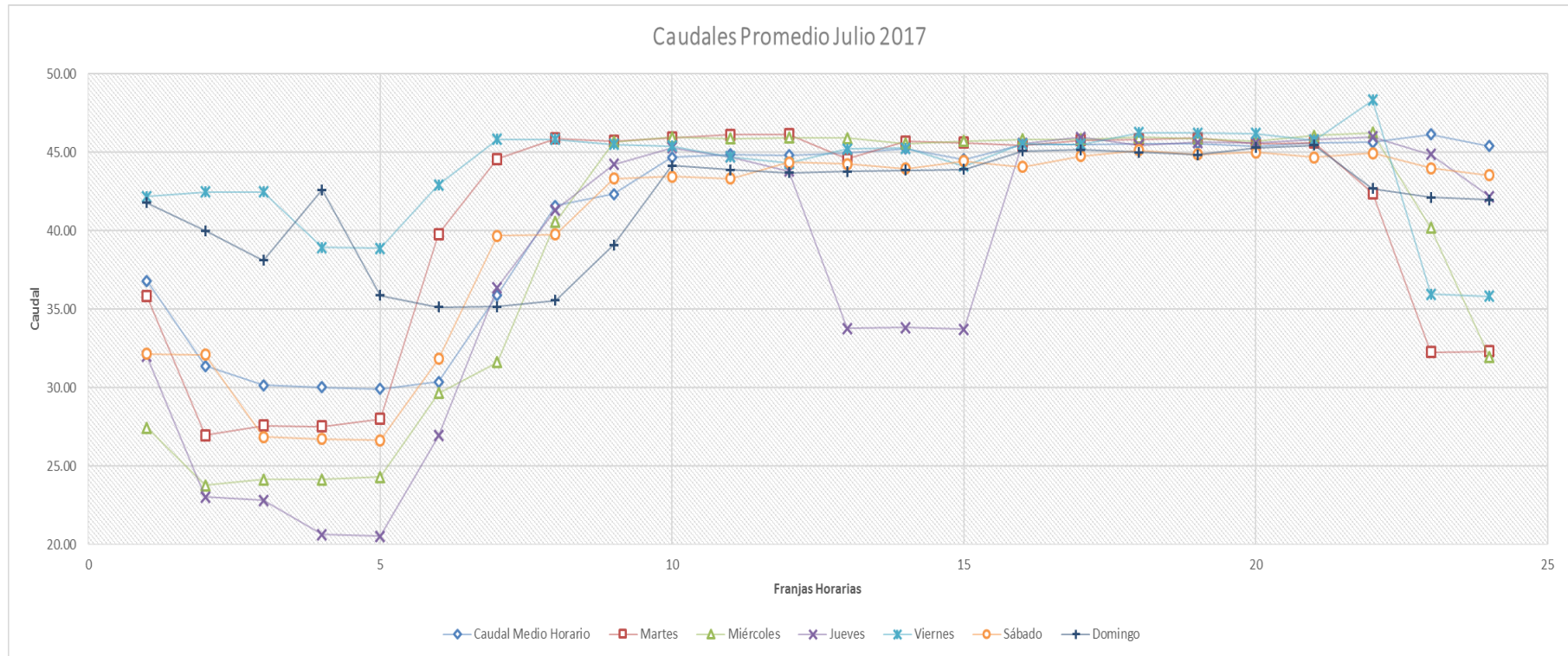
### 3.1.1.7 Julio

Gráfico 14. Caudales Máximo julio 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 15. Caudales Promedio julio 2017 Tratados por la PTAP de Sibaté



Fuente: Elaboración Propia



## 3.2. ANÁLISIS DE NIVEL DE COMPLEJIDAD

En la actualidad contamos con el RAS y La Resolución Numero 0330 en la cual identificamos variaciones las cuales se mostrarán a continuación:

### 3.2.1. Análisis Respecto al RAS – 2000

#### 3.2.1.1. Nivel de complejidad

En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 el parámetro más importante para el diseño del acueducto es el Nivel de Complejidad, este se determina según el número de habitantes a los cuales les va a servir el acueducto. Teniendo en cuenta este nivel de complejidad también se establece la capacidad económica de los usuarios residentes en esta población.

*Tabla 8. Nivel de Complejidad RAS 200*

Nivel de Complejidad	Población en la zona urbana <sup>1</sup> (Habitantes)	Capacidad económica de los usuarios <sup>2</sup>
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501-12500	Baja
Medio Alto	12501-60000	Media
Alto	>60000	Alta

**Fuente:** En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000

#### 3.2.1.2. Dotación neta y bruta

En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 se establece la dotación neta dependiendo de un nivel de complejidad.

El nivel de complejidad de la población se determina según el número de habitantes, con este se determina la capacidad económica de los usuarios. En dado caso que el número de habitantes de la población sea menor a 2500 se usará el nivel de complejidad bajo, sin excepción. También se tiene en cuenta para determinar la dotación neta el clima que tiene el lugar al cual se le realizará

el diseño acueducto. Teniendo estos dos datos se entra a la tabla con el nivel de complejidad de la población y el clima.

*Tabla 9. Dotación Bruta*

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab•día ) climas templado y frío	Dotación neta (L/hab•día ) clima cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

**Fuente:** En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000

La dotación bruta se debe calcular por medio del cociente de la dotación neta y 1 menos las pérdidas determinadas como se muestra a continuación:

*Ecuación 9. Dotación Bruta*

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

**Fuente:** En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000

### 3.2.1.3. Porcentaje de pérdidas

Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 se deben tener en cuenta las pérdidas en el sistema de acueducto correspondientes a la diferencia del volumen de agua tratada y la medida a la salida de la PTAP.

A su vez estas pérdidas se dividen en dos grupos:

- Pérdidas térmicas en el sistema de acueducto correspondiente a las fugas en tuberías, accesorios y estructuras.
- Pérdidas comerciales en la red de distribución que corresponden a al funcionamiento comercial y técnico de la empresa prestadora del servicio; estas no deben superar el 7 %.

### 3.2.2. Análisis respecto a la Resolución Número 0330

#### 3.2.2.1. Altitud

En la Resolución Numero 0330 el parámetro para determinar la dotación neta máxima es la altitud o altura promedio sobre el nivel del mar más de la zona atendida, en este caso se entra a la tabla con esta altitud y dependiente de esta se determina la dotación neta máxima.

*Tabla 10. Altura Promedio msnm para Determinar Dotación Neta*

<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 Número 0330 del 8 de junio de 2017

Luego de tener el dato de dotación neta máxima el proceso de calcular la dotación bruta y caudales continúa siendo el mismo que se estableció en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.

**3.2.3. Cuadro comparativo entre el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y la Resolución 0330 del 8 de Julio de 2017.**

ITEM	RESOLUCIÓN NUMERO 0330 DE 8 DE JUNIO DE 2017								
Nivel De Complejidad	No aplica								
Altitud	<p>En la Resolución Numero 0330 el parámetro para determinar la dotación neta máxima es la altitud o altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida, en este caso se entra a la tabla con esta altitud y dependiente de esta se determina la dotación neta máxima.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA</th> <th>DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&gt; 2000 m.s.n.m</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>1000 – 2000 m.s.n.m</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1000 m.s.n.m</td> <td>140</td> </tr> </tbody> </table>	ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)	> 2000 m.s.n.m	120	1000 – 2000 m.s.n.m	130	< 1000 m.s.n.m	140
ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)								
> 2000 m.s.n.m	120								
1000 – 2000 m.s.n.m	130								
< 1000 m.s.n.m	140								
Dotacion Neta	<p>Para determinar la dotación neta máxima es necesario la altitud o altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida, en este caso se entra a la tabla con esta altitud y dependiente de esta se determina la dotación neta máxima.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA</th> <th>DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&gt; 2000 m.s.n.m</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>1000 – 2000 m.s.n.m</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1000 m.s.n.m</td> <td>140</td> </tr> </tbody> </table>	ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)	> 2000 m.s.n.m	120	1000 – 2000 m.s.n.m	130	< 1000 m.s.n.m	140
ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)								
> 2000 m.s.n.m	120								
1000 – 2000 m.s.n.m	130								
< 1000 m.s.n.m	140								
Dotacion Bruta	$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$								
Porcentaje de perdidas	El porcentaje de perdidas se refiere al total de las perdidas esperadas en el sistema (conexiones fraudulentas, perdidas por tuberías, accesorios y la planta de tratamiento de agua potable) este porcentaje de perdidas no debera superar el 25%.								
Coeficientes de mayoracion K1 y K2	Para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes no debe ser mayor el factor K1 a 1.3 y el factor K2 superior a 1.6. En el caso de poblaciones mayores a 12.500 habitantes el factor K1 no puede ser superior a 1.2 y el factor K2 no puede ser mayor a 1.5.								

ITEM	REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS 2000															
Nivel De Complejidad	<p>En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 el parámetro más importante para el diseño del acueducto es el Nivel de Complejidad, este se determina según el número de habitantes los cuales les va a servir el acueducto. Teniendo en cuenta este nivel de complejidad también se establece la capacidad económica de los usuarios residentes en esta población.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #4f6078; color: white;">Nivel de Complejidad</th> <th style="background-color: #4f6078; color: white;">Población en la zona urbana1 (Habitantes)</th> <th style="background-color: #4f6078; color: white;">Capacidad económica de los usuarios2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo</td> <td>&lt;2500</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>2501-12500</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td>Medio Alto</td> <td>12501-60000</td> <td>Media</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>&gt;60000</td> <td>Alta</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel de Complejidad	Población en la zona urbana1 (Habitantes)	Capacidad económica de los usuarios2	Bajo	<2500	Baja	Medio	2501-12500	Baja	Medio Alto	12501-60000	Media	Alto	>60000	Alta
Nivel de Complejidad	Población en la zona urbana1 (Habitantes)	Capacidad económica de los usuarios2														
Bajo	<2500	Baja														
Medio	2501-12500	Baja														
Medio Alto	12501-60000	Media														
Alto	>60000	Alta														
Altitud	No aplica															
Dotacion Neta	<p>Se establece la dotación neta dependiendo de un nivel de complejidad. El nivel de complejidad de la población se determina según el número de habitantes, también se tiene en cuenta para determinar la dotación neta el clima que tiene el lugar al cual se le realizara el diseño acueducto. Teniendo estos dos datos se entra a la tabla con el nivel de complejidad de la población y el clima.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">Nivel de complejidad del sistema</th> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">Dotación neta (L/hab•día ) climas templado y frío</th> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">Dotación neta (L/hab•día ) clima cálido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo</td> <td>90</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>115</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>Medio alto</td> <td>125</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>140</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab•día ) climas templado y frío	Dotación neta (L/hab•día ) clima cálido	Bajo	90	100	Medio	115	125	Medio alto	125	135	Alto	140	150
Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab•día ) climas templado y frío	Dotación neta (L/hab•día ) clima cálido														
Bajo	90	100														
Medio	115	125														
Medio alto	125	135														
Alto	140	150														
Dotacion Bruta	$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$															
Porcentaje de perdidas	<p>Se deben tener en cuenta las perdidas en el sistema de acueducto correspondientes a la diferencia del volumen de agua tratada y la medida a la salida de la PTAP. A su vez estas pérdidas se dividen en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdidas térmicas en el sistema de acueducto correspondiente a las fugas en tuberías, accesorios y estructuras.</li> <li>- Pérdidas comerciales en la red de distribución que corresponden a al funcionamiento comercial y técnico de la empresa prestadora del servicio estas no deber superar el 7%.</li> <li>- Pérdidas máximas admisibles, no deberá superar el 25%.</li> </ul>															
Coeficientes de mayoracion K1 y K2	<p>Para acueductos nuevos, el coeficiente de consumo maximo horario K2 debe estar comprendido entre 1.3 y 1.7 y el coeficiente K1 de consumo maximo diario debera tener un valor de 1.3.</p>															

### 3.3. COEFICIENTES K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub>

Para el cálculo de los coeficientes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> los cuales son objeto del presente trabajo de grado, se debe tener en cuenta que estos mismos, están directamente ligados a los caudales de diseño de un sistema de acueducto los cuales influyen en el cálculo de la demanda de agua para una población servida por un sistema de acueducto, obedeciendo a lo siguiente:

- **Caudal máximo Diario**

El caudal máximo diario (QMD), corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas en un periodo de un año el cual se multiplica por un coeficiente de consumo máximo diario k<sub>1</sub>:

$$QMD = Q_{md} * k_1$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario.

Q<sub>md</sub> = Caudal medio diario.

k<sub>1</sub> = Coeficiente de consumo máximo diario.

Ecuación de la cual si se despeja K<sub>1</sub> se obtiene lo siguiente:

*Ecuación 10. Coeficiente de Consumo Máximo Diario*

$$k_1 = \frac{QMD}{Q_{md}}$$

**Fuente: En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000**

- **Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario (QMH), es el consumo máximo registrado durante una hora en un periodo de un año y se realiza el producto por el coeficiente de consumo máximo horario k<sub>2</sub>, y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$QMH: QMD \times k_2$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario.

Q<sub>md</sub> = Caudal medio diario.

K<sub>2</sub> = Coeficiente de consumo máximo horario.

Ecuación de la cual si se despeja K<sub>2</sub> se obtiene lo siguiente:

*Ecuación 11. Coeficiente de Consumo Máximo Horario*

$$k_2 = \frac{QMH}{QMD}$$

**Fuente: En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000**

Teniendo en cuenta que en la Resolución Número 0330 de 2017 se establece que para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes no debe ser mayor el factor K<sub>1</sub> a 1.3 ni el factor K<sub>2</sub> superior a 1.6. En el caso de poblaciones mayores a 12.500 habitantes el factor K<sub>1</sub> no puede ser superior a 1.2 y el factor K<sub>2</sub> no puede ser mayor a 1.5, se procedió de la siguiente manera analizando por días y meses como se muestra a continuación:

#### **Procedimiento de cálculo:**

- 1) Para cada mes se procesaron y agruparon los datos por días de la semana según la información de agua tratada suministrada por la ESP de Sibaté.
- 2) Posterior a la selección y agrupación de datos se calcularon las siguientes variables: QMD, QMH, Qmd.
- 3) Luego de calcular las variables (tipos de caudal) mencionados anteriormente se procede a despejar los factores de mayoración K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> según corresponda para cada caso

- 4) Se calculan los factores de mayoración K1 y K2 por días agrupados en meses, tal y como se muestra en las siguientes tablas:

*Tabla 11. Resumen Mes de Enero Caracterización y Filtro por Días.*

Resumen Mes de Enero Caracterización y filtro por días								
Día de estudio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Umbral de cumplimiento
QMH	39,20	44,80	41,00	39,40	41,20	39,70	51,20	--
QMD	37,80	39,96	38,28	38,73	38,35	38,55	38,50	
Qmd	33,44	35,45	35,06	35,68	33,84	35,88	35,45	
K1	1,13	1,13	1,09	1,09	1,13	1,07	1,07	Menor o igual a 1.2
K2	1,04	1,12	1,07	1,02	1,07	1,03	1,33	Menor o igual a 1.5

**Fuente: Elaboración Propia**

*Tabla 12. Resumen Mes de Febrero Caracterización y Filtro por Días.*

Resumen Mes de Febrero Caracterización y filtro por días								
Día de estudio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Umbral de cumplimiento
QMH	42.80	43.90	44.70	43.60	41.60	44.00	43.60	--
QMD	39.25	39.53	40.83	39.53	38.35	39.98	39.70	
Qmd	37.42	36.74	39.00	37.27	36.85	34.90	38.73	
K1	1.05	1.08	1.05	1.06	1.04	1.15	1.03	Menor o igual a 1.2
K2	1.09	1.11	1.09	1.10	1.08	1.10	1.10	Menor o igual a 1.5

**Fuente: Elaboración Propia**

*Tabla 13. Resumen Mes de Marzo Caracterización y Filtro por Días.*

Resumen Mes de Marzo Caracterización y filtro por días								
Día de estudio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Umbral de cumplimiento
QMH	42.80	43.20	43.20	43.90	43.00	42.70	43.80	--
QMD	41.55	42.25	41.92	40.96	41.44	41.40	42.08	
Qmd	37.76	39.33	37.74	38.04	39.04	38.52	39.63	
K1	1.10	1.07	1.11	1.08	1.06	1.07	1.06	Menor o igual a 1.2
K2	1.03	1.02	1.03	1.07	1.04	1.03	1.04	Menor o igual a 1.5

**Fuente: Elaboración Propia**



Tabla 14. Resumen Mes de Abril Caracterización y Filtro por Días.

Resumen Mes de Abril Caracterización y filtro por días								
Día de estudio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Umbral de cumplimiento
QMH	43.50	43.20	43.80	42.90	42.60	43.10	46.50	--
QMD	42.78	42.78	42.23	41.05	41.73	42.10	42.78	
Qmd	38.02	38.43	39.70	39.13	36.53	39.69	40.42	
K1	1.13	1.11	1.06	1.05	1.14	1.06	1.06	Menor o igual a 1.2
K2	1.02	1.01	1.04	1.05	1.02	1.02	1.09	Menor o igual a 1.5

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 15. Resumen Mes de Mayo Caracterización y Filtro por Días.

Resumen Mes de Mayo Caracterización y filtro por días								
Día de estudio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Umbral de cumplimiento
QMH	45.60	51.00	54.80	51.40	50.20	49.80	46.20	--
QMD	43.02	43.50	44.60	44.93	45.43	44.78	44.23	
Qmd	38.86	39.62	39.53	37.42	40.00	40.99	37.65	
K1	1.11	1.10	1.13	1.20	1.14	1.09	1.17	Menor o igual a 1.2
K2	1.06	1.17	1.23	1.14	1.11	1.11	1.04	Menor o igual a 1.5

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 16. Resumen Mes de Junio Caracterización y Filtro por Días.

Resumen Mes de Junio Caracterización y filtro por días								
Día de estudio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Umbral de cumplimiento
QMH	44.60	49.10	48.60	48.60	56.50	47.60	46.10	--
QMD	44.08	45.98	44.80	45.10	46.70	45.95	44.25	
Qmd	36.73	38.32	39.23	40.67	39.90	40.82	38.07	
K1	1.20	1.20	1.14	1.11	1.17	1.13	1.16	Menor o igual a 1.2
K2	1.01	1.07	1.08	1.08	1.21	1.04	1.04	Menor o igual a 1.5

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 17. Resumen Mes de Julio Caracterización y Filtro por Días.

Resumen Mes de Julio Caracterización y filtro por días								
Día de estudio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Umbral de cumplimiento
QMH	50.00	48.20	48.30	49.90	55.90	46.40	58.60	--
QMD	46.14	46.13	46.25	45.98	48.30	45.12	45.44	
Qmd	41.15	40.69	39.15	37.91	43.72	40.15	41.83	
K1	1.12	1.13	1.18	1.21	1.10	1.12	1.09	Menor o igual a 1.2
K2	1.08	1.04	1.04	1.09	1.16	1.03	1.29	Menor o igual a 1.5

**Fuente: Elaboración Propia**

- 5) Finalmente, después de procesar los datos mes a mes, se obtienen los siguientes valores para K1 y K2 respectivamente, que corresponden al promedio de cada uno de estos factores calculados mes a mes durante el periodo de estudio (Enero – Julio).

**K1 Total      1.1088**

**K2 Total      1.0815**

**Fuente: Elaboración Propia**

Donde se evidencia que estos valores se encuentran dentro de los umbrales establecidos en la resolución 0330 de 2017.

Posterior al análisis mostrado en las tablas anteriores, los factores K1 y K2 para el periodo de estudio comprendido entre enero de 2017 y junio de 2017 son los siguientes:

## 4. CAPÍTULO 4: ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA

### 4.1. VOLUMENES FACTURADOS

La Empresa de Acueducto del Municipio de Sibaté suministra los siguientes datos como los volúmenes de agua facturados en metros cúbicos mes a mes desde el mes de enero hasta el mes de julio de 2017.

*Tabla 18. Volúmenes de Agua Potable Facturados por la Empresa de Acueducto del Municipio de Sibaté*

VOLUMENES CONSUMIDOS EN M3 PERIODO ENERO A JULIO DE 2017								
Uso	Estrato	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Residencial	1-Bajo Bajo	2.133,00	2.369,00	2.824,00	2.435,00	2.490,00	2.621,00	2.761,00
	2-Bajo	27.531,00	32.199,00	36.773,00	34.453,00	33.164,00	34.638,00	39.075,00
	3-Medio Bajo	12.151,00	12.656,00	14.639,00	13.932,00	12.818,00	14.330,00	15.686,00
	4-Medio	376,00	461,00	430,00	273,00	356,00	457,00	461,00
	5-Medio Alto	42,00	42,00	49,00	48,00	41,00	49,00	59,00
	6-Alto	38,00	27,00	31,00	10,00	17,00	60,00	83,00
Comercial	Comercial	4.017,00	5.277,00	5.899,00	5.386,00	5.187,00	5.448,00	5.924,00
Industrial	Industrial	8.455,00	8.654,00	13.345,00	8.191,00	8.867,00	8.240,00	12.772,00
Oficial	Oficial	2.523,00	2.879,00	4.149,00	3.246,00	2.867,00	3.884,00	4.249,00
Provisional / Temp	Provisional	999,00	1.153,00	1.368,00	1.016,00	982,00	1.063,00	1.196,00
		<b>58.265,00</b>	<b>65.717,00</b>	<b>79.507,00</b>	<b>68.990,00</b>	<b>66.789,00</b>	<b>70.790,00</b>	<b>82.266,00</b>

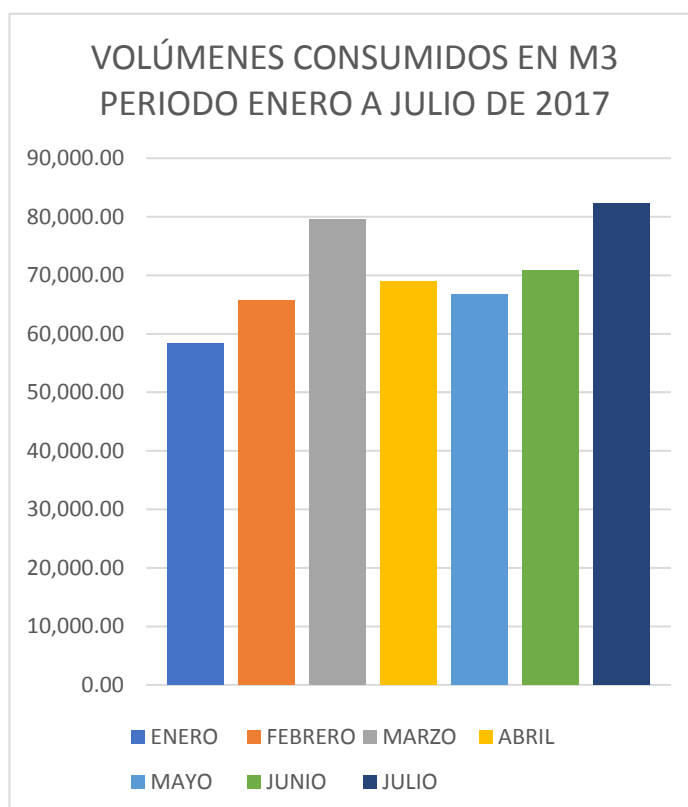
**Fuente: Empresa de Acueducto del Municipio de Sibaté**

*Tabla 19. Resumen Volúmenes Facturados Empresa de Acueducto Municipio de Sibaté*

<b>ENERO</b>	<b>58.265,00</b>
<b>FEBRERO</b>	<b>65.717,00</b>
<b>MARZO</b>	<b>79.507,00</b>
<b>ABRIL</b>	<b>68.990,00</b>
<b>MAYO</b>	<b>66.789,00</b>
<b>JUNIO</b>	<b>70.790,00</b>
<b>JULIO</b>	<b>82.266,00</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Grafico 16. Gráfico de Barras Volúmenes Consumidos Acueducto de Sibaté



**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.2. VOLÚMENES TRATADOS POR LA PLANTA

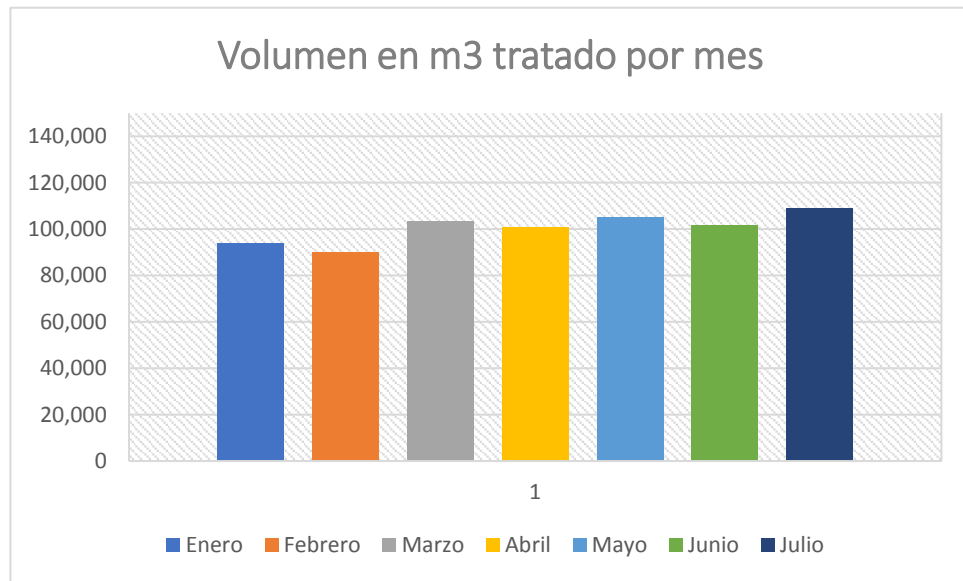
De los caudales máximos horarios suministrados por la Empresa de Acueducto de Sibaté y tomados por ellos de la planta se calcularon los volúmenes totales tratados por la planta.

Tabla 20. Volúmenes tratados por mes por la PTAP

Total Volumen (m3) tratado por mes	
Enero	93.924
Febrero	90.172
Marzo	103.254
Abril	100.897
Mayo	104.911
Junio	101.569
Julio	108.999

**Fuente: Elaboración Propia**

Grafico 17. Gráfico de Barras Volúmenes Tratados mes a mes por la PTAP.



**Fuente: Elaboración Propia**

### 4.3. VOLÚMENES PRODUCIDOS

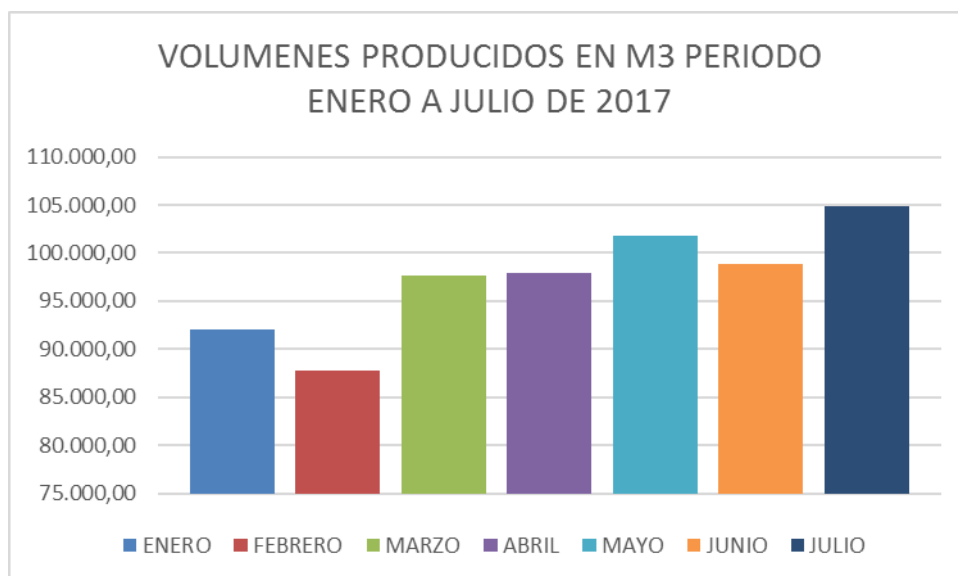
La Empresa de Acueducto del Municipio de Sibaté suministra los siguientes datos como los volúmenes de agua producidos en metros cúbicos mes a mes desde el mes de enero hasta el mes de julio de 2017.

Tabla 21. Volúmenes Producidos Mes a Mes por la PTAP

VOLUMENES PRODUCIDOS EN M3 PERIODO ENERO A JULIO DE 2017	
<b>ENERO</b>	<b>92.097,60</b>
<b>FEBRERO</b>	<b>87.811,80</b>
<b>MARZO</b>	<b>97.601,30</b>
<b>ABRIL</b>	<b>97.935,60</b>
<b>MAYO</b>	<b>101.784,90</b>
<b>JUNIO</b>	<b>98.854,40</b>
<b>JULIO</b>	<b>104.879,50</b>

**Fuente: Empresa de Acueducto del Municipio de Sibaté**

Grafico 18. Gráfico de Barras Volúmenes Producidos Mes a Mes por la PTAP



**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.4. ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA ANÁLISIS MENSUAL

Teniendo los volúmenes producidos por la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Sibaté y los volúmenes facturados por la Empresa de Acueducto se determina el índice de agua no contabilizada (IANC)- indicador de primer nivel con la siguiente formula:

*Ecuación 12. Índice de Agua NO Contabilizada*

$$IANC = \frac{\text{Volumen de agua producido} - \text{Volumen de agua facturada}}{\text{Volumen de agua producida}} * 100$$

**Fuente: Nivel de pérdidas aceptable para el cálculo de los costos de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado<sup>37</sup>.**

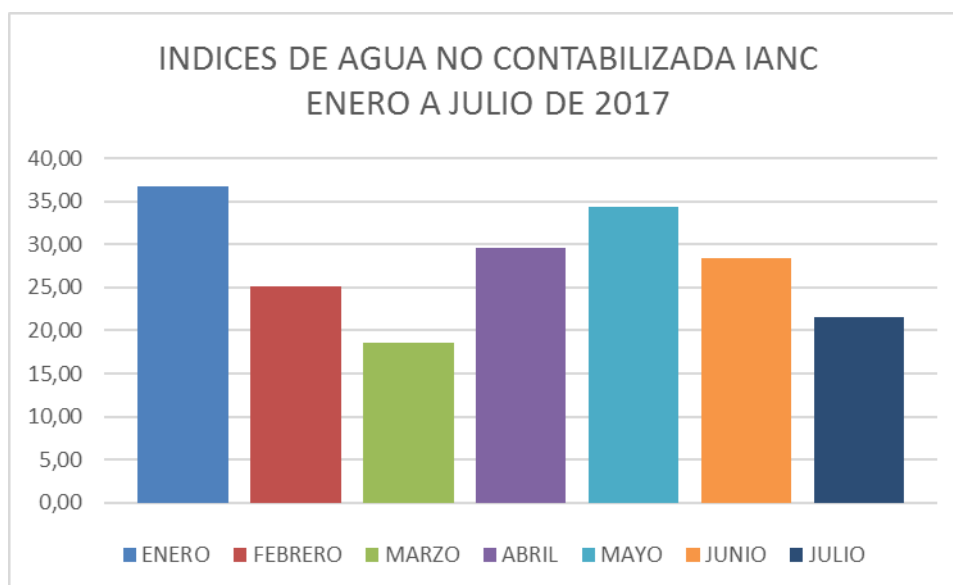
<sup>37</sup> COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE. NIVEL DE PÉRDIDAS ACEPTABLE PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS DE PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] cra.gov.co/apc-aa-files/.../3.-documento-de-trabajo-nivel-de-prdidias-aceptable.pdf.

Tabla 22. Índice de Agua No Contabilizada Enero - Julio Municipio de Sibaté

INDICES DE AGUA NO CONTABILIZADA IANC ENERO A JULIO DE 2017				
MES	M3 DE AGUA PRODUCIDOS	M3 DE AGUA FACTURADOS	IANC POR MES (%)	PROMEDIO FINAL (%)
ENERO	92.097,60	58.265,00	36,74	27,76
FEBRERO	87.811,80	65.717,00	25,16	
MARZO	97.601,30	79.507,00	18,54	
ABRIL	97.935,60	68.990,00	29,56	
MAYO	101.784,90	66.789,00	34,38	
JUNIO	98.854,40	70.790,00	28,39	
JULIO	104.879,50	82.266,00	21,56	

**Fuente: Elaboración Propia**

Grafico 19. Gráfico de Barras Índice de Agua No Contabilizada Enero - Julio Municipio de Sibaté



**Fuente: Elaboración Propia**

## 5. CAPÍTULO 5: ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al realizar recorrido por la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del Municipio de Sibaté donde se evidencia que los filtros, floculadores, sedimentadores, puntos de cloración, macromedidores, tanques de almacenamiento y laboratorio se encuentran en buen estado, es claro que esto permite que el proceso de medición de caudales, tratamiento, proceso, y facturación sean los precisos y acorde a la realidad del municipio. Esto dio el primer indicio de que los datos que se iban a obtener de la Empresa de Acueducto de Sibaté eran apropiados para el desarrollo del Trabajo de Grado.

Se obtuvieron datos de caudales máximos horarios para un total de 210 días o 7 meses, desde el primero de enero hasta el treinta y uno de julio de 2017, los cuales son objeto del presente estudio. También se obtuvieron datos del volumen de agua facturada al mes, desde enero y hasta julio, para la posterior verificación del índice de agua no contabilizada.

En primer lugar, se determinó la proyección de la población hasta el año 2042 para un total de 25 años proyectados, periodo de diseño estipulado en la Resolución Numero 0330 de 2017 para acueductos, por los métodos aritmético, exponencial y geométrico. Al realizar la comparación entre los mismos se estableció que el método más aproximado a las proyecciones del DANE era el método Aritmético el cual indica que para el año 2042 se estima una población de 58.333 habitantes. Con este valor se desarrollan los cálculos de caudales.

Posteriormente se determina la dotación neta máxima ya que la altura de Sibaté es de 2700 msnm según La Resolución Numero 0330 en el Artículo 43. Dotación neta máxima, la Tabla 1. Dotación neta máxima por habitante día según la altura sobre el nivel del mar se tiene que la dotación neta máxima es de 120 L/Hab\*Día si la altura promedio del municipio es mayor a 2000 msnm.

Con la dotación neta se calcula la dotación bruta la cual corresponde a 160 L/Hab\*Día teniendo en cuenta que se toma un 25 % de pérdidas dato determinado como máximo en la Resolución 0330 de 2017. Luego de obtener los valores de dotación bruta y dotación neta se hizo el análisis del caudal medio diario el cual es 100.7 L/s, esto teniendo en cuenta las proyecciones la población proyectada por el método geométrico y la proyección del DANE para el año 2042.



Se usaron los coeficientes K1 y K2 de la Resolución Numero 3003 de 2017 para el cálculo del caudal máximo diario y el caudal máximo horario obteniendo 120.84 L/s y 181.26 L/s, respectivamente. Es importante resaltar que se hace uso de los valores máximos permitidos para los coeficientes  $K1 = 1.2$  y  $K2 = 1.5$ .

Se realiza las gráficas mes a mes desde enero de 2017 hasta julio de 2017 de los caudales máximos horarios tomados por la PTAP, este análisis se hace por días de la semana ya que el comportamiento de estos caudales es completamente diferente los días lunes y domingo. En el primero la mayoría de los usuarios están trabajando o estudiando, mientras que en el último los usuarios se encuentran en sus casas.

Como anteriormente se indica, de estas gráficas obtenidas mensualmente se evidencia cómo varía el consumo a lo largo de las horas del día y a una escala más amplia cómo este presenta variaciones en el transcurso de los días dependiendo si estos son laborales o no laborales.

Con los caudales obtenidos en estas gráficas se calcula el coeficiente de consumo máximo diario (K1) como se evidencia en la ecuación 10 del presente documento y el coeficiente de consumo máximo horario (K2) como se muestra en la ecuación 11 del presente documento. Se realizó un estudio mensual de los coeficientes anteriormente nombrados donde se evidencio que estos están por debajo de los estipulados en la resolución Número 0330 de 2017, ninguno de los valores de K1 es mayor a 1.2 y ninguno de los valores de K2 es mayor a 1.5.

Luego se realiza un promedio de los valores de K1 obtenidos mensualmente y se obtiene un valor de 1.1088 que corresponde al K1 calculado entre enero y julio de 2017. Al realizar el mismo promedio con los valores de K2 se obtuvo 1.0815, por ello se deduce que los valores determinados por la Resolución Número 0330 de 2017 están establecidos de forma correcta y actualmente cumplen con la dispuesto para estos en la misma.

Tanto los valores de los coeficientes calculados con los caudales reales de abastecimiento y coeficientes tomados directamente de la norma son afines, por esta razón en ninguno de los dos casos se estaría sobre dimensionando la estructura del acueducto y mucho menos tomando dimensiones menores a las requeridas para su óptimo funcionamiento en el periodo de diseño.

Con los valores suministrados por el Acueducto de Sibaté de los volúmenes facturados y los volúmenes producidos en metros cúbicos se determinó el índice de agua no contabilizada del Municipio de Sibaté obteniendo un 27.76 % de agua

que no está siendo facturada. Este es uno de los problemas más frecuentes en el suministro de agua potable. Los metros cúbicos de agua no contabilizada pueden ser asociados con conexiones erradas, fugas en las tuberías, evaporación, errores en aparatos de medición, agua usada en la operación del sistema y errores de lectura.

Para disminuir el índice de agua no contabilizada se debe tener en cuenta el mantenimiento preventivo de las tuberías y los medidores, verificar posibles fugas en la red de distribución y posibles conexiones erradas o fraudulentas de la misma; sin embargo, es importante resaltar que este porcentaje está entre los valores admisibles y siempre existirá un índice de agua no contabilizado.

## **5.2. CONCLUSIONES**

- Al realizar la comparación entre el RAS 2000 y La Resolución Número 0330 de 2017 se identificó que cambió el parámetro principal para el diseño de un acueducto, en el caso del RAS 2000 el parámetro inicial de diseño era el nivel de complejidad que a su vez dependía del número de habitantes que se hubiera proyectado para el periodo de diseño; con estos valores se determinaba la dotación neta. En la Resolución ya no se hace uso del nivel de complejidad, en esta el factor inicial de diseño para determinar la dotación neta máxima es la altura en msnm a la que se encuentra el territorio donde se diseñará el acueducto.
- Es importante realizar la proyección de población para el diseño de un acueducto por los métodos geométrico, aritmético y exponencial para posteriormente comparar el valor más aproximado con las proyecciones del DANE, debido a que esto es útil en etapa de diseño para posteriormente no construir estructuras sobre dimensionadas y que sean útiles a lo largo de todo su periodo de diseño.
- El índice de agua no contabilizada (IANC) permite determinar el porcentaje de agua que no está siendo facturada. En el caso del municipio de Sibaté este equivale al 27.76 %, lo cual es un porcentaje aceptable si se compara con el Acueducto de Bogotá que maneja un registro estricto del proceso de facturación, medición y del estado de las estructuras construidas y el índice de agua no contabilizada oscila entre 30% y 35%. Sin embargo, es importante resaltar que se deben tomar las medidas necesarias tanto de prevención como de corrección para disminuir este porcentaje al mínimo.

- Según la Resolución Número 0330 de 2017 el coeficiente de consumo máximo diario (K1) no debe ser superior a 1.2, el resultado obtenido según los caudales suministrados por la PTAP del Municipio de Sibaté es 1.1088 estos datos son equivalentes por tal razón se puede hacer uso de los datos determinados en la resolución sin tener ningún inconveniente con el sobre dimensionamiento de la estructura. Lo mismo sucede con el coeficiente de consumo máximo horario (K2). En la resolución indican que este no puede ser mayor a 1.5 y el obtenido de forma real es de 1.0815 es decir que nuevamente estaría en el rango determinado por la Resolución Numero 0330 de 2017.

## BIBLIOGRAFÍA

**Alcaldía de Sibaté.** [En línea] [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] <http://www.sibate-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>.

**Asomuña.** Asomuña - PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2008-2011 SIBATE. [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] <http://asomuna.org/index.php/documentos/Municipio%20de%20Sibate/Plan%20de%20Desarrollo%20Municipal%20Sibate.pdf/download..>

**Cámara de Comercio de Medellín.** Ley 142 de 1994. [En línea] <http://www.camaramedellin.com.co/site/Portals/0/Documentos/Biblioteca/memorias/Proteccion-usuario-de-servicios-publicos-domiciliarios.pdf>.

**Castañeda, Pablo Alexander Mendza.** Universidad Minuto de Dios. *Universidad Minuto de Dios.* [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] [http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/5215/TA\\_MendozaCasta%C3%B1edaPabloAlexander\\_2017.pdf?sequence=1](http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/5215/TA_MendozaCasta%C3%B1edaPabloAlexander_2017.pdf?sequence=1).

**Castillo, Cristian Sebastian Mahecha.** Universidad de la Salle. *Universidad de la Salle.* [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15209/T40.09%20C278e.pdf?sequence=2>.

**CEPAL.ORG.** *Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia.* [En línea] [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] <https://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inco00200.pdf>.

—. Agua Para el Siglo XXI. *Agua Para el Siglo XXI.* [En línea] [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] <https://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/samtac/noticias/paginas/7/23347/P23347.xml&xsl=/samtac/tpl/p18f-st.xsl&base=/samtac/tpl/top-bottom.xsl..>

**Comisión de Regulación de Agua Potable.** NIVEL DE PÉRDIDAS ACEPTABLE PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS DE PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] [cra.gov.co/apc-aa-files/.../3.-documento-de-trabajo-nivel-de-prdidas-aceptable.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/.../3.-documento-de-trabajo-nivel-de-prdidas-aceptable.pdf).

**Consortio Consultorias de Cundinamarca. 2011.** *ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PTAP Y SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DEL CASCO URBANO Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN A LA ZONA INDUSTRIAL DEL MUNICIPIO DE SIBATÉ CUNFINAMARCA.* Sibaté - Cundinamarca : Consortio Consultorias de Cundinamarca Nit. 900.251.534-2, 2011.

**Cruz, Deibys Gildardo Manco Silva - Jhoniers Guerrero Erazo - Ana María Ocampo.** Revista Ingenierías Universidad de Medellín - EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE AGUA DE USO RESIDENCIAL. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín.* [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] <http://www.redalyc.org/pdf/750/75025842003.pdf>.

**David, Ramírez Cardona. 2014.** Análisis de las pérdidas de agua en los sistemas de bastecimiento. *Análisis de las pérdidas de agua en los sistemas de bastecimiento.* Santiago de Cali : s.n., 2014.

**Dumagaula, Tania Soledad Nieves y Reinozo, Jenny Maribel Ramón.** Universidad Politecnica Salesiana de Euador. [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/112/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Nieves+Dumaguala%2C+Tania+Soledad>.

**Empresas Públicas Municipales de Sibaté S.C.A. E.S.P.** Sitio web empresas públicas municipales de Sibaté S.C.A. E.S.P. *Sitio web empresas públicas municipales de Sibaté S.C.A. E.S.P.* [En línea] [Citado el: 15 de Octubre de 2017.] <http://www.epmsibate.com/servicios/servicio-publico-de-acueducto.html>.

*Estudio comparativo del índice de agua no contabilizada en Colombia para el periodo 1995-2011.* **Espinosa, Maritza Andrea García, Chayenne, Vargas Yara Charly y Steven, Granados Álvarez Michael. 2013.** Bogotá D.C. : s.n., 2013, Revista Tecnogestión.

**Google.** Google Maps. [En línea] [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] <https://www.google.com.co/maps/place/Sibat%C3%A9,+Cundinamarca/@4.6579067,-74.2407264,10.96z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3f0a358adef0f5:0xebbf1b573b6cacdc!8m2!3d4.485011!4d-74.259334>.

**Instituto Costarricense de Aueductos y Alcantarilados.** Reglamento de prestación de Servicios. [En línea] [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos145383.pdf>.

**Johana, Avellaneda Romero Kelly y Paulin, Caro Castiblanco Julli.** DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y CINÉTICA DEL PLOMO EN UN CULTIVO DE FRESA CERCANO AL EMBALSE DEL MUÑA EN EL MUNICIPIO DE SIBATE, CUNDINAMARCA.

**Mackenzie. 2006.** *Water and Wastewater Engineering.* International Edition : Mc Graw Hill, 2006. 0071713840, 9780071713849.

**McGhee, E.W. Steel - Terence J. 1979.** *Water Supply and Sewerage.* International Student Edition : Mc Graw Hill . Kogakusha LTD., 1979. ISBN 0-07-060929-2.

**Methods, Haestad. 1997.** *Computer Applications in Hydraulic Engineering.* International Edition : Haestad Press, 1997, 1997. 096575801X, 9780965758017.

**Ministerio de Economía y Finanzas de Perú. 2017.** GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN, FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO BÁSICO URBANO,. [En línea] 15 de Septiembre de 2017. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/instrumentos\\_metod/saneamiento/Guia-de-saneamiento-27-11.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/Guia-de-saneamiento-27-11.pdf).

**Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.** Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - Reolución 0330 de 2017. [En línea] [Citado el: 21 de Octubre de 2017.] <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>.

**Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. *RAS 2000 - Título B.* Bogotá, Cundinamarca, Colombia : Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

—. Reglameto Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. *RAS 2000 - Título A.* Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia : Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

**Ravanelli, Lic. María Beatriz.** Universidad de Belgrano - Argentina. *Patrones de ingesta de agua y bebidas. Estudio Piloto realizado en Francia con consumidores de baja ingesta de líquidos.* [En línea] [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] [http://www.ub.edu.ar/revistas\\_digitales/Ciencias/Vol12Numero4/Articulo-V12-4.pdf](http://www.ub.edu.ar/revistas_digitales/Ciencias/Vol12Numero4/Articulo-V12-4.pdf).

**Shangi, Sanjay K. Sharma - Rashmi. 2012.** *Advances in Water Treatment and Pollution Prevention.* New York - London : Springer, 2012. ISBN 978-007-4204-8 (ebook).

**U.S. Geological Survey .** U.S. Geological Survey. [En línea] [Citado el: 26 de Octubre de 2017.] <https://water.usgs.gov/watuse/>.

**United States Environmental Protection Agency.** United States Environmental Protection Agency. *United States Environmental Protection Agency.* [En línea] [Citado el: 26 de Octubre de 2017.] <https://www.epa.gov/watersense/how-we-use-water>.

**Universidad de la Salle.** DIAGNOSTICO Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA DE CHACUA DEL MUNICIPIO DE SIBATÉ. [En línea] [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17425/41082140\\_2015.pdf?sequence=1](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17425/41082140_2015.pdf?sequence=1).

**Universidad Libre. 2017.** PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA EXPANSIÓN DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL MUNICIPIO DE SIBATÉ. [En línea] 11 de Marzo de 2017. <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8114/DOCUMENTO%20FINAL%20DE%20DISE%C3%91O%20PARA%20LA%20EXPANSI%C3%93N%20DE%20LA%20PLANTA%20DE%20POTABILIZACI%C3%93N%20DE%20AGUA%20DEL%20MUNICIPIO%20.pdf?sequence=1>.

**Universidad Nacional de Colombia.** Universidad Nacional de Colombia. *EVALUACIÓN PATRONES DE CONSUMO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.* [En línea] [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/46260/1/02822428.2014.pdf>.

—. Universidad Nacional de Colombia. *USO DE LAS PTAP EN ACUEDUCTOS RURALES.* [En línea] [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/47378/1/42876641.2015.pdf>.

*Anexo 1. Proyecciones Poblacionales*



*Anexo 2. Datos Suministrados de Caudales por la PTAP Sibaté Enero - Julio de 2017.*

*Anexo 3. Cálculos y Análisis Grafico de Caudales y Factores de Mayoración K1  
y K2.*

*Anexo 4. Volúmenes Facturados, Volúmenes Procesados y Volúmenes  
Producidos Municipio de Sibaté.*

*Anexo 5. Calculo Índice de Agua NO Contabilizada (IANC) Municipio de Sibaté*