

DIAGNÓSTICO Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO DE MESITAS DEL COLEGIO (CUNDINAMARCA)

ANDRES FELIPE ARBOLEDA TRIVIÑO
BRAYAN ALEJANDRO RUIZ CORREDOR

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
MODALIDAD N°3
BOGOTÁ
2017

DIAGNÓSTICO Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO DE MESITAS DEL COLEGIO (CUNDINAMARCA)

ANDRES FELIPE ARBOLEDA TRIVIÑO
BRAYAN ALEJANDRO RUIZ CORREDOR

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR
GUILLERMO HERNANDEZ TORRES
INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
MODALIDAD N°3
BOGOTÁ
2017



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

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.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

NOTA DE ACEPTACION

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., 10 noviembre, 2017

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	9
1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.2.1 Descripción del problema.	9
1.2.2 Formulación del problema.	9
1.3 OBJETIVOS	10
1.3.1 Objetivo general.	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 JUSTIFICACION.....	10
1.5 DELIMITACION	10
1.5.1 Espacio.	10
1.5.2 Alcance.	11
1.6 MARCO REFERENCIAL.....	11
1.6.1 Marco teórico.	11
1.6.2 Marco conceptual.	17
1.7 METODOLOGIA	20
1.7.1 Tipo de estudio.	20
2. ESTUDIO POBLACIONAL.....	22
2.1 CENSOS.....	22
2.1.1 Modelo lineal o aritmético.	22
2.1.2 Método geométrico.	23
2.1.3 Método exponencial.....	24
2.2 DOTACIÓN PARA LA CABECERA MUNICIPAL.....	27
2.3 CALCULO DE CAUDALES.....	27
3. DIAGNOSTICO.....	28
3.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA FUENTES HIDRICAS	28
3.2 OBRA DE CAPTACION	29
3.3 ADUCCION.....	30

3.4 TANQUE DESARENADOR	32
3.5 PTAP	34
4. OPTIMIZACIÓN.....	35
4.1 BOCATOMA	36
4.1.1 Optimización de la bocatoma en Excel.....	36
4.1.2 Optimización mediante el Programa AYA.....	37
4.2 CANAL DE ADUCCIÓN	38
4.2.1 Optimización del canal de aducción en Excel.	38
4.2.2 Optimización con el Programa AYA.....	39
4.3 TANQUE DESARENADOR	41
4.4 RED MATRIZ	46
4.5 POBLACION.....	46
5. RECOMENDACIONES TÉCNICAS	48
5.1 BOCATOMA	48
5.2 CANAL DE ADUCCIÓN	49
5.3 TANQUE DESARENADOR	50
5.4 RED MATRIZ	51
6. CONCLUSIONES.....	52
7. ANEXOS.....	53
7.1 CONCESION DE AGUAS (CAR).....	53
8. BIBLIOGRAFIA.....	59

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Asignación de periodo de diseño de acuerdo al nivel de complejidad.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2. Coeficientes de rugosidad.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3. Resumen de la población proyectada por cada método.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 4. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 5. Concesión de aguas de la CAR para el Acueducto del municipio.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6. Datos de entrada para la optimización.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 7. Datos para los caudales de diseño, mínimo y máximo.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 8. Velocidades para cada caudal.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9. Ancho de la estructura.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 10. Longitud de la rejilla para la bocatoma.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 11. Corrección del área neta.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 12. Datos finales y caudal captado.</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 13. Datos para el diseño (optimización).....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 14. Datos para diferentes pendientes.</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 15. Datos para la optimización del tanque desarenador.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 16. Grado de remoción (%) y numero Hazen.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 17. Dimensiones del tanque desarenador.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 18. Diámetro, velocidad de la partícula crítica a remover.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 19. Diseño de las estructuras principales del desarenador.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 20. Dimensiones de las pantallas del tanque desarenador.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 21. Zona de lodos del tanque desarenador.....</i>	<i>45</i>

LISTA DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Marco conceptual de un acueducto.</i>	<i>17</i>
<i>Imagen 2. Quebrada Santa Marta.....</i>	<i>29</i>
<i>Imagen 3. Bocatoma de fondo.</i>	<i>30</i>
<i>Imagen 4. Aducción.</i>	<i>32</i>
<i>Imagen 5. Tanque desarenador.....</i>	<i>33</i>
<i>Imagen 6. PTAP Buenavista.</i>	<i>34</i>
<i>Imagen 7. Macro medidor.</i>	<i>35</i>
<i>Imagen 8. Diseño de la presa.</i>	<i>37</i>
<i>Imagen 9. Diseño de la rejilla.....</i>	<i>38</i>
<i>Imagen 10. Diseño del canal de aducción.</i>	<i>39</i>
<i>Imagen 11. Cámara de recolección.</i>	<i>39</i>
<i>Imagen 12. Diseño de la cámara de excesos.</i>	<i>40</i>
<i>Imagen 13. Plano de la estructura de la bocatoma.....</i>	<i>40</i>
<i>Imagen 14. Corte A-A (cámara de excesos, y de recolección).</i>	<i>41</i>
<i>Imagen 15. Plano de la estructura desarenador corte longitudinal.</i>	<i>45</i>
<i>Imagen 16. Plano de la estructura desarenador en planta.</i>	<i>46</i>
<i>Imagen 17. Población en el programa AYA.</i>	<i>47</i>
<i>Imagen 18. Curvas de la población según los diferentes modelos de proyección.</i>	<i>48</i>
<i>Imagen 19. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.....</i>	<i>53</i>
<i>Imagen 20. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.....</i>	<i>54</i>
<i>Imagen 21. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.....</i>	<i>55</i>
<i>Imagen 22. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.....</i>	<i>56</i>
<i>Imagen 23. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.....</i>	<i>57</i>
<i>Imagen 24. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.....</i>	<i>58</i>

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Un sistema de acueducto o sistema de abastecimiento de agua es aquella estructura que es capaz de captar agua de una fuente ya sea una quebrada o un río, esta es llevada a través de tuberías con el fin de ser llevadas hasta las viviendas y hogares de una población¹.

Los romanos fueron los mayores arquitectos en la construcción de los acueductos, estos eran una serie de redes de distribución de agua que recorría varios kilómetros, siendo estos los que marcarían una pauta para la construcción de acueductos de era moderna.

Actualmente el acueducto de Mesitas El Colegio no ha sido objeto de estudios, por lo que presenta deficiencias en sus estructuras generando malestar e inconformismo en la población respecto al servicio de agua potable en el municipio.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del problema.

El problema que se ha venido evidenciando en el funcionamiento del acueducto del municipio de Mesitas El Colegio fue la premisa con la que surgió el desarrollo de la tesis, la principal dificultad que presenta el sistema del acueducto que abastece la población de la cabecera municipal es la constante intermitencia del servicio, razón por la cual la empresa prestadora de servicios públicos se ve en la necesidad de realizar racionamiento de agua en épocas donde se pueden registrar altas temperaturas, esta situación genera un malestar para la población ya que se ven afectados en la discontinuidad del servicio de agua potable.

1.2.2 Formulación del problema.

El problema que tiene el sistema del acueducto del municipio de Mesitas El Colegio se evidencia en la mayoría de sus estructuras principales como lo es la bocatoma, el tanque desarenador; estas dos estructuras son en las que mayor deterioro se puede evidenciar, la bocatoma presenta deterioro en el su estructura en concreto y en la rejillas de la misma, en cuanto al tanque desarenador su

¹ Barahona Martínez, A. M. (2010). ¿Qué es un acueducto? Obtenido de https://cmsdata.iucn.org/downloads/3_4_fasciculo_3___gestion_organizativa.pdf

principal problema es el dimensionamiento que tiene, teniendo en cuenta que la población de la cabecera municipal es de una gran proporción.

Por tal motivo se hace necesaria realizar una identificación, modelación y realizar una optimización a cada una de las estructuras del acueducto, con el fin de poder proporcionar a la comunidad un mejor servicio y así evitar posteriores racionamientos en el municipio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

- Generar un plan de mejora para el funcionamiento correcto del sistema de acueducto del municipio de Mesitas.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico del funcionamiento actual del sistema de acueducto del municipio.
- Realizar la modelación del acueducto con el fin de verificar el comportamiento hidráulico de cada uno de sus componentes.
- Generar un documento técnico de recomendaciones para el mejoramiento del sistema de acueductos.

1.4 JUSTIFICACION

La realización de esta tesis parte del problema que se evidencia en el municipio en cuanto a la problemática que tienen de racionamientos del servicio de agua potable, situación que genera inconformismo en la comunidad, por lo que se hace necesario realizar el diagnóstico del actual acueducto con la finalidad de poder optimizar y poder generar mejoras en el servicio, esta optimización se va a ejecutar partiendo de la implementación de los conocimientos adquiridos en el proceso de formación siendo esta una oportunidad de poder realizar un proyecto de ingeniería civil para el beneficio de la comunidad.

1.5 DELIMITACION

1.5.1 Espacio.

Mesitas de El Colegio se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, se encuentra aproximadamente a 61 kilómetros de la ciudad de

Bogotá D.C., el municipio colinda con los municipios de la Mesa, Tena, Viota, Anapoima, Granada y San Antonio del Tequendama. Dada la altitud (m.s.n.m) de la cabecera municipal se le atribuye como un clima cálido donde la temperatura media registrada es cercana a los 24°C (grados Celsius)².

1.5.2 Alcance.

El alcance al que se pretende llegar con la realización de esta tesis es la de poder brindar a la comunidad un mejor servicio de agua potable, optimizando y generando un documento con recomendaciones técnicas para el sistema de acueducto del municipio con el propósito de que se puedan generar mejoras a las estructuras del sistema de acueducto para garantizar que no se presenten nuevamente los racionamientos del servicio.

1.6 MARCO REFERENCIAL

1.6.1 Marco teórico.

El proyecto tiene como premisa todo lo relacionado y dispuesto legalmente en la norma RAS 2000 en cuanto a la adecuación o las recomendaciones técnicas que deben contemplar los acueductos en el diseño y ejecución. A continuación, haremos una breve descripción de los elementos básicos durante el proceso de la adecuación del sistema de acueducto tomando como base los títulos A y B de la norma.

- Proyección de población.

En caso que el diseño de un sistema de acueducto particular incluya un municipio o zona de éste, en la cual no sea posible realizar una proyección de demanda o de suscriptores, las dependencias encargadas de la planeación y comercialización de los proyectos de agua potable de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en caso que éstas no existan, el consultor debe realizar la proyección y los ajustes de la población de acuerdo con lo señalado en literales B.2.4.3.1 a B.2.4.3.5³.

- Censos de población.

“Deben recolectarse los datos demográficos de la población, en especial los censos de población del DANE y los censos disponibles de suscriptores de acueducto y otros

² ALCALDIA DEL COLEGIO-CUNDINAMARCA. (14 de Junio de 2017). Obtenido de: http://www.elcolegio-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia

³ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. P. 25.

servicios públicos de la localidad o localidades similares. Con base en los datos anteriores se establecerán los criterios y parámetros que determinen el crecimiento de la población”⁴.

- Nivel de complejidad.

Este nivel de complejidad se debe realizar con el fin de poder efectuar una clasificación para la población proyectada, aunque de acuerdo a la Resolución 0330 de 08 de junio de 2017 este concepto de nivel de complejidad para el diseño de las estructuras de un acueducto se eliminó por completo.

- Dotación neta.

“La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante, dependiendo de la forma de proyección de la demanda de agua, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto”⁵.

- Dotación bruta.

“De acuerdo con la Resolución 2320 de 2009 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la dotación bruta para el diseño de cada uno de los elementos que conforman un sistema de acueducto, indistintamente del nivel de complejidad”⁶. Para calcularla se usa la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Dotación bruta.

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

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Título B.

$\%p \rightarrow$ *perdidas maximas admisibles.*

Nota: Estas pérdidas no deben ser superiores al 25%.

⁴ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 29.

⁵ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p. 30.

⁶ *Ibíd.*, p. 37

- Caudal medio diario.

“El caudal medio diario, Qmd, es el caudal calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación”⁷.

Ecuación 2. Caudal medio diario.

$$Qmd = \frac{p * d \text{ bruta}}{86400}$$

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Título B.

- Caudal máximo diario.

“El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1, como se indica en la siguiente ecuación”⁸.

Ecuación 3. Caudal Máximo diario.

$$QMD = Qmd * k1$$

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Título B.

⁷ *Ibíd.*, p. 38

⁸ *Ibíd.*, p. 38

- Caudal máximo horario.

“El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k2, según la siguiente ecuación”⁹

Ecuación 4. Caudal máximo horario

$$QMH = QMD * k2$$

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Título B.

- Periodo de diseño.

“El período de diseño debe fijar tanto las condiciones básicas del proyecto, como la capacidad de la obra para atender la demanda futura. El período de diseño también depende de la curva de demanda y de la programación de las inversiones, así como de la factibilidad de ampliación, de la tasa de crecimiento de la población y de la tasa de crecimiento del comercio y la industria”¹⁰.

Tabla 1. Asignación de periodo de diseño de acuerdo al nivel de complejidad.

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño
Bajo, Medio y Medio Alto	25 años
Alto	30 años

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Título B.

- Bocatoma de fondo o toma sumergida.

Como dice Novak¹¹, es una estructura hidráulica construido en la cabecera de un canal. La principal función es la de desviar y transportar el flujo que es captado de un cuerpo de agua, ya sea embalse o río.

⁹ Ibid., p. 38

¹⁰ Ibid., p. 67

¹¹ Novak, P, et al. Estructuras Hidráulicas. En: Obras de desviación. 2 ed. McGraw-Hill, 2001. p. 334. ISBN 958-41-0189-7.

- Canal de aducción.

Para el diseño del canal de aducción debe justificarse el método de cálculo para la sección transversal de los canales. Se recomienda el uso de las ecuaciones de Manning, de Bassin, de Manning-Strickler y de Chèzy. En el caso de secciones con rugosidad compuesta, se recomienda el uso de la fórmula de Strickler.

En todos los casos debe justificarse el factor de fricción o coeficiente de pérdidas por fricción utilizado. Como ejemplo, en la siguiente tabla se establecen los coeficientes n de Manning para diferentes materiales.¹²

Tabla 2. Coeficientes de rugosidad.

Material del canal	n de Manning
Asbesto cemento	0.010
Cemento mortero	0.013
Cemento pulido	0.011
Concreto áspero	0.016
Concreto liso	0.012
Mampostería	0.015
Piedra	0.025
Piedra sobre mortero	0.035

Fuente: Ministerio de Desarrollo Económico. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Título B.

- Rejillas.

“La captación de aguas superficiales a través de rejillas se utiliza especialmente en los ríos de zonas montañosas, los cuales están sujetos a grandes variaciones de caudal entre los periodos de estiaje y los periodos de crecientes máximas. El elemento base del diseño es la rejilla de captación, la cual debe ser proyectada con barras transversales o paralelas a la dirección de la corriente”¹³

De acuerdo con Corcho¹⁴, se deben tener en cuenta unos criterios para realizar el diseño de las rejillas, estos son: diámetro de la varilla, longitud de la rejilla, etc.

¹² MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p. 92.

¹³ Ibid., p. 57

¹⁴ CORCHO ROMERO, Freddy y DUQUE SERNA, José Ignacio. Acueductos. Teoría y diseño. En: Obras de captación. Medellín. 2005. p. 45.

- Desarenador.

Como dice López Cualla¹⁵. Un desarenador es un tanque cuya principal función es la de sedimentar ciertas partículas que se encuentran en un estado de suspensión por medio de la gravedad. Este es considerado un tratamiento primario que se hace al agua captada.

- Red distribución.

Una red de distribución (que en lo sucesivo se denominará red) es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como extinguir incendios.

La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada¹⁶.

- Estación de bombeo.

“Cuando haya necesidad de utilizar el bombeo en un sistema de acueducto, se debe tener en cuenta que esta alternativa resultara más costosa desde el punto de vista de operación y mantenimiento, en comparación con las alternativas posibles de conducción por gravedad”¹⁷.

Deben estudiarse las condiciones de suministro de energía, incluidos la capacidad de la estación generadora, la demanda de la estación de bombeo, la frecuencia de interrupciones en el servicio de energía, el sitio más cercano para derivar la energía, el voltaje, el ciclaje y el costo del kilowattio-hora.

Además, debe considerarse la posibilidad de utilizar varios tipos de energía incluidos energía eléctrica, gas, diésel, entre otros.

Podrá utilizarse la posibilidad de que la estación tenga generación propia de energía, siempre y cuando ésta resulte la alternativa más económica.

¹⁵ LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. En: Desarenador. Bogotá. 2003. 2 ed. p. 183. ISBN 958-8060-36-2.

¹⁶ COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de agua potable, Alcantarillado y saneamiento [en línea], [citado 30 Septiembre 2017], p. 12. Disponible en internet: <<http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>>.

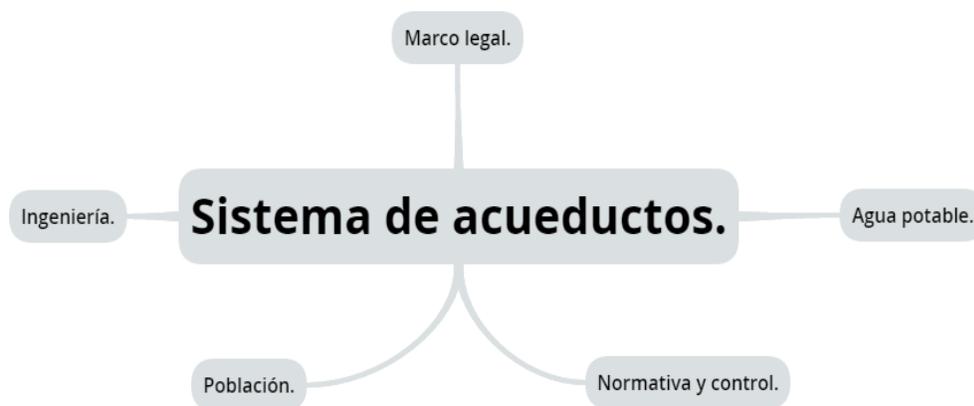
¹⁷ LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá. 2003. 2 ed. p. 140. ISBN 958-8060-36-2.

En el **nivel alto de complejidad**, debe colocarse permanentemente una planta generadora disponible para el caso de emergencias¹⁸.

1.6.2 Marco conceptual.

Este marco se trabajó poniendo como premisa principal los sistemas de acueductos, y de allí se manejó en varios aspectos como lo muestra la ilustración 1.

Imagen 1. Marco conceptual de un acueducto.



Fuente: Autores.

En la imagen 1 se puede observar una descripción general de lo que se conoce como un acueducto en todos los aspectos que este involucra; desde el punto de vista de la ingeniería civil los sistemas de acueductos parten de los conceptos principales y/o elementales de la hidráulica con el fin de poder tener claro la conceptualización de dichos sistemas, estos elementos de la hidráulica que permiten realizar dicha conceptualización y que encierra todo en el mismo marco, este se hace tomando como referencia lo establecido por la norma RAS 2000 en su capítulo A.12.

Acometida.

“Derivación de la red local de acueducto que llega hasta el registro de rueda en el punto de empate con la instalación interna del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general”¹⁹.

¹⁸ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-200. Bogotá D.C.: Título A, 2000. p. 177.

¹⁹ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 21.

Borde libre.

“Espacio comprendido entre el nivel máximo esperado del agua fijado por el sistema de rebose y la altura total de la estructura de almacenamiento”²⁰.

Capacidad hidráulica.

“Caudal que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación”²¹.

Coefficiente de rugosidad.

“Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería”²².

Flujo libre.

Como dice Saldarriaga²³, el flujo es el movimiento de un fluido con respecto a un sistema inercial de coordenadas, generalmente ubicado en un contorno sólido. Ejemplos de flujo son el movimiento del agua en el cauce de un río, el movimiento del agua subterránea a través del subsuelo y, por supuesto, el movimiento de fluidos al interior de tuberías.

Ahora para centrarnos en lo que es el flujo libre se toma la definición de la norma RAS-2000 en el título B, esta definición es: “Aquel transporte en el cual el agua presenta una superficie libre donde la presión es igual a la presión atmosférica”²⁴.

Sedimentación.

“Definimos como "sedimentación" al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad.”²⁵.

²⁰ Ibid., 22 p

²¹ Ibid., 22 p

²² Ibid., 23 p

²³ Saldarriaga, Juan. Hidráulica de tubería abastecimiento de agua, redes y riegos. 3 ed. Bogotá D.C.: Alfaomega, 2016. p. 3. ISBN 978-958-682-971-7.

²⁴ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 24.

²⁵ PÉREZ FARRÁS, Luis. (Agosto de 2005). Teoría de la sedimentación. Obtenido de: http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teoria_sedimentacion.pdf

Zona de presión de la red de distribución.

“Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites prefijados”²⁶.

Desde el ámbito de la normativa que se rige en Colombia contemplada para el diagnóstico y mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de Mesitas del colegio se basó en EL REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (RAS 2000) y decretos para el manejo de los acueductos.

AÑO	PRESENTACIÓN	TÍTULO	OBJETO
2007	Decreto 1575 de mayo 9 del 2007	Normas para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano	El objeto de este decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.
2000	Resolución No. 1096 del 17 de noviembre	Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.	Este reglamento tiene por objetivo señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14,

²⁶ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 26.

			numerales 14, 19, 14.22, 14.23, y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelantan las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo a quien haga sus veces.
2002	Decreto No.849 de Abril 30	Reglamento del artículo 78 de la Ley 715 de 2001	El objetivo del presente decreto reglamentario es definir los requisitos que deben cumplir los Municipios y distritos en materia de agua potable y saneamiento básico, y los procedimientos que deben seguir dichos entes y la superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, SSPD, para la expedición de la certificación que permita el cambio de la destinación de los recursos que la Ley 715 de 2001 ha estipulado inicialmente para el desarrollo y ejecución de las competencias asignadas en agua potable y saneamiento básico, así como la definición de las obras elegibles a ser financiadas con dichos recursos

También cabe recalcar que dentro del marco legal el tema de acueductos es vigilado por el ministerio de vivienda, la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (CRA), el ministerio de ambiente, el sistema único de información de servicios públicos (SUI) y por la Ley 142 de 1994 la cual establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, así como de actividades que realicen las personas que los presten. Adicionalmente, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico produce las resoluciones que rigen la operación de los prestadores en desarrollo de la facultad presidencial delegada a ella (Administración Pública y el arte de Gobernar y Participar).

1.7 METODOLOGIA

1.7.1 Tipo de estudio.

El tipo de estudio a realizar durante la ejecución de la modelación que se va a generar del acueducto se decidió manejarla a partir de los objetivos específicos que son el estandarte de la tesis, tomando como inicio esa premisa para cada uno

de los objetivos para llevar a cabo el diagnóstico del funcionamiento del actual sistema de acueducto se hace necesario contar con los siguientes ítems:

1. realizar una visita técnica al municipio y presentar una descripción de la zona de estudio, recopilando información sobre su climatología, demanda, topografía, recursos hídricos y características socioeconómicas

- 1.1 Recopilación de la información para el estudio de la demanda:

- Análisis de los censos de población
- Obtención de las tasas de crecimiento
- Proyección de la población
- Obtención de los coeficientes de mayoración
- Obtención del caudal máximo diario
- Obtención del caudal máximo horario
- Coeficiente de consumo máximo diario - k1.
- Obtención del caudal de diseño

- 1.2 Verificación de las estructuras de captación y conducción para el acueducto con el caudal de diseño y buscar posibles fuentes alternas de abastecimiento aledañas.

2. Realizar la optimización del sistema por medio de un software de comprobación de diseño (ya sea EPANET o WATERCAD) y con los datos obtenidos para simular las características fundamentales dentro del modelo de la red y así poder detectar las falencias o posibles correcciones, de esta manera se pueden llegar generar mejores condiciones en el funcionamiento del acueducto.
3. Con base en los resultados conseguidos se realizará las respectivas modificaciones y recomendaciones al sistema de acueducto actual que serán entregadas a la empresa Emgesa S.A.E.S.P que es la encargada de prestar este servicio en el municipio del Colegio y de igual manera se entregaría este mismo documento a la empresa encargada de la gestión del mismo que en este caso se estaría hablando de Empucol ESP.

2. ESTUDIO POBLACIONAL

Unos de los factores determinantes en el diseño de las obras de un acueducto parten de la estimación de la población en la que se esté realizando las obras, partiendo de esta premisa lo primero que se realiza es la estimación mediante los tres métodos que se encuentran en el título B de la norma RAS 2000; estos métodos y sus respectivos cálculos se encuentran a continuación.

2.1 CENSOS

Para realizar la estimación de la población se hace tomando en cuenta los datos de los censos proporcionados por el DANE; para esto se hace necesario contar con la población en la que se desarrollara el proyecto, en el caso del desarrollo de esta tesis se tomara la población de la cabecera municipal en el municipio de El Colegio (Mesitas). Los datos que se usaran para los respectivos cálculos son de los años 1985, 1993 y 2005, estos datos a usar son:

1985 = 5179 hab.

1993 = 6429 hab.

2005 = 7636 hab.

2.1.1 Modelo lineal o aritmético.

Una de las características que presenta este modelo es que se usa en las poblaciones que presentan un crecimiento balanceado y lineal a través del tiempo, esto hace que se presente una tendencia lineal; a continuación se presentan los cálculos realizados.

$$P \text{ año proy} = P \text{ ultimo censo} + r(T_{\text{proy}} - T_{\text{ult censo}})$$

$$r = \frac{P_{1993} - P_{1985}}{T_{1993} - 1985}$$

$$r = \frac{6429 - 5179}{1993 - 1985} = 156.25 \frac{\text{hab}}{\text{año}}$$

$$r = \frac{P_{2005} - P_{1993}}{T_{2005} - T_{1993}}$$

$$r = \frac{7636 - 6429}{2005 - 1993} = 100.58 \frac{hab}{año}$$

$$r_{prom} = 128.41 \frac{hab}{año}$$

Con el fin de poder realizar un ajuste en la estimación de la población es necesario contrastar la población de diseño obtenida con las proyecciones proporcionadas por el DANE que para el año 2017 en la cabecera municipal es de 8449 habitantes, a continuación se presentan el ajuste a la población de estudio.

$$a. P_{2017} = 7636 \text{ hab} + 128.41(2017 - 2005) = 9177 \text{ hab}$$

$$b. P_{2017} = 7636 \text{ hab} + 156.25(2017 - 2005) = 9511 \text{ hab}$$

$$c. P_{2017} = 7636 \text{ hab} + 100.58(2017 - 2005) = 8843 \text{ hab}$$

Cabe resaltar que las proyecciones que se hicieron anteriormente están desarrolladas con la tasa poblacional, el literal a se realizó con el promedio de la tasa poblacional de los tres censos de los que se disponía, el literal b se realizó con la tasa poblacional de los años 1985 y 1993; por último el literal c con la tasa poblacional comprendida entre los años 1993 y 2005. Así mismo se llegó a la conclusión que el mejor ajuste es mediante la tasa poblacional que nos da los años de 1993 y 2005.

2.1.2 Método geométrico.

Este modelo se aplica a las poblaciones en las que presenten incrementos en su dinámica poblacional por actividades económicas que se desarrollen en la región, también en las que no representen algún inconveniente con la implementación de los servicios públicos.

Siguiendo con el desarrollo de la estimación de la población para el acueducto de Mesitas se presentan los cálculos realizados y su ajuste para contrastarlo con las proyecciones del DANE.

$$P_{proy} = P_{ult. censo}(1 + r)^{T_{proy} - T_{ult. censo}}$$

$$r = \left(\frac{P_{1993}}{P_{1985}} \right)^{\frac{1}{1993-1985}} - 1$$

$$r = \left(\frac{6429}{5179} \right)^{\frac{1}{1993-1985}} - 1 = 0.027 \frac{hab}{año}$$

$$r = \left(\frac{P_{2005}}{P_{1993}} \right)^{\frac{1}{2005-1993}} - 1$$

$$r = \left(\frac{7636}{6429} \right)^{\frac{1}{2005-1993}} - 1 = 0.014 \frac{hab}{año}$$

$$r_{prom} = 0.020 \frac{hab}{año}$$

a. $P_{2017} = 7636 \text{ hab} (1 + 0.020)^{2017-2005} = 9685 \text{ habitantes}$

b. $P_{2017} = 7636 \text{ hab} (1 + 0.027)^{2017-2005} = 10513 \text{ habitantes}$

c. $P_{2017} = 7636 \text{ hab} (1 + 0.014)^{2017-2005} = 9023 \text{ habitantes}$

Al igual que el modelo aritmético se realizó su correspondiente ajuste y se pudo llegar a la conclusión que el mejor ajuste para la población al año 2017 de acuerdo con la proyección del DANE es que se da por la rata poblacional de los años de 1993 y 2005.

2.1.3 Método exponencial.

Este método con el fin de poder ser utilizado en la estimación se hace de suma importancia tener tres (3) censos como mínimo para poder determinar la población de estudio. Una característica que presenta es el que la proyección se hace por medio del promedio de la rata poblacional y que sea una población que posea actividades económicas que hagan que la dinámica poblacional sea dinámica.

Siguiendo con el desarrollo de la proyección de la población de estudio para el acueducto de Mesitas se presentan los cálculos realizados y su respectivo ajuste para contrastarlo con las proyecciones del DANE.

$$P_{proy} = P_{ult. censo} * e^{r(T_{proy}-T_{ult. censo})}$$

$$r = \frac{\ln\left(\frac{P_{proy}}{P_{ult. censo}}\right)}{T_{proy} - T_{ult. censo}}$$

$$r = \frac{\ln\left(\frac{6429}{5179}\right)}{1993 - 1985} = 0.027 \frac{hab}{año}$$

$$r = \frac{\ln\left(\frac{7636}{6429}\right)}{2005 - 1993} = 0.014 \frac{\text{hab}}{\text{año}}$$

$$r_{\text{prom}} = 0.021 \frac{\text{hab}}{\text{año}}$$

a. $2017 = 7636 \text{ hab} * e^{0.021(2017-2005)} = 9825 \text{ habitantes}$

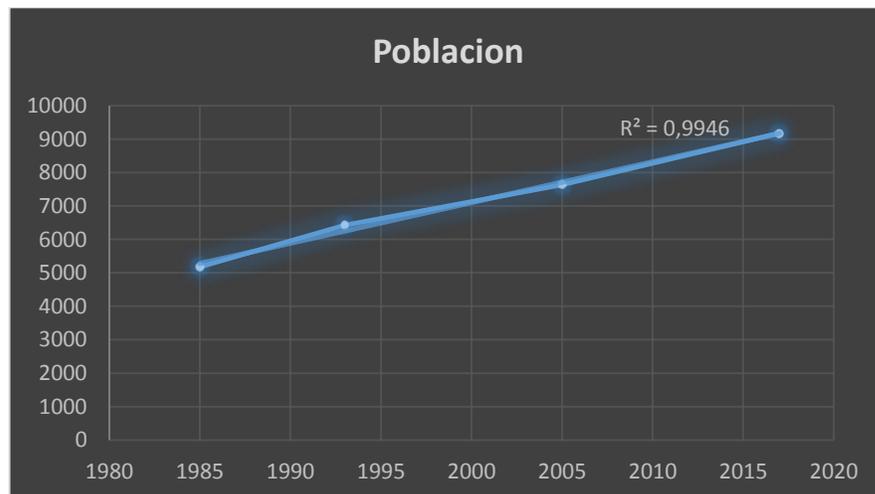
b. $P_{2017} = 7636 \text{ hab} * e^{0.027(2017-2005)} = 10558 \text{ habitantes}$

c. $P_{2017} = 7636 \text{ hab} * e^{0.014(2017-2005)} = 9033 \text{ habitantes}$

Al igual que el modelo aritmético se realizó su correspondiente ajuste y se pudo llegar a la conclusión que el mejor ajuste para la población al año 2017 de acuerdo con la proyección del DANE es que se da por la rata poblacional de los años de 1993 y 2005.

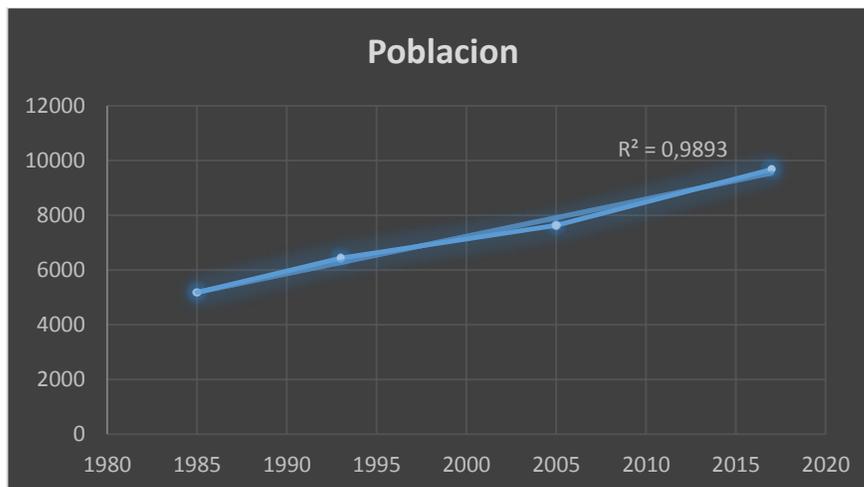
Para complementar se realizaron las gráficas que sustentan la información obtenida para los tres métodos con los cuales se realizan las proyecciones de la población de la cabecera municipal de Mesitas El colegio. Estas graficas son de ayuda a la hora de poder escoger el modelo para continuar con el desarrollo de las obras que hacen parte del acueducto.

Grafica 1. Proyección población método lineal.



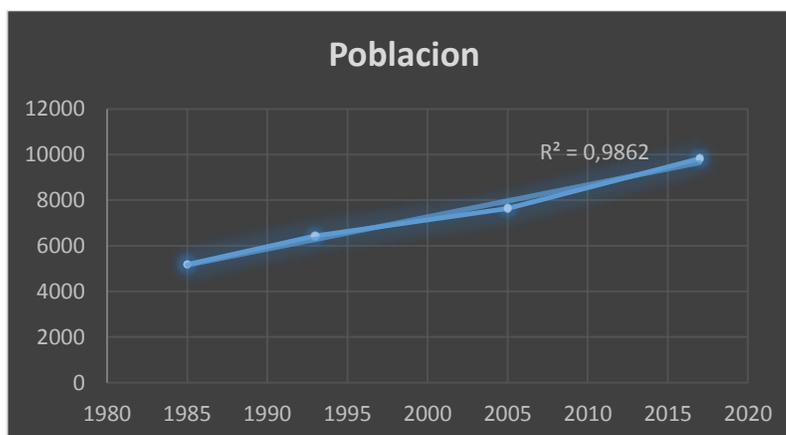
Fuente: Autores.

Grafica 2. Proyección población método geométrico.



Fuente: Autores.

Grafica 3. Proyección población método exponencial.



Fuente: Autores.

Tabla 3. Resumen de la población proyectada por cada método.

Metodo	Poblacion actual	Tendencia R ²
Aritmetico	8843	0,9946
Geometrico	9023	0,9893
Exponencial	9033	0,9862

Fuente: Autores.

Para poder realizar la población al año 2042 que se da de acuerdo al periodo de diseño que de acuerdo al artículo 40 de la resolución 0330 del 8 de Junio del 2017 es de 25 años y tomando la rata poblacional de los años 1993 y 2005 del método aritmético que es el que más se ajusta se obtuvo la siguiente población proyectada.

$$r = 100.58 \frac{hab}{año}$$

$$P_{2047} = 8843 \text{ hab} + 100.58(2042 - 2017) = 11358 \text{ hab}$$

2.2 DOTACIÓN PARA LA CABECERA MUNICIPAL

Para hacer un estimado de la dotación a usar como dato de diseño para el acueducto se tomo $140 \frac{L}{hab \cdot dia}$ de acuerdo a la altitud a la que se encuentre la población, este valor se tomó de la siguiente tabla.

Tabla 4. Dotación neta máxima por habitante según la altura 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 0330 del 08 de Junio de 2017.

2.3 CALCULO DE CAUDALES

$$dotacion = 140 \frac{L}{hab * dia}$$

$$D_{bruta} = \frac{140 \frac{L}{hab * dia}}{1 - 0.25} = 186.67 \frac{L}{hab * dia}$$

$$Q_{md} = \frac{11358 hab * 186.67 \frac{L}{hab * dia}}{86400} = 24.54 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MD} = 24.54 \frac{L}{s} * 1.3 = 31.9 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MH} = 31.9 \frac{L}{s} * 1.6 = 51.04 \frac{L}{s}$$

Nota. Los coeficientes de diseño K1 y K2 se tomaron de la resolución 0330 del 8 de Junio del 2017, donde se expone que de acuerdo a la población proyectada estos coeficientes no podrán superar unos valores máximos y que para el desarrollo de la tesis como datos de entrada para el diseño se usaran los valores picos en ambos coeficientes.

3. DIAGNOSTICO

3.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA FUENTES HIDRICAS

De acuerdo a la concesión de aguas que dispone el acueducto de Mesitas El colegio se tiene que la captación de aguas superficiales que son usadas para abastecer el acueducto y poder prestar el servicio a la comunidad. Esta captación de aguas superficiales la hace de tres (3) quebradas que son: Quebrada Antioquia, Quebrada Antioqueña y de igual forma tienen una derivación de la Quebrada Santa Marta que es con la que actualmente el sistema realiza la captación de caudales. A continuación se presentara los caudales captados en cada una de las fuentes de las que se abastece el sistema.

Tabla 5. Concesión de aguas de la CAR para el Acueducto del municipio.

NECESIDADES TOTALES	45.54 l.p.s
Derivación quebrada Santa Marta	23.00 l.p.s
Caudal requerido ampliación	22.50 l.p.s
Quebrada Antioqueña (60%)	13.50 l.p.s
Quebrada Antioquia (40%)	9 l.p.s

Fuente: Empucol ESP.

Imagen 2. Quebrada Santa Marta.



Fuente: Autores.

3.2 OBRA DE CAPTACION

La obra de captación con la que cuenta el sistema de acueducto del municipio es una bocatoma de fondo, esta cuenta con rejillas de 0.35m x 1.75m y varillas de acero de 1/2" de diámetro. Esta bocatoma es de la derivación de la Quebrada Santa Marta ya que hace tiempo no se cuenta con la bocatoma que había en la Quebrada Antioqueña por problemas estructurales.

Imagen 3. Bocatoma de fondo.



Fuente: Autores.

Actualmente se puede notar un notable deterioro en la obra de captación, estos deterioros se deben a la acción del agua en las rejillas de la bocatoma, se evidencia la presencia de óxido en sus rejillas; de igual manera es evidente un deterioro en la presa sobre la cual está la bocatoma, esta está hecha en concreto donde también se es visible el deterioro por la abrasión del agua de la fuente.

Luego de la bocatoma de fondo este sistema cuenta con una cámara de quietamiento y posterior a esto se tiene un canal de aducción rectangular; posteriormente se cuenta con una transición entre el canal de aducción a una sección transversal de una tubería en PVC de 8" de diámetro.

3.3 ADUCCION

El sistema de aducción está compuesto por un canal de recolección, una cámara de quietamiento, un vertedero de excesos y el canal de aducción, a continuación se realizara una breve descripción de cada uno de los componentes mencionados anteriormente.

- Canal de recolección: Definido como la estructura encargada de tomar las aguas captadas por la rejilla, tiene una pendiente longitudinal de 1% y

dimensiones transversales al inicio de 0.35 x 0.40 y a la entrada a la cámara de aquietamiento de 0.34 x 0.37, en una longitud de 3.50 m.

- Cámara de aquietamiento: Posee dimensiones variables de aproximadamente 1.31 m x 2.10 m, construida en concreto reforzado y una profundidad de 1.80 m, el ingreso a esta estructura se hace mediante un orificio circular tipo pozo de inspección, el cual se encuentra desprovisto de tapa y una escalera de gato con cinco pasos en varilla corrugada de ½" en mal estado, los excesos son evacuados mediante un vertedero de 0.80 m de profundidad y un ancho de 1.31 m con desagüe en tubo de asbesto cemento de 6" de nuevo a la fuente, este tubo se encuentra a nivel de piso de la cámara de aquietamiento.
- Vertedero de excesos: El vertedero de excesos se encuentra ubicado dentro de la cámara de aquietamiento, en un costado del canal que une a esta con el de aducción y las rejillas de captación. El vertedero tiene una altura de 0.45 m y se extiende a lo largo de la cámara de aquietamiento (1.31 m), posterior al vertedero se encuentra una cámara de 0.37 de largo, 1.31 m de ancho y una profundidad de 0.80 m, la cual se conecta a una tubería de excesos de 6", en asbesto cemento que lleva las aguas de nuevo a la quebrada.
- Canal de aducción: El paso de la cámara de aquietamiento a la aducción, la cual denominaremos canal de aducción, posee un ancho de 0.50 m, 3.20 m de largo, 0.60 de alto y una pendiente del 1%, este posee una rejilla de retención de gruesos en varilla de ¼" con espacios de 1 ½", y se conecta a la tubería de aducción, en una longitud de 3.88 m.
- Tubería de aducción: Es en asbesto cemento de 6" y se encuentra bastante deteriorada y perforada en casi todo su trayecto hasta el desarenador. La situación anterior se debe por una parte a que la tubería ya ha cumplido su vida útil y por otra al constante taponamiento que se presenta por el ingreso de material fino lo que ha obligado a los operarios a perforarla en diferentes lugares.

Imagen 4. Aducción.



Fuente: Autores.

3.4 TANQUE DESARENADOR

El proceso de pretratamiento del agua cruda de la quebrada Santa Marta (captación antigua), consiste en la remoción del material suspendido por medio de un proceso efectuado por un desarenador, el cual cumple la función de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad.

El desarenador se encuentra a 51.92 m de la estructura de captación, no cuenta con un sistema de medición y el agua entra directamente de la captación, mediante una tubería de asbesto cemento (aducción) de 6" , a una cámara con un vertedero de excesos, por el cual se conducen las aguas de sobrantes nuevamente a la quebrada.

El flujo, después de ser amortiguado por una cámara con tres orificios de 3", pasa al desarenador atravesando una pantalla deflectora de 1,15 m de alto, en donde se inicia el proceso de decantación. Esta zona (decantación) se caracteriza por tener una profundidad de 1.60 m y una pendiente de 9.00 %.

La estructura de entrada la conforma una tubería de 6" de diámetro de asbesto cemento. El cuerpo del desarenador está conformado por una estructura en concreto armado de 1.60 m de altura, 12.46 m de largo y 1.96 m de ancho, conformando un volumen total de 39 m³ útiles (sin la tolva de lodos).

En el fondo (tolva de lodos) se presentan dos pendientes una de 9.00 % a la entrada y otra de 51.00 % a la salida las cuales convergen en la estructura de lavado, conformada por una tolva de 0.24 m que se conecta con una tubería de lavado de 6" de asbesto cemento, controlada mediante una válvula de 6" en HF, sin rueda de manejo y sin vástago ascendente, la cual se encuentra fuera de servicio.

La estructura de salida del desarenador está conformada por una cortina de retención de sólidos flotantes que conducen las aguas a una cámara de 0,75 m de largo y 1.96 m de ancho, la cual presuriza la tubería de conducción.

Imagen 5. Tanque desarenador.



Fuente: Autores.

3.5 PTAP

La PTAP principal del municipio es la de Buena Vista, esta cuenta con 24 cámaras para la decantación del floop que es generado por la adición del coagulante para poder garantizar que el agua con la cual se abastece a la cabecera municipal del municipio de Mesitas El Colegio sea óptima para el consumo de los habitantes. Este también cuenta con un tanque de almacenamiento en el cual una vez se le ha realizado el tratamiento de las aguas crudas captadas se realiza el suministro desde esta PTAP por gravedad.

La concesión esta por 26,01 l/s, se cuenta con un tanque de almacenamiento de agua cruda. A la entrada de la planta se cuenta con un macro-medidor de agua cruda de 8" HF con su respectivo filtro antes del mismo para su protección y que permita el paso de partículas al mismo para su deterioro, a la salida se cuenta con un macro-medidor de 8" HF, las lecturas de los mismos se realiza al terminar el día 12:00 PM para así llevar un estricto control del agua a la entrada de la planta (cruda) como a la salida de los tanque de distribución (tratada). La planta cuenta con una capacidad máxima de operación de 60 l/s. El caudal promedio de funcionamiento es de 40 l/s en temporada normal y en temporada alta a su máxima capacidad de funcionamiento.

Imagen 6. PTAP Buenavista.



Fuente: Autores.

Imagen 7. Macro medidor.



Fuente: Autores.

4. OPTIMIZACIÓN

Para hacer la modelación del actual sistema de acueducto del municipio de Mesitas el Colegio, se realizó mediante el uso de hojas electrónicas (Excel) usadas en materias vistas en la carrera y asimismo del programa AYA, programa que es usado como complemento en el libro de Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados del Ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla.

El programa se usó para hacer la modelación de la bocatoma y todos sus componentes y para hacer la proyección de la población apoyado en las hojas de Excel formuladas por los autores de la tesis. De igual forma se realizaron planos de las estructuras en AutoCAD, con el fin de presentar de un modo más práctico la modelación y optimización de cada uno de las estructuras evaluadas y que conforman el sistema de acueducto a estudiar.

4.1 BOCATOMA

Para la optimización de la bocatoma de fondo del sistema de acueducto se recurrió al uso de hojas electrónicas (Excel) y del programa antes mencionado (AYA), con la aplicación de estas dos herramientas se pudo generar una estructura hidráulicamente óptima, a continuación se mostraran los resultados obtenidos.

4.1.1 Optimización de la bocatoma en Excel.

Tabla 6. Datos de entrada para la optimización.

Q Min (m ³ /s)	0,127
Q Max (m ³ /s)	1,271
Q diseño (m ³ /s)	0,023
L (m)	4
Separación (m)	0,05
Diámetro varilla (m)	0,0127

Fuente: Autores.

Tabla 7. Datos para los caudales de diseño, mínimo y máximo.

Q diseño (m ³ /s)	H (m)	A (m ²)	Vr (m/S)	Xs (m)	Xi (m)	Br (m)
0,023	0,0214	0,0855	0,269	0,217	0,126	0,317
0,127	0,0668	0,2671	0,475	0,347	0,215	0,447
1,271	0,3101	1,2404	1,025	0,673	0,490	0,773

Fuente: Autores.

Tabla 8. Velocidades para cada caudal.

Kv	Velocidades min, max y diseño		
	Diseño	Minima	Maxima
0,4	0,108	0,190	0,410

Fuente: Autores.

Tabla 9. Ancho de la estructura.

Ancho estructura (B)	
Bm (m)	0,15
Br (m)	0,32
B (m)	0,62

Fuente: Autores.

Tabla 10. Longitud de la rejilla para la bocatoma.

Longitud rejilla	
A neta(m ²)	0,134369
N	18,00
Lr(m)	1,12

Fuente: Autores.

Tabla 11. Corrección del área neta.

Area neta	
An corregida	0,285

Fuente: Autores.

Tabla 12. Datos finales y caudal captado.

	Vel corregidas	A neta	Q captado
	(m/s)	(m ²)	(m ³ /s)
Minima	0,108	0,28500	0,0488
Maxima	0,190	0,28500	0,1051
Diseño	0,410	0,28500	0,0276

Fuente: Autores.

4.1.2 Optimización mediante el Programa AYA.

Imagen 8. Diseño de la presa.

Diseño de la Presa	
Ancho de la garganta =	4,00  m
Lámina de agua sobre la rejilla =	0,03 m
Velocidad sobre la rejilla =	0,30 m/s
Cumple requisito de velocidad: (> 0.3 m/s y < 3,0 m/s)	SI

Fuente: Programa AYA.

Imagen 9. Diseño de la rejilla.

Diseño de la Rejilla	
Sobrecancho de la rejilla =	0,10 m
Diámetro de los barrotes =	1/2 plg.
Separación entre barrotes =	5 cm
Velocidad entre barrotes =	0,11 m/s
Alcance filo superior del chorro = 0,24 m	
Alcance filo inferior del chorro = 0,14 m	
Ancho de la rejilla = 0,34 m	
Longitud de la rejilla =	1,20 m
Area neta de la rejilla =	0,32 m ²
Número de orificios =	19,17

Fuente: Programa AYA.

4.2 CANAL DE ADUCCIÓN

Al igual que en la bocatoma de fondo, para realizar la modelación y optimización del mismo se tomó como material de apoyo las hojas electrónicas (Excel) y de igual modo del programa AYA, a continuación se mostraran los resultados obtenidos en ambas herramientas.

4.2.1 Optimización del canal de aducción en Excel.

Tabla 13. Datos para el diseño (optimización).

S (%)	1%
Q diseño (m ³ /s)	0,023
n manning	0,013
B canal (m)	0,32
γ (N/m ³)	9810

Fuente: Autores.

Tabla 14. Datos para diferentes pendientes.

	Km	Yn	b	A	Rh	V	τ
So	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(-)	(m/s)	(Pa)
0,0001	0,030	0,246	0,492	0,121	0,123	0,190	0,121
0,0002	0,021	0,216	0,432	0,093	0,108	0,247	0,212
0,0003	0,017	0,200	0,400	0,080	0,100	0,287	0,294
0,0004	0,015	0,190	0,379	0,072	0,095	0,320	0,372
0,0005	0,013	0,182	0,364	0,066	0,091	0,348	0,446

Fuente: Autores.

4.2.2 Optimización con el Programa AYA.

Imagen 10. Diseño del canal de aducción.

Canal de Aducción

Pendiente = 1,00%

Longitud del canal = 1,50 m

Lámina de agua, aguas arriba = 0,15 m

Lámina de agua, aguas abajo = 0,10 m

Borde libre = 15,00% m

Altura del canal aguas arriba = 0,30 m

Altura del canal aguas abajo = 0,32 m

Velocidad a la entrega = 0,98 m/s

Cumple requisito de velocidad:
(> 0.3 m/s y < 3.0 m/s) SI

Fuente: Programa AYA.

Imagen 11. Cámara de recolección.

Cámara de Recolección

Espesor del muro = 0,30 m

Sobrancho de la cámara = 0,30 m

Alcance filo superior del chorro = 0,51 m

Ancho de la cámara = 0,81 m

Borde libre de la garganta = 0,30 m

Altura de muros de contención = 0,61 m

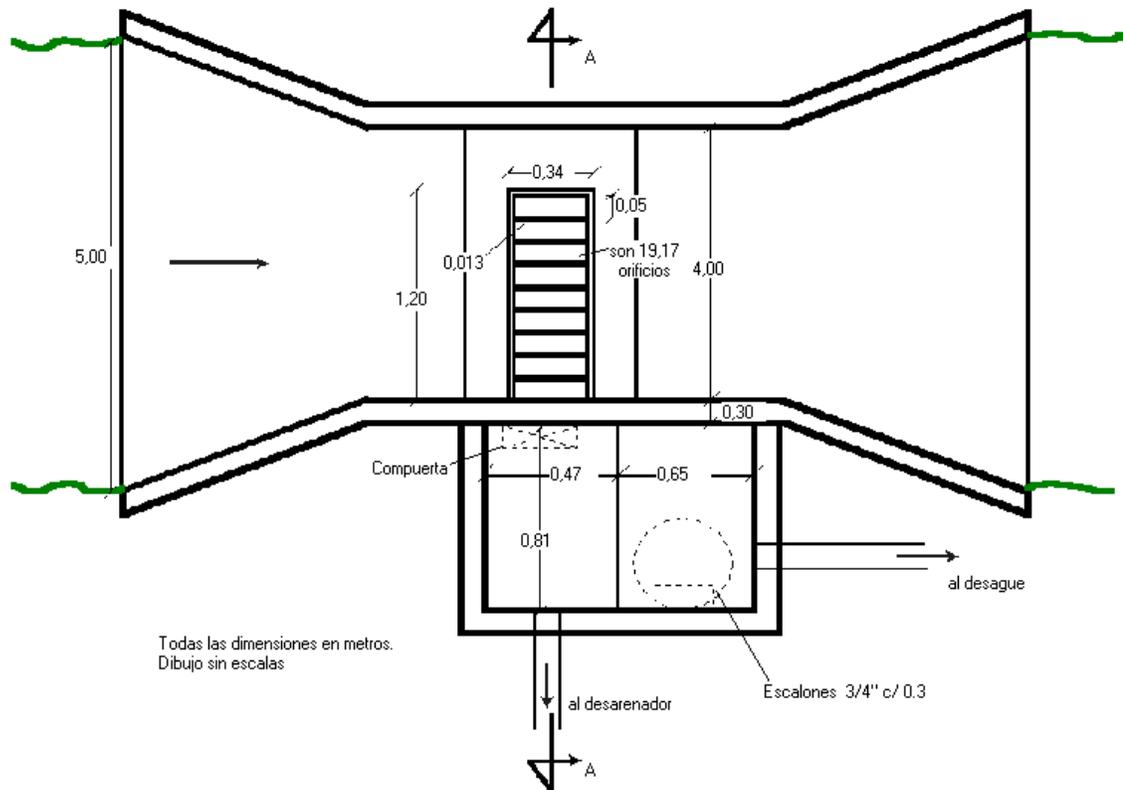
Fuente: Programa AYA.

Imagen 12. Diseño de la cámara de excesos.

Excesos	
Lámina de agua, caudal promedio =	0,21 m
Caudal captado =	59 L/s
Caudal de excesos =	27 L/s
Lámina agua sobre cresta del vertedero =	0,07 m
Velocidad sobre la cresta del vertedero =	0,48 m/s
Alcance filo superior del chorro excesos =	0,35 m
Ancho recolección caudal de excesos =	0,65 m
Largo total de la cámara de recolección =	1,13 m

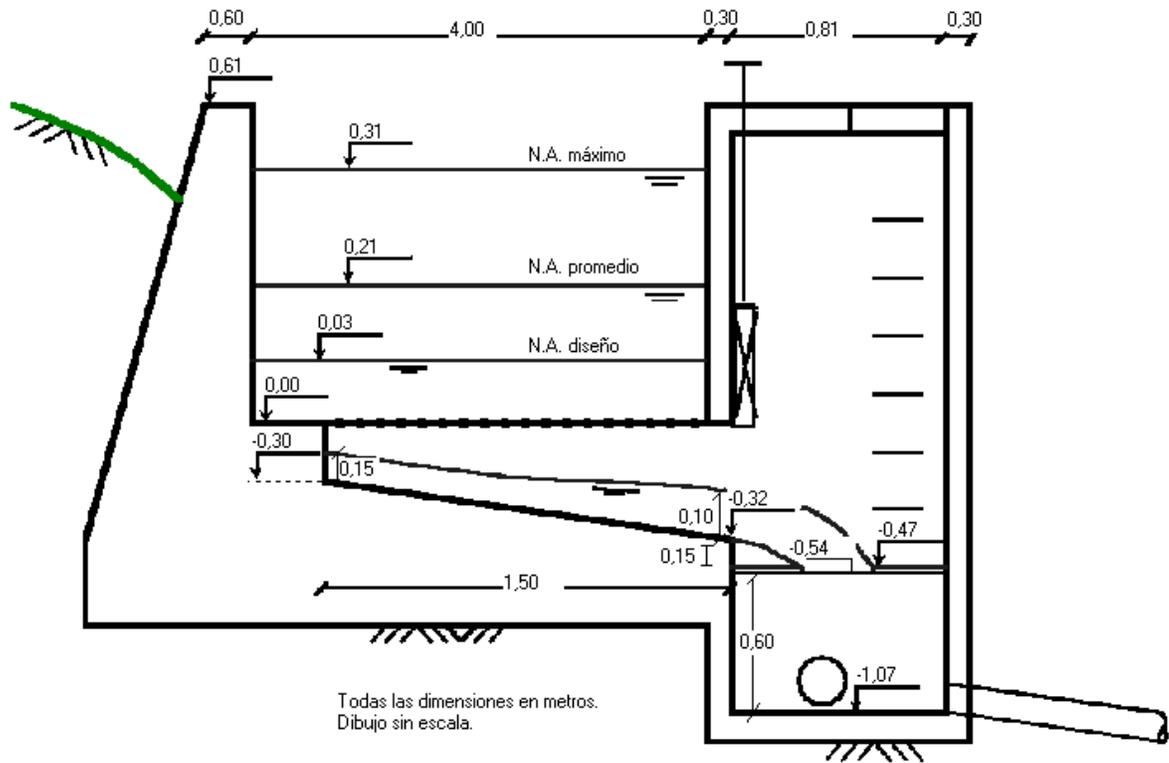
Fuente: Programa AYA.

Imagen 13. Plano de la estructura de la bocatoma.



Fuente: Programa AYA.

Imagen 14. Corte A-A (cámara de excesos, y de recolección).



Fuente: Programa AYA.

4.3 TANQUE DESARENADOR

Para el cálculo del desarenador se usaron hojas electrónicas (Excel) que fueron diseñadas y usadas durante el desarrollo de la carrera y siguiendo parámetros del título B de la norma RAS-2000; también se usó el programa AutoCAD con el fin de poder mostrar de una manera más explícita la optimización realizada para el sistema de acueducto del municipio, a continuación se mostraran los datos obtenidos y los planos del tanque desarenador.

Tabla 15. Datos para la optimización del tanque desarenador.

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia	
CALCULO DE CAUDALES	
VELOCIDAD DE SEDIMENTOS DE LA PARTICULA	
$V_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2 = K d^2 \quad (9.1)$	
en donde: V_s = velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s) g = aceleración de la gravedad (981 cm/s ²) ρ_s = peso específico de la partícula arenas = 2,65 ρ = peso específico del fluido agua = 1,00 μ = viscosidad cinemática del fluido (cm ² /s) (tabla 9.2)	
Gravedad [cm/s ²]	981
Peso específico de la partícula arena	2,65
Peso específico del fluido agua	1
Viscosidad cinemática [cm ² /s]	0,01053
Diámetro de partícula de Arena [cm]	0,005
V_s	0,21 cm/s

Fuente: Autores.

Tabla 16. Grado de remoción (%) y numero Hazen.

Grado de Desarenador (n)	1
Remoción (Z)	75
⊙ - tiempo de retención hidráulica	
Teniendo en cuenta los datos anteriores, el ⊙/t	3
⊙ - tiempo de retención de la partícula	
Tabla 9.3 Número de Hazen (V_r/V_s)	
Remoción (%)	
Condiciones	87,5 80 75 70 65 60 55 50
n = 1	7,00 4,00 3,00 2,30 1,80 1,50 1,30 1,00
n = 3	2,75 1,66 1,20 0,90 0,75 0,60 0,50
n = 4	2,37 1,52 1,10 0,85 0,70 0,55 0,45
Máximo teórico	0,88 0,75 0,60 0,50
En el RAS la altura del desarenador, debe estar comprendida entre 0.75 m y 1.5 m, en el Numeral 4.6.4.	
$t = \frac{H}{V_s}$	
H - Altura del Desarenador (Asumida)	160 1,6
V_s - Velocidad Sedimento	0,21
t - Tiempo Desplazamiento de la partícula	753,63 Seg

Fuente: Autores.

Tabla 17. Dimensiones del tanque desarenador.

CALCULO DE CAUDALES				
PERIODO DE RETENCIÓN HIDRAULICA				
⊙	0,63	Horas	Este valor debe estar comprendido entre 0,5 y 4 Horas	
⊙	2261,08	Seg	$\theta = 3,0 \times 1$	
VOLUMEN DEL TANQUE				
Volumen (m ³)	52,00	m ³	$V = \theta \times Q$	
Q - Caudal	0,02	m ³ /s		
AREA SUPERFICIAL DEL TANQUE				
A _s	32,50	$A_s = \frac{V}{H}$		
DIMENSIONES DEL TANQUE				
B	2,85	$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$		
L	14,25	m	relacion 5:1	

Fuente: Autores.

Tabla 18. Diámetro, velocidad de la partícula crítica a remover.

CARGA HIDRAULICA SUPERFICIAL				
q	0,001	m ³ /m ² *s	$q = \frac{Q}{A_s}$	
q	61	m ³ /m ² *d		
COMPROBACIÓN DE DIAMETRO DE LA PARTICULA				
V _o	0,070762512	cm/s	$V_o = q$	
d _o	0,003	cm	$d_o = \sqrt{\frac{V_o \times 18 \times \mu}{g \times (\rho_s - \rho)}}$	
d _o	0,03	mm		
VELOCIDAD HORIZONTAL				
V _h	0,01	m/s	$V_h = \frac{Q}{W} = \frac{v_o L}{H}$	

Fuente: Autores.

Tabla 19. Diseño de las estructuras principales del desarenador.

VELOCIDAD HORIZONTAL MAXIMA			
V_{h max}	4,25	cm/s	$V_{h \text{ máx}} = 20 V_s$
CALCULOS DE ELEMENTOS DEL DESARENADOR			
Vertedero de Salida			
H_v	0,030	m	$H_v = \left(\frac{Q}{1,84B} \right)^{\frac{2}{3}}$
Velocidad en el Vertedero			
V_v	0,27	m/s	$V_v = \frac{Q}{B H_v}$

Fuente: Autores.

Tabla 20. Dimensiones de las pantallas del tanque desarenador.

FILO SUPERIOR			
X_s	0,23		$X_s = 0,36(V_v)^{\frac{2}{3}} + 0,60(H_v)^{\frac{5}{7}}$
PANTALLA DE SALIDA			
Profundidad		H/2	0,8
Distancia al vertero de salida		15H _v	0,450000
PANTALLA DE ENTRADA			
Profundidad		H/2	0,8
Distancia a la cámara de aquietamiento		L/4	3,56

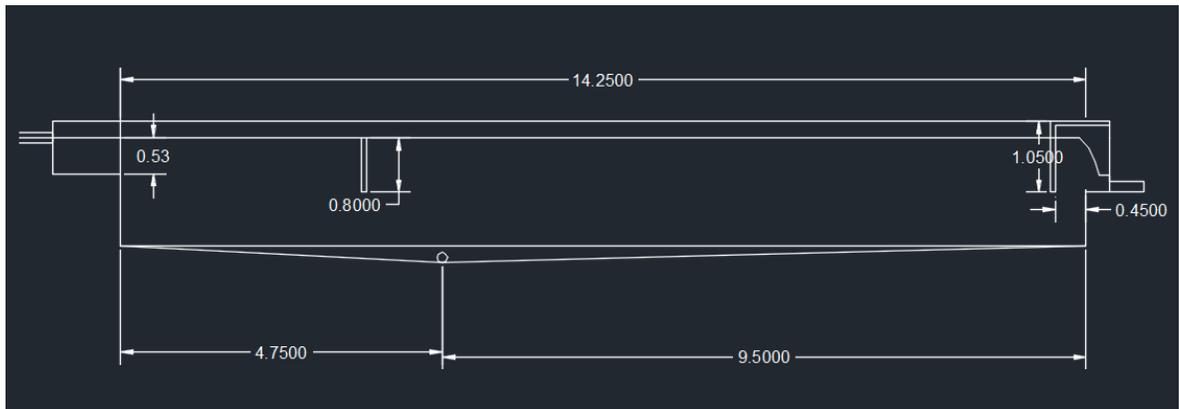
Fuente: Autores.

Tabla 21. Zona de lodos del tanque desarenador.

ALMACENAMIENTO DE LODOS			
Profundidad máxima			0,24
puerto de salida a la			4,75
Distancia puerto de salida al vertederos de salida			9,50
Pendiente transversal			8,4%
Pendiente longitudinal			5%
CAMARA DE AQUIETAMIENTO			
Profundidad,	H/3		0,53
Ancho	B/3		0,95
largo			1

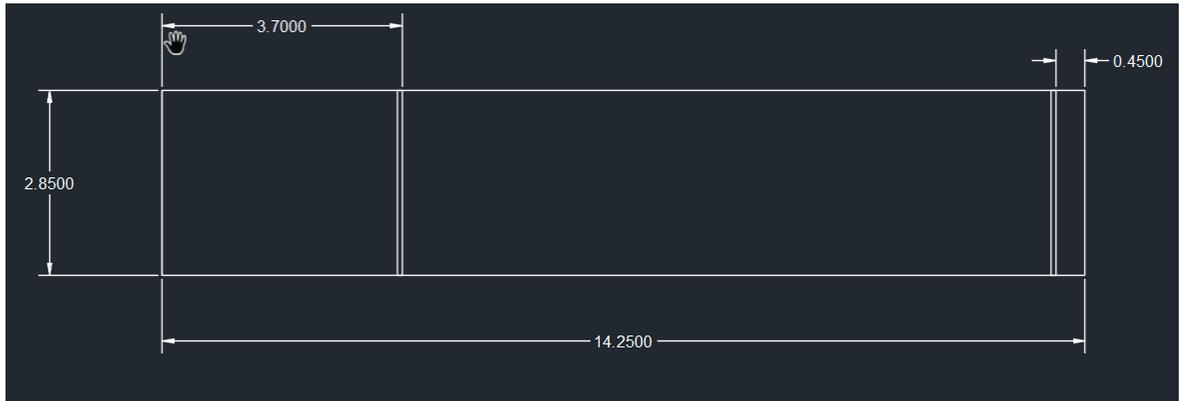
Fuente: Autores.

Imagen 15. Plano de la estructura desarenador corte longitudinal.



Fuente: autores

Imagen 16. Plano de la estructura desarenador en planta.



Fuente: autores

4.4 RED MATRIZ

Para la modelación y optimización de la red no fue posible realizarla, esto se debe a que no se contaba con la información pertinente para la generación de una red matriz óptima en comparación a la red con la que cuenta actualmente el municipio de Mesitas El Colegio.

4.5 POBLACION

Para realizar la modelación de la población como se mostró en 2.1 CENSOS con los datos obtenidos del DANE y con ayuda de Excel, en este apartado se hizo la modelación de la población objetivo del estudio de este proyecto en el programa AYA, el mismo que se usó para realizar la optimización de la bocatoma de fondo y de otras estructuras que conforman el sistema de acueducto.

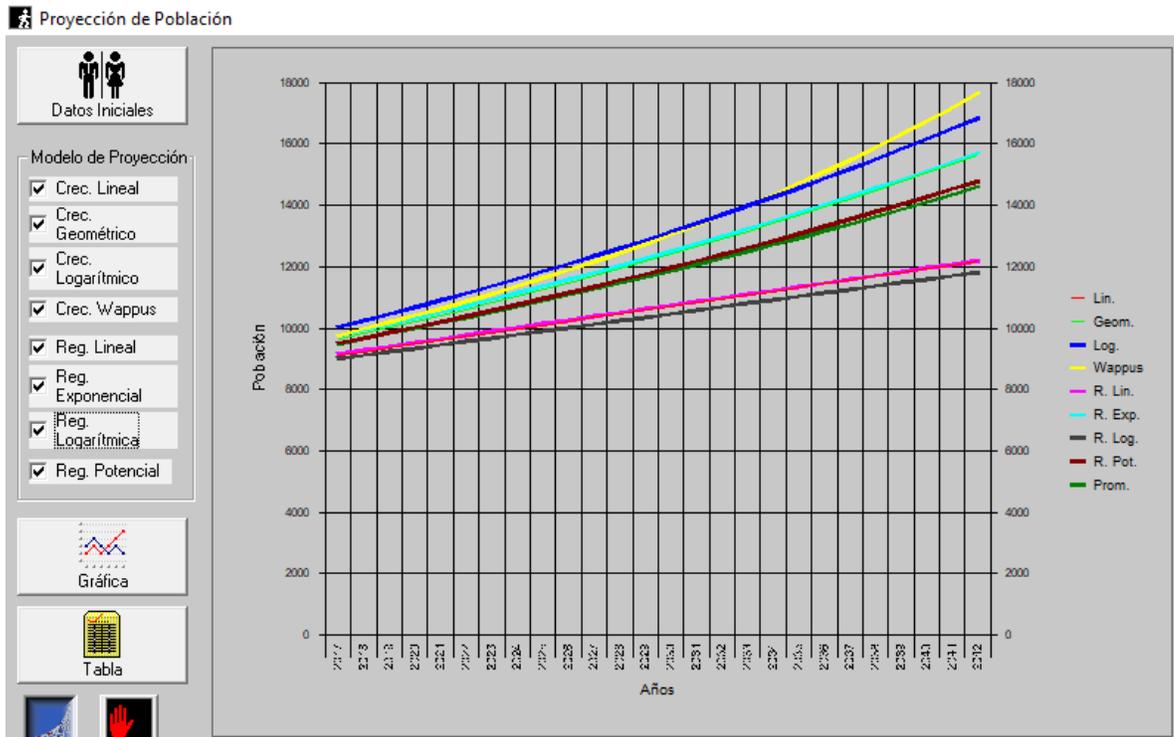
Imagen 17. Población en el programa AYA.

Proyección de Población

Año	Lineal	Geométrico	Logarítmico	Wappus	Reg. Lineal	Reg. Expon.	Reg. Logar.	Reg. Poten.
2017	9,110	9,639	10,039	9,763	9,164	9,755	8,999	9,505
2018	9,233	9,828	10,248	9,972	9,286	9,942	9,112	9,676
2019	9,356	10,021	10,462	10,188	9,407	10,134	9,225	9,849
2020	9,479	10,217	10,681	10,409	9,528	10,328	9,338	10,026
2021	9,602	10,417	10,904	10,637	9,649	10,527	9,451	10,205
2022	9,724	10,622	11,132	10,872	9,771	10,729	9,564	10,388
2023	9,847	10,830	11,365	11,114	9,892	10,936	9,677	10,574
2024	9,970	11,042	11,602	11,364	10,013	11,146	9,790	10,763
2025	10,093	11,259	11,845	11,621	10,135	11,360	9,903	10,956
2026	10,216	11,479	12,092	11,886	10,256	11,579	10,016	11,151
2027	10,339	11,704	12,345	12,160	10,377	11,801	10,129	11,351
2028	10,462	11,934	12,603	12,443	10,499	12,028	10,241	11,553
2029	10,584	12,168	12,866	12,735	10,620	12,259	10,354	11,759
2030	10,707	12,406	13,135	13,037	10,741	12,495	10,467	11,969
2031	10,830	12,649	13,410	13,350	10,863	12,735	10,579	12,182
2032	10,953	12,897	13,690	13,673	10,984	12,980	10,691	12,399
2033	11,076	13,150	13,976	14,008	11,105	13,230	10,804	12,620
2034	11,199	13,408	14,268	14,355	11,226	13,484	10,916	12,845
2035	11,322	13,671	14,566	14,714	11,348	13,743	11,029	13,073
2036	11,444	13,939	14,871	15,087	11,469	14,007	11,141	13,306
2037	11,567	14,212	15,181	15,475	11,590	14,277	11,253	13,542
2038	11,690	14,491	15,499	15,877	11,712	14,551	11,365	13,783
2039	11,813	14,775	15,823	16,296	11,833	14,831	11,477	14,028
2040	11,936	15,064	16,153	16,731	11,954	15,116	11,589	14,276
2041	12,059	15,360	16,491	17,185	12,076	15,407	11,701	14,530
2042	12,181	15,661	16,835	17,657	12,197	15,703	11,813	14,787

Fuente: Programa AYA.

Imagen 18. Curvas de la población según los diferentes modelos de proyección.



Fuente: Programa AYA.

5. RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Las recomendaciones que a continuación se van a realizar en pro de mejorar las estructuras que conforman el sistema de acueducto y con ello poder satisfacer la necesidad de agua potable para el municipio sin interrupciones especialmente en épocas donde la temperatura sea elevada respecto a la temperatura promedio de Mesitas El Colegio.

La generación de dichas recomendaciones se expondrá de una manera más global con el fin cada una de poder establecer si es recomendable realizar la mejora de los componentes.

5.1 BOCATOMA

Para la estructura principal de la bocatoma de fondo durante la optimización de la misma se evidencio que la estructura está sobredimensionada, en las dimensiones proporcionadas por parte de la empresa EMPUCOL E.S.P., se evidencia que la bocatoma de fondo cuenta con dimensiones muy grandes teniendo en cuenta el caudal captado y los caudales mínimos y máximos obtenidos de la página de la CAR para la fuente de abastecimiento.

Realizando la comparación de las medidas que tiene actualmente que es de 0.35m X 1.75m y tomando de referencia las generadas mediante la optimización de la misma se obtuvieron dimensiones para una bocatoma de fondo de 0.32m X 1.12m, esto hidráulicamente representa menos caudal captado por lo tanto también la cámara de excesos tendrá menor área y dimensiones.

Cabe aclarar que en el ancho de la bocatoma que se obtuvo que fue de 0.32m y teniendo en cuenta la norma RAS-2000 en el título B se recomienda que si el ancho es inferior a 0.40m se tome como referencia el mínimo, por lo que las dimensiones de la bocatoma podrían ser de 0.40m X 1.12m; siendo aun así una estructura hidráulicamente óptima para la función que tiene dentro del funcionamiento del acueducto.

De igual forma se recomienda realizar la adecuación la presa de la bocatoma, ya que durante la visita realizada se evidencio la presencia de fallas y grietas en el concreto de la presa, implicando una reducción de tiempo en el periodo de diseño de la estructura.

5.2 CANAL DE ADUCCIÓN

Para toda la estructura de lo que hace parte del canal de aducción se logró generar estructuras con dimensiones óptimas en comparación de las que tiene el canal de aducción actualmente, estas mejoras se lograron en la cámara de recolección, canal de aducción y de la cámara de excesos.

Para el canal de aducción se disminuyó su longitud y ancho del mismo, condiciones hidráulicamente óptimas para la estructura, y la velocidad que se desarrolla en el canal cumple con los requisitos, este es que no debe sobrepasar los 3 m/s.

La estructura de la cámara de recolección se pudo generar una estructura totalmente nueva, las dimensiones que se obtuvieron en el programa AYA mostro que el ancho de la cámara no era lo suficientemente grande para la fluctuación de los caudales presentes en la Quebrada Santa Marta.

También el programa AYA genero espesores que debe tener la cámara de recolección, esta información no fue proporcionada por EMPUCOL, por lo que se asumió de acuerdo a las dimensiones que tiene actualmente que no tiene espesores, infiriendo así que era simplemente conformada por la cámara de recolección el ancho total de la estructura.

En cuanto a la cámara de excesos que es la que se encarga de regresar a la fuente caudales de excesos cuando se es captada el agua, se puede notar que la

dimensión del largo de esta es mucho menor, es decir, que se estaba captando mucho más caudal de lo requerido, esto se evidencio en las dimensiones que tenía la bocatoma de fondo.

Para el ancho de la cámara se logró ampliar la estructura, esto se debe que se pudo reducir el largo de la misma en comparación con los datos que fueron suministrados por EMPUCOL lo que implica la estructura está trabajando bajo condiciones óptimas teniendo en cuenta la demanda que tiene el municipio. Para tener una idea más ver la y contraponerlos con la información del capítulo 3.3 ADUCCION.

También se recomienda cambiar la tubería de conducción del canal de aducción hasta el tanque desarenador ya que tiene el mismo problema de la línea de conducción del tanque desarenador hasta el tanque de almacenamiento de la PTAR Buena Vista, este problema es el material que en asbesto-cemento, adicionalmente a esto en la información de la empresa que se encarga del sistema de acueducto del municipio de Mesitas El Colegio mencionan que esta tubería esta perforada en casi su totalidad.

5.3 TANQUE DESARENADOR

Al realizar la modelación y optimización de la estructura principal del tanque desarenador se evidencio que las dimensiones de la estructura existente son relativamente pequeñas para poder retener las arenas y evitar que ingresen a la línea de aducción que conduce al tanque de almacenamiento que se encuentra en la PTAP de Buena Vista. Asimismo se encontró que la relación largo: ancho es muy alta, esta oscila aproximadamente 6.35: 1, por esto es recomendable ajustar las dimensiones del tanque a lo establecido en la norma RAS-2000 en la que se recomienda un valor máximo de esta relación de 5: 1.

Por otra parte la estructura del lavado de lodos se encuentra fuera de servicio por lo que la altura de la tolva de lodos es muy pequeña para poder cumplir satisfactoriamente la tarea de almacenarlos sin que estos vuelvan a resuspenderse. Para el correcto funcionamiento de la tolva de lodos es necesario la reparación de la válvula que controla la tubería de lodos.

También se recomienda la disminución de las pendientes tanto a la entrada como a la salida, las pendientes que se obtuvieron en el proceso de optimización fueron de 5% y del 8.4% respectivamente, lo cual representa una disminución aproximadamente del 55% a la entrada y del 16% a la salida.

Adicional a lo anteriormente mencionado, se recomienda de igual manera realizar el cambio de la tubería de conducción desde la captación hasta la cámara el conjunto de tres cámaras que anteceden la entrada al desarenador ya que esta es

hecha en asbesto-cemento, material que por temas de salud está prohibido su uso, el material que se recomienda usar es en PVC siendo este un material que cumple a cabalidad las condiciones hidráulicas de la estructura.

5.4 RED MATRIZ

Teniendo en cuenta el capítulo 4.4 RED MATRIZ , para la optimización y verificación de la red matriz de distribución del sistema de acueducto no fue posible realizarla, esto se debe a que no se contaba con la información requerida para realizar la respectiva modelación y optimización de esta red en el programa WaterCAD o en Epanet.

Por lo tanto este ítem no se pudo realizar su respectiva optimización por que no se contaba con el limitante de la información de la red matriz de distribución del acueducto del municipio.

Por lo tanto esta falta de información para poder realizar la modelación y una posible optimización de la red matriz fue uno de los límites que no se contemplaron dentro de los alcances y limitaciones para el desarrollo de la optimización de las estructuras del sistema de acueducto del municipio.

6. CONCLUSIONES

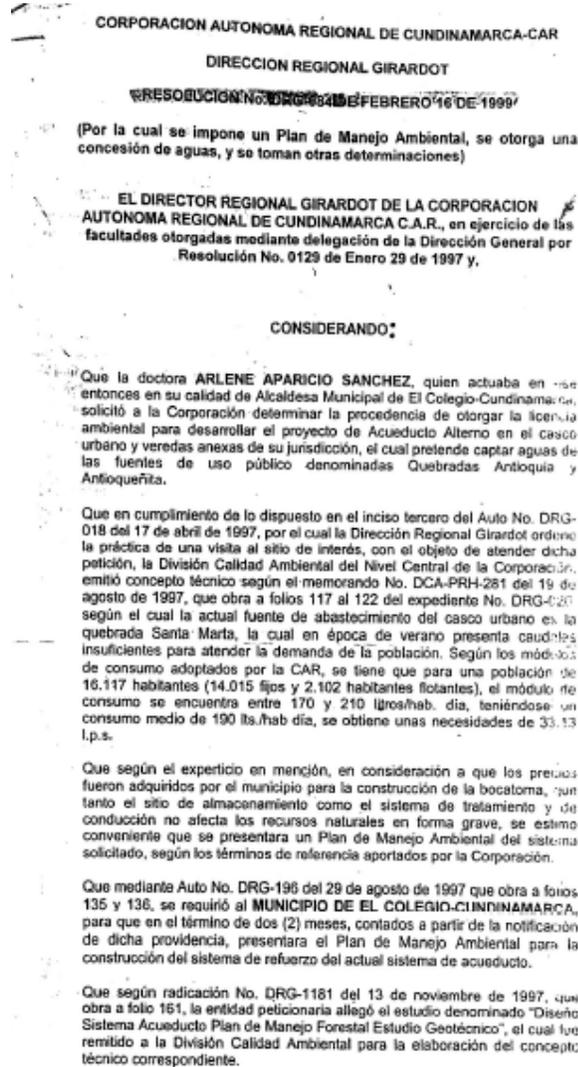
- Teniendo en cuenta los datos obtenidos mediante el diagnóstico de la bocatoma de fondo y de las demás estructuras que conforman el sistema de acueducto del municipio se observó que la gran parte de estas se encuentran en condiciones de deterioro, por lo que se recomienda realizar una adecuación de estas con el fin de poder brindar un mejor servicio a la comunidad, quienes son los que se ven damnificados directamente.
- De acuerdo a los datos obtenidos en la optimización de la bocatoma de fondo del acueducto, se evidencio que actualmente se encuentra sobredimensionada, con los resultados obtenidos se tendrá una estructura que pueda ser capaz de soportar las condiciones actuales del consumo de la población; además de esto se podrían reducir costos de mantenimiento de la misma, debido a que se redujeron circunstancialmente las dimensiones de la bocatoma.
- Partiendo del estudio para la optimización del tanque desarenador, se puede decir que actualmente el desarenador no se encuentra en óptimas condiciones para realizar el tratamiento preliminar del agua captada de la Quebrada Santa Marta. A demás de esto la tolva de lodos que tiene en tanque desarenador cuenta con una altura efectiva mínima teniendo en cuenta la capacidad del mismo.

De igual manera se concluye que el tanque desarenador ya no se encuentra en condiciones para realizar el proceso de tratamiento del agua cruda, por lo que se recomienda la construcción de otro tanque desarenador para que pueda suplir la función que tiene el desarenador actual en el sistema de acueducto del municipio.

7. ANEXOS.

7.1 CONCESION DE AGUAS (CAR)

Imagen 19. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.



Fuente: EMPUCOL E.S.P

Imagen 20. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA-CAR
 DIRECCION REGIONAL GIRARDOT
 RESOLUCION No. DRG-084 DE FEBRERO 16 DE 1999
 (Por la cual se impone un Plan de Manejo Ambiental, se otorga una
 concesión de aguas, y se toman otras determinaciones)

EL DIRECTOR REGIONAL GIRARDOT DE LA CORPORACION
 AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA C.A.R., en ejercicio de las
 facultades otorgadas mediante delegación de la Dirección General por
 Resolución No. 0129 de Enero 29 de 1997 y,

FUENTE HIDRICA	PORCENTAJE OTORGADO	CAUDAL PARA EFECTOS FISCALES
Quebrada Antioqueñita	38.6 % del caudal que discurre en cualquier época del año	13.50 l.p.s.
Quebrada Antioquia	33.3 % del caudal que discurre en cualquier época del año	9.00 l.p.s.

PARAGRAFO PRIMERO.- Esta concesión queda condicionada para el uso del agua de las fuentes en mención, solo si su uso para consumo humano y doméstico se hace como mínimo a través de Tratamiento Convencional.

PARAGRAFO SEGUNDO.- Si el concesionario considera que el tratamiento mínimo convencional de las fuentes es excesivo, deben presentar los análisis de caracterización de las aguas completos, en los términos establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o el Decreto 475 de 1988, lo cual implica en el primer caso, la relación de vertimientos hechos en el tramo de interés y la caracterización representativa de la fuente de agua.

ARTÍCULO DECIMO PRIMERO.- Para captar el caudal otorgado, el beneficiario debe presentar previamente a la Corporación con destino al Expediente DRG-020 los diseños, planos y memorias técnicas de las obras de captación que garanticen la derivación del caudal otorgado, los cuales deben ser elaborados por un Ingeniero o firma de Ingenieros debidamente inscritos en la Corporación.

ARTÍCULO DECIMO SEGUNDO.- Para la presentación de los planos y memorias técnicas, se concede un plazo de sesenta (60) días, contados a partir de la ejecutoria de la presente providencia.

ARTÍCULO DECIMO TERCERO.- A partir de la ejecutoria de la providencia que los apruebe, el concesionario gozará de otro plazo de dos (2) meses para que construya las respectivas obras e informe de ello por escrito a la CAR, a fin de recibirlas.

ARTÍCULO DECIMO CUARTO.- Ejecutadas las obras conforme a los planos previamente aprobados por la Corporación, ésta impartirá su aprobación y solo hasta entonces podrá hacer uso de la concesión otorgada mediante la presente resolución.

ARTÍCULO DECIMO QUINTO.- La utilización de las aguas dadas en concesión dará lugar al cobro de una tasa retributiva, cuyo recaudo será

Fuente: EMPUCOL E.S.P

Imagen 21. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA-C.A.R.

DIRECCION REGIONAL GIRARDOT

RESOLUCION No. DRG-084 DE FEBRERO 16 DE 1999

(Por la cual se impone un Plan de Manejo Ambiental, se otorga una concesión de aguas, y se toman otras determinaciones)

EL DIRECTOR REGIONAL GIRARDOT DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA C.A.R., en ejercicio de las facultades otorgadas mediante delegación de la Dirección General por Resolución No. 0129 de Enero 29 de 1997 y,

Que la dependencia mencionada emitió concepto a través del memorando No. DCA-GRH-402 del 2 de diciembre de 1997, que obra a folios 167 al 172, según el cual el sistema de acueducto del municipio de Mesitas del Colegio, presenta graves deficiencias que deben ser subsanadas en el menor tiempo posible, acorde con la ley 373 de 1997, en el reuso y aprovechamiento del recurso hídrico, y para tal efecto la Alcaldía Municipal debe llevar a cabo estudios complementarios con el fin de sectorizar las redes de distribución dentro de un plan maestro de acueducto. En razón a las cuantiosas pérdidas, se deberá llevar un plan conducente a reducirlas hasta valores aceptables, incluyendo la instalación de medidores y seguimiento en los consumos discriminados según su uso. La derivación de las aguas de la quebrada Santa Marta se efectúa de manera incontrolada e inclusive el estudio no establece el caudal derivado de la misma, pero que de acuerdo con los datos incluidos en el estudio permiten establecer que se deriva un caudal de 23 l.p.s. Como medida complementaria y con el objeto de preservar las fuentes hídricas dicho municipio debe proyectar, construir y poner en operación una o varias plantas de tratamiento de las aguas residuales generadas dentro de su municipio y específicamente dentro del área de servicios.

Que teniendo en cuenta una proyección de la población entre 1996 y el año 2013, con base en el método geométrico de tasa decreciente, se obtiene al final del periodo una población de 16.087 habitantes y asumiendo como lo establece el estudio una población flotante del 15 % se obtiene como caudal total requerido de 38.60 l.p.s., que teniendo en cuenta unas pérdidas del 18 % da 45.54 l.p.s.

Que en consecuencia se tiene lo siguiente:

NECESIDADES TOTALES	45.54 l.p.s.
Derivación quebrada Santa Marta	23.00 l.p.s.
Caudal requerido ampliación	22.50 l.p.s.
Quebrada Antioqueñita (60%)	13.50 l.p.s.
Quebrada Antioquia (40%)	9.00 l.p.s.

Que según los datos consignados dentro del expediente, se menciona que la quebrada Antioqueñita dispone de un caudal de 35 l.p.s. como caudal medio y la quebrada Antioquia de 27 l.p.s., se observa que las fuentes disponen de caudal aceptable para abastecer las necesidades futuras del municipio. Con el fin de evitar posibles conflictos con las comunidades, es deseable otorgar las concesiones de manera porcentual con lo cual se benefician las partes, en la medida que dispongan de tanques de reserva, de la siguiente forma:

Fuente: EMPUCOL E.S.P

Imagen 22. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA-C.A.

DIRECCION REGIONAL GIRARDOT

RESOLUCION No. DRG-084 DE FEBRERO 16 DE 1999

(Por la cual se impone un Plan de Manejo Ambiental, se otorga una concesión de aguas, y se toman otras determinaciones)

EL DIRECTOR REGIONAL GIRARDOT DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA C.A.R., en ejercicio de las facultades otorgadas mediante delegación de la Dirección General por Resolución No. 0129 de Enero 29 de 1997 y,

destinado para los fines contemplados en los artículos 42 y 43 de la Ley 99 de 1993.

Una vez se reglamenten las disposiciones antes citadas el beneficiario de la concesión deberá proceder a cancelar a favor de la CAR los valores que se fijan.

ARTÍCULO DECIMO SEXTO.- El término de la concesión que se otorga es de quince (15) años, contados desde la ejecutoria de la presente providencia, término que podrá ser prorrogado a petición del concesionario dentro del último año de vigencia, salvo razones de conveniencia pública.

ARTÍCULO DECIMO SEPTIMO.- La Corporación se reserva el derecho de revisar esta concesión de oficio o a petición de parte, por motivo de utilidad pública o interés social, cuando las circunstancias que se tuvieron en cuenta para otorgarla hayan variado o cuando considere conveniente reglamentar la derivación de las aguas para una misma comente o derivación.

ARTÍCULO DECIMO -OCTAVO.- Para resolver las controversias que se susciten con motivo de la constitución o ejercicio de servidumbres en interés público, la Corporación podrá proceder a imponerlas, de conformidad con lo establecido en los artículos 125 y s.s. del Decreto 1541 de 1978.

ARTÍCULO DÉCIMO NOVENO.- El concesionario queda sujeto al cumplimiento de las disposiciones legales referentes al uso y goce de las aguas para su mejor aprovechamiento, salubridad e higiene públicas, ocupación de bienes de uso público y aquellas que sobre las mismas materias rijan en el futuro, no habiendo lugar a posterior reclamación por su parte.

ARTÍCULO VIGESIMO.- Las aguas de uso público no pueden transferirse por venta, donación o permuta, ni constituirse sobre ellas derechos personales o de otra naturaleza.

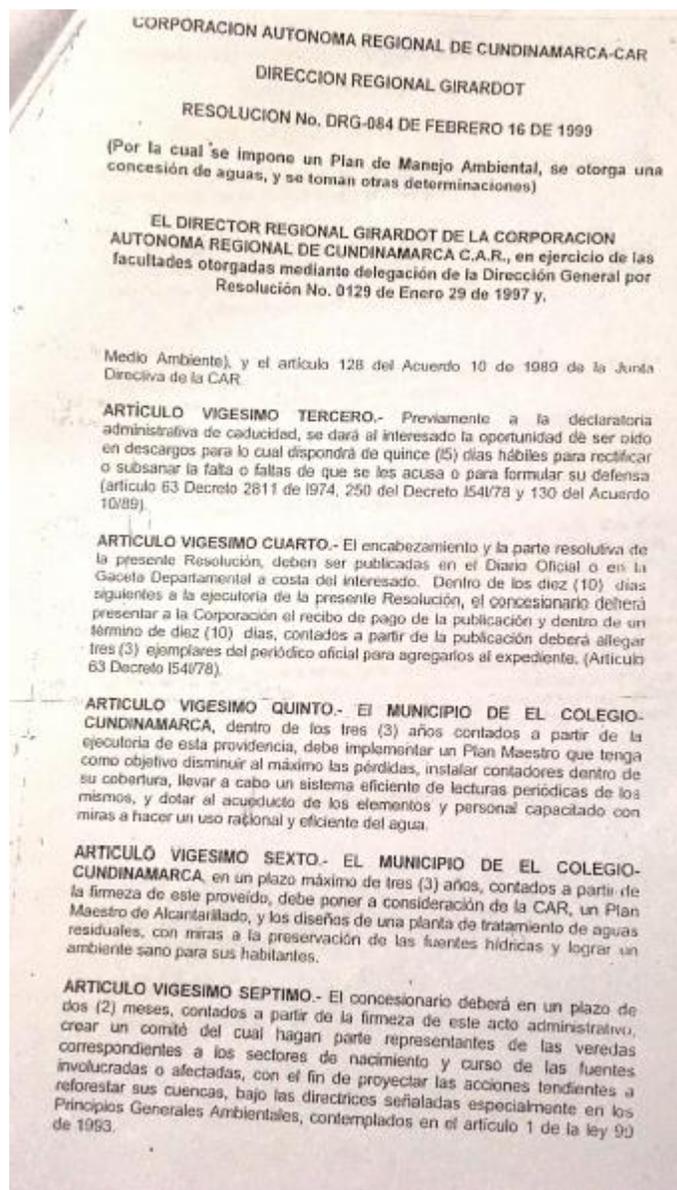
Para que el concesionario pueda traspasar total o parcialmente el permiso otorgado, se requiere autorización previa de la Corporación.

ARTÍCULO VIGESIMO PRIMERO.- El concesionario debe preservar la calidad de las aguas, cuidar y mantener la vegetación protectora de las mismas.

ARTÍCULO VIGESIMO SEGUNDO.- Serán causales de caducidad por la vía administrativa, además del incumplimiento de las condiciones de que trata la presente resolución, las contempladas en el artículo 62 del Decreto 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección al

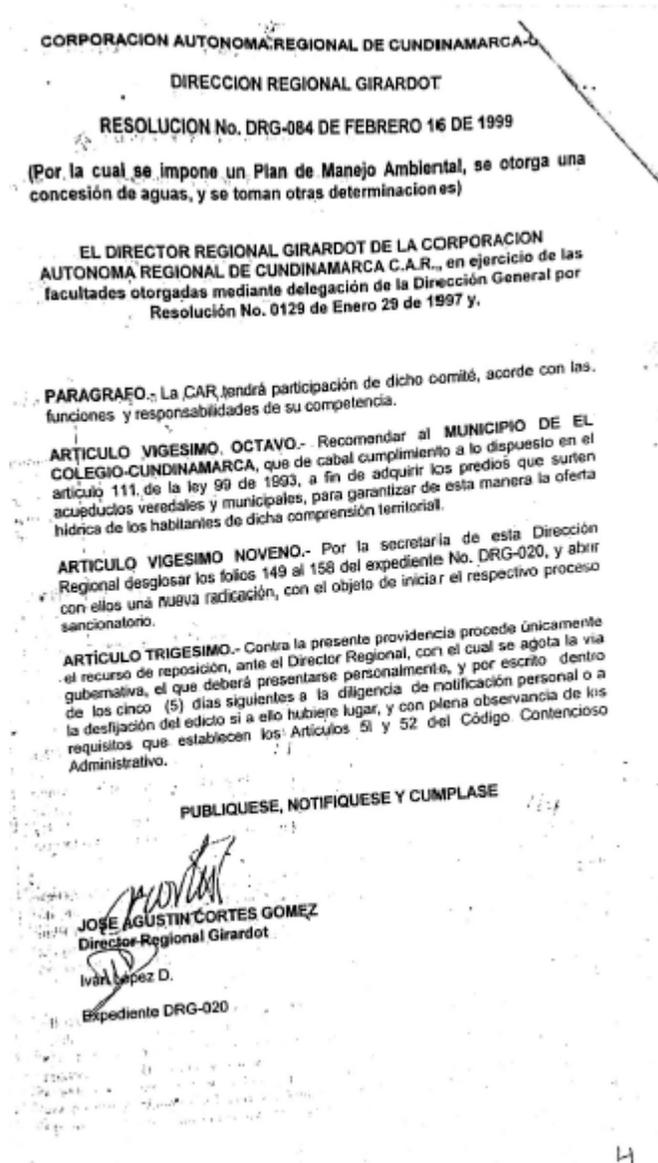
Fuente: EMPUCOL E.S.P

Imagen 23. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.



Fuente: EMPUCOL E.S.P

Imagen 24. Resolución No. DRG-084 De Febrero 16 de 1999.



Fuente: EMPUCOL E.S.P

8. BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA DEL COLEGIO-CUNDINAMARCA. (14 de Junio de 2017). Obtenido de:
http://www.elcolegio-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia. [En línea]

Barahona Martínez, A. M. (2010). ¿Qué es un acueducto? Obtenido de
https://cmsdata.iucn.org/downloads/3_4_fasciculo_3___gestion_organizativa.pdf.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de agua potable, Alcantarillado y saneamiento [en línea], [citado 30 Septiembre 2017], p. 12. Disponible en internet:
<<http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>>.

CORCHO ROMERO, Freddy y DUQUE SERNA, José Ignacio. Acueductos. Teoría y diseño. En: Obras de captación. Medellín. 2005. p. 45.

LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá. 2003. 2 ed. p. 140. ISBN 958-8060-36-2.

LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. En: Desarenador. Bogotá. 2003. 2 ed. p. 183. ISBN 958-8060-36-2.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-200. Bogotá D.C.: Título A, 2000. p. 177.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título A, 2000. p. 25.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 21.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 22.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 23.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 24.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 26.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título B, 2000. p. 29.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. P. 25.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p. 30.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p. 37.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p. 38.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p. 57.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p. 67.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p. 92.

Novak, P, et al. Estructuras Hidráulicas. En: Obras de desviación. 2 ed. McGraw-Hill, 2001. p. 334. ISBN 958-41-0189-7.

PÉREZ FARRÁS, Luis. (Agosto de 2005). Teoría de la sedimentación. Obtenido de:
http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teoria_sedimentacion.pdf.

SALDARRIAGA, Juan. Hidráulica de tubería abastecimiento de agua, redes y riegos. 3 ed. Bogotá D.C.: Alfaomega, 2016. p. 3. ISBN 978-958-682-971-7.