

**DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL ACUEDUCTO COMUNITARIO DE SAN  
FERNANDO DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS**

**DANIEL ALBERTO LERMA ARIAS  
(INVESTIGADOR PRINCIPAL)**

**LAURA CATALINA VELEZ ARCILA  
DANIEL MONTES BERMUDEZ  
ANDRES DAVID CEDEÑO LOPEZ  
ORLANDO NAVAZ MAECHA  
(AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN)**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
PEREIRA  
2014**

**DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL ACUEDUCTO COMUNITARIO DE SAN  
FERNANDO DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS**

**DANIEL ALBERTO LERMA ARIAS  
(INVESTIGADOR PRINCIPAL)**

**LAURA CATALINA VELEZ ARCILA  
DANIEL MONTES BERMUDEZ  
ANDRES DAVID CEDEÑO LOPEZ  
ORLANDO NAVAZ MAECHA  
(AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN)**

**Trabajo de Grado presentado para optar por el título de Ingenieros Civiles**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
PEREIRA  
2014**

*Este proyecto está dedicado especialmente a DIOS, porque nos ha dado el valor para afrontar cada adversidad y nos ha regalado la motivación en los momentos más difíciles; a nuestros padres porque con su ayuda ha sido posible cada uno de nuestros logros desde el más pequeño hasta este que es hoy nuestro mayor logro, y nuestra puerta de entrada a un camino largo en el cual los seguiremos necesitando y agradeciendo por sus esfuerzos.*

*Especialmente a nuestro director de trabajo de grado por su dedicación, disposición y acompañamiento, pero sobre todo porque a cada palabra le adiciona un poco de sí para que en cada paso de nuestras vidas seamos mejores*

## TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN .....	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
3 JUSTIFICACIÓN .....	6
4 OBJETIVOS .....	7
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	7
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
5 MARCO DE REFERENCIA .....	8
5.1 MARCO DE ANTECEDENTES .....	8
5.1.1 Cuenca hidrográfica .....	8
5.1.2 Estructura del sistema .....	13
5.1.3 Redes de distribución .....	16
5.2 MARCO CONCEPTUAL .....	17
5.2.1 Cuenca hidrográfica .....	17
5.2.2 Cálculo del caudal de la cuenca .....	24
5.2.3 Cálculo de la demanda.....	25
5.2.4 Estructura del sistema .....	27
5.2.5 Red de distribución.....	37
5.2.6 Calidad del agua.....	39
5.3 MARCO LEGAL .....	40
6. MARCO CONTEXTUAL .....	45
6.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS .....	45
6.2 RESEÑA GEOGRÁFICA .....	45
6.3 RESEÑA HISTÓRICA DE DOSQUEBRADAS.....	47
6.4 COMPONENTES HÍDRICOS .....	49
6.4.1 Hidrografía de Dosquebradas .....	49
6.5 ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	51
6.6 RESEÑA ECONÓMICA .....	52
6.7 REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO .....	53
7 METODOLOGIA .....	55
7.1 Primera fase:.....	55

7.2 Segunda fase: .....	55
7.3 Tercera fase: .....	55
7.3.1 Cuenca hidrográfica .....	56
7.3.2 Estructura del sistema .....	57
7.3.3 Desarenador .....	58
7.3.4 Red de distribución .....	59
8 RESULTADOS .....	61
8.1 Imprevistos .....	61
8.1.1 Concesión de aguas .....	61
8.2 Primera fase: .....	62
8.2.1 Relación de visitas realizadas .....	62
8.2.2 Información general del acueducto .....	63
8.3 Segunda fase: .....	63
8.4 Tercera fase: .....	65
8.4.1 Cuenca hidrográfica .....	65
8.4.2 Estructura del sistema .....	67
8.4.3 Red de distribución .....	76
9 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	79
9.1 Imprevistos .....	79
9.2 Primera fase: .....	79
9.3 Segunda fase: .....	79
9.4 Tercera fase: .....	79
9.4.1 Cuenca .....	79
9.4.2 Estructura del sistema .....	81
9.4.3 Red de distribución .....	87
10 CUADRO DE DISCUSIÓN .....	88
11 CONCLUSIONES .....	92
12 RECOMENDACIONES .....	94
BIBLIOGRAFÍA .....	95

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1 : Usos del suelo, Dosquebradas, 2008. ....	9
Figura 2: Esquema de cuenca.....	21
Figura 3: Esquema simple de bocatoma lateral, Bogotá, 2007. ....	28
Figura 4: Zonificación de un desarenador.....	29
Figura 5: Dimensionamiento de un desarenador. ....	33
Figura 6: Ubicación geográfica de Dosquebradas. Risaralda, 2010 .....	46
Figura 7: Escudo de Dosquebradas .....	48
Figura 8: Bandera de Dosquebradas .....	49
Figura 9: Bocatomas del Municipio de Dosquebradas. ....	52
Figura 10. Micro-cuencas del Municipio de Dosquebradas. ....	53
Figura 11: Bocatoma aguas arriba. Dosquebradas, 2014. ....	65
Figura 12: Cuenca Quebrada Los Molinos, Dosquebradas, 2014.....	66
Figura 13: Esquema visto en planta de la bocatoma del acueducto San Fernando, Dosquebradas, 2014.....	68
Figura 14: Bocatoma del acueducto, Dosquebradas, 2014.....	69
Figura 15: Entrada línea de aducción a desarenador, Dosquebradas, 2014.....	70
Figura 16: Desarenador visto en planta, Dosquebradas, 2014. ....	70
Figura 17: Esquema del desarenador visto en planta, Dosquebradas, 2014. ....	71
Figura 18: Esquema de lechos filtrantes visto en planta, Dosquebradas, 2014. ....	74
Figura 19: Tanque donde se almacena el cloro, Dosquebradas, 2014.....	75
Figura 20: Tanque de almacenamiento, Dosquebradas, 2014.....	76
Figura 21: Red de distribución acueducto San Fernando, Dosquebradas 2014.....	78
Figura 22: Comparación de caudales acueducto San Fernando, Dosquebradas, 2014. ..	81

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Red hídrica del municipio de Dosquebradas, Dosquebradas, 2013. ....	8
Tabla 2 : Usos del suelo de la cuenca del rio Otún.....	9
Tabla 3: Parámetros morfométricos de la quebrada.....	10
Tabla 4: Tamaño del Predio (T).....	11
Tabla 5: Uso del Suelo.....	11
Tabla 6: Orden de la Corriente .....	12
Tabla 7: Pendiente del Terreno .....	12
Tabla 8: Factores de ponderación .....	12
Tabla 9: Anchos de área forestal a demarcar según rango de calificación.....	13
Tabla 10: Ejemplo de evaluación de peligro y caracterización del riesgo en el sistema de abastecimiento de la comunidad de Alegrías.....	16
Tabla 11. Evaluación de la amenaza y caracterización del riesgo en el sistema de abastecimiento, Caldas, 2012 .....	19
Tabla 12: Evaluación de riesgos, amenazas y vulnerabilidad de eventos. Caldas, 2012 .	20
Tabla 13: Características físicas del agua. Pereira, 2007. ....	22
Tabla 14: Aspectos químicos del agua, Pereira, 2007. ....	23
Tabla 15: Dotación neta según la complejidad del sistema. 2002.....	25
Tabla 16: Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas. ....	26
Tabla 17: Diámetro de partículas.....	31
Tabla 18: Diámetro vs Velocidad.....	32
Tabla 19: Tiempo de cloración. Chile, 2007 .....	36
Tabla 20: Normas de calidad del agua potable, según el Decreto 475/98.....	39
Tabla 21. Decretos relacionados a los recursos hídricos, servicios públicos y tratamiento y calidad del agua .....	41
Tabla 22: Red Hídrica del Municipio de Dosquebradas. Dosquebradas, 2010.....	50
Tabla 23: Cronología actividades realizadas en visitas acueducto San Fernando, Dosquebradas, 2014.....	62
Tabla 24: Matriz de diseño metodológico de variables según componente del sistema. Dosquebradas, 2014.....	64
Tabla 25: Red de conducción, Dosquebradas, 2014. ....	77
Tabla 26: Cuadro de discusión, Dosquebradas, 2014. ....	88
Tabla 27 Matriz de análisis de riesgo, Dosquebradas, 2014. ....	89

## 1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de las civilizaciones el ser humano ha velado por buscar mecanismo que le permitan tener una mejor relación con el medio en que habita. Los acueductos son tan solo uno de tantos dispositivos y tecnologías humanas que han proporcionado al ser humano el contacto con el líquido vital, el agua. La optimización de los recursos naturales a través de obras como los acueductos, ha sido una constante desde tiempos remotos, y en la actualidad toman mayor relevancia cuando la crisis mundial del agua se plasma como una realidad latente y progresiva.

En el 2012 Colombia fue el tercer país más vulnerable del mundo en lo que respecta al cambio climático<sup>1</sup>, siendo semestralmente embestida por sequías, lluvias, inundaciones y otros fenómenos de riesgo ambiental. Esta situación invita a reflexionar en la forma cómo las comunidades se encuentran gestionando los recursos naturales, especialmente del agua por medio de acueductos comunitarios.

El presente proyecto se acerca a este propósito desde la Ingeniería Civil. A través de un amplio diagnóstico técnico, se aborda la infraestructura de la captación, tratamiento y distribución del sistema del acueducto 'San Fernando', en el municipio de Dosquebradas. Un sector ampliamente poblado del segundo municipio en importancia de Risaralda, y que cuenta con un número aproximado de 600 usuarios.

El trabajo se encuentra soportado metodológica y conceptualmente en otros trabajos que han precedido el estudio diagnóstico de acueductos comunitarios. A partir de estas experiencias, se parte de la necesidad de realizar un balance técnico de estas obras, especialmente otorgando las herramientas que desde la ingeniería civil se ofrecen para la mejora del servicio a la comunidad.

El trabajo está estructurado en siete secciones. La primera de ellas está conformada por los capítulos preliminares, en donde se describen los objetivos, la justificación y el planteamiento del problema. La segunda sección corresponde al marco de referencia. En este se desglosan los conceptos básicos con los que se aborda el diagnóstico del acueducto San Fernando y se describe el estado del arte en lo que hace referencia al estudio de los acueductos de la región. En el marco contextual,

---

<sup>1</sup> *El Tiempo*, Bogotá, 19, noviembre de 2012. [En línea] [Consultado el 18 de julio de 2014] Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12389073>



ubicado en la sección cuarta, se describen las características geográficas, sociales e hídricas del Municipio de Dosquebradas, así como el marco legal o normativo que soportan bajo la ley las condiciones técnicas para el desempeño de los acueductos comunitarios.

En la sección quinta se abordan los marcos metodológicos que soportaron el estudio técnico. Para ello se hace uso de una matriz analítica, partiendo de los algunos puntos críticos descubiertos durante el diagnóstico. Los resultados y sus correspondientes análisis acompañan este quinto apartado, en el que se desglosan los componentes y las variables con sus respectivos diagnósticos.

Finalmente, las conclusiones y las recomendaciones encuentran cabida en sexta y la última sección del documento. Allí se sugieren acciones de tipo técnico para la mejora del acueducto San Fernando, en especial al mejoramiento de la calidad del agua y por ende, de la condición de vida de los habitantes del sector. En efecto, las condiciones actuales del acueducto San Fernando están relacionadas con posibles afectaciones de la salud de los usuarios del mismo.

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso al servicio público de agua potable en Colombia es un determinante de la calidad de vida de las comunidades. De acuerdo con la encuesta de Calidad de Vida (ECV) realizada por el DANE<sup>2</sup>, en el año 2008 la cobertura total de acueducto era de 86.7% en el país, porcentaje que se incrementó en el año 2010 al 87.6%.

Haciendo una diferenciación entre la cobertura en el área urbana y en el área rural durante el año 2008 se logró que el 94.8% de los hogares estuvieran conectados a un sistema de acueducto, mientras que en las zonas rurales solamente se llegó a 58.3% de los hogares, lo cual constituye un notable rezago. En el 2010, los niveles de acceso al servicio pasaron a ser del 95.9% en el área urbana y del 57.1% en la zona rural.

Estos niveles de cobertura son inferiores a las metas planteadas en el documento “Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la zona rural de Colombia”, ya que estaba contemplado que para la zona rural del país la cobertura debería ser del 68.6% en el año 2005 y para el año 2010 de 75.1%<sup>3</sup>.

El problema de acceso al agua potable en Colombia afecta directamente a las comunidades de bajos recursos ubicadas en zonas rurales del país, pero también a personas y comunidades de zonas urbanas. 12 millones de personas obtienen agua de sistemas comunitarios, lo que equivale a un 26 % de la población.

La importancia de la prestación de los servicios por parte de las organizaciones comunitarias es significativa, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios calcula que en el país existen unos 12.000 acueductos comunitarios. Capitales como Pereira, Ibagué o Villavicencio, cuentan con una cobertura alrededor del 20% de la población con sistemas de acueductos comunitarios<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Encuesta de Calidad de Vida. Bogotá: DANE, 2008.

<sup>3</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL DE COLOMBIA. Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la zona rural de Colombia. Bogotá: Min-ambiente, 2005.

<sup>4</sup> *Ibíd.*

En el municipio de Dosquebradas existen 55 acueductos comunitarios y privados los cuales abastecen el 23% de la población y el otro 77% de la cabecera urbana lo abastecen los acueductos SERVICIUDAD y ACUASEO. Se estima que 40 mil personas reciben agua de los acueductos diferentes a estas dos empresas.

Sin embargo se tiene en cuenta que aun estas dos empresas no cumplieron con lo establecido en la Normatividad que aplica para la Calidad de agua<sup>5</sup>, ya que presentaron Calificación del Índice del Riesgo de la Calidad de Agua “bajo”. Lo que implica poner en práctica acciones de mejoramiento de calidad de agua.

Siendo esta la situación de estas dos empresas quienes cuentan con la infraestructura y recursos necesarios, el estado en que se deben de encontrar los otros 55 acueductos debe de ser mucho más crítico y no es posible determinarlo debido a que el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Agua SIVICAP no tiene información por acueducto sino por municipio donde el IRCA para 2011 para el municipio de Dosquebradas es de 21.6%, lo que significa nivel medio, es decir, agua no apta para consumo humano.

En la actualidad los acueductos comunitarios del municipio, presentan diversas deficiencias en las aéreas administrativas, técnicas, operativas y ambientales, generadas por distintos factores sociales, económicos, culturales y políticos; por esta razón se hace necesario ejecutar una solución integral a tal problemática.

Lo anterior trae como consecuencia que el suministro de agua, en varios casos se realice sin cumplir con los parámetros definidos por la legislación, implicando altos índices de enfermedades Diarreicas agudas y gastrointestinales en la población que se surte del agua de los acueductos comunitarios en Dosquebradas, generando afectaciones graves a la salud y salubridad públicas.

Adicionalmente los aportes en tarifas que hacen mensualmente los usuarios no alcanza para cubrir el mantenimiento, ni para continuar la construcción de infraestructura requerida para el mejoramiento de la operación.

---

<sup>5</sup> Ibíd.

Por esta razón se requiere de la realización de un diagnóstico técnico que permita conocer con exactitud la situación en que operan cada uno de los acueductos, en este caso el acueducto San Fernando en municipio de Dosquebradas.

### 3 JUSTIFICACIÓN

En el presente proyecto se crea la necesidad de aportar elementos estratégicos a través de un diagnóstico técnico amplio que abarque factores como lo son la captación, tratamiento y distribución del sistema de abastecimiento de la comunidad, que permita la ejecución de acciones de mejoramiento en el ámbito técnico por parte del Estado del acueducto san Fernando en el municipio de Dosquebradas.

Algunas empresas que están dentro del casco urbano de Dosquebradas aplican tratamientos a las aguas suministradas por los acueductos comunitarios, otros reciclan el agua y las tratan de acuerdo con el uso final para el cual estén destinadas, en este caso el Estado debe dar prioridad al mejoramiento de estas organizaciones comunitarias, para asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos de conformidad con las características en esta área del país.

En un reporte dado por el periódico *La Tarde* de Pereira, el pasado 14 de octubre de 2013, se informa que desde la Secretaría de Infraestructura se dispuso a los Ingenieros, la capacidad técnica y operativa para desarrollar un puente vehicular entre agua azul y carbonera, con la Alcaldía y la Gobernación para nueve acueductos, entre ellos el acueducto San Fernando<sup>6</sup>. De esta manera se actualizaría, entonces, la información necesaria para que las entidades como la Superintendencia de Servicios, Gobierno local y Departamental, entes de control ambiental, empresas privadas y también la comunidad beneficiaria, brinden un buen fortalecimiento y funcionamiento de los acueductos comunitarios, evitando factores importantes y específicos como lo son el riesgo a la salud de las comunidades que abastecen y la explotación del recurso hídrico.

---

<sup>6</sup> *La Tarde*, Pereira, 14, octubre de 2013. 4 secc.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diagnosticar técnicamente la infraestructura de captación, tratamiento y distribución del sistema del acueducto comunitario de San Fernando en el municipio de Dosquebradas.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características generales de la cuenca hidrográfica en función de la calidad de agua en la fuente abastecedora.
- Establecer las características de infraestructura y funcionamiento de los sistemas de captación, conducción y tratamiento del acueducto.
- Levantar el esquema general de redes de distribución del acueducto.

## 5 MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 MARCO DE ANTECEDENTES

#### 5.1.1 Cuenca hidrográfica

Se toma como referencia estudios y proyectos asociados a la Quebrada Molinos y su cuenca, partiendo desde lo general a lo particular, tratando la cuenca del Río Otún, la quebrada Dosquebradas y algunos afluentes asociados al municipio de Dosquebradas. La principal cuenca del municipio es la Quebrada Dosquebradas la cual está formada por la unión los afluentes de las quebradas de Dosquebradas entre ellas la del presente estudio la quebrada Molinos, entregando sus aguas al Río Otún<sup>7</sup>.

La red hídrica del Río Otún al cual pertenece la microcuenca de la Quebrada Molinos aflora de manantiales y aguas subterráneas entre 1.600 y 1.800 msnm y de ella depende el acueducto urbano, un ejemplo de ello es el acueducto San Fernando<sup>8</sup>. En el siguiente cuadro se aprecia la cuenca del Río Otún y las subcuentas y microcuencas asociadas a él.

Tabla 1: Red hídrica del municipio de Dosquebradas, Dosquebradas, 2013.

Cuencas	Microcuencas
Río Otún (Subcuenca Quebrada Dosquebradas)	1. Aguazul
	2. Manizales y 3. La Soledad
	4. Tominejo y 5. Barrizal (La Amoladora)
	6. Molinos
	7. La Víbora
	8. Gutiérrez y 9. La Cristalina (El Oso)
	10. Frailes
	11. La Fria
	12. Dosquebradas (cuenca baja)
	13. San José (cuenca baja)
	14. Otún (tramo urbano)
Río Otún (afluentes directos)	
Río Cauca (Subcuenca Río San Francisco)	15. La Grecia
	16. La Albania

Fuente: centro SIG CARDER.

<sup>7</sup> CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales. Dosquebradas, 2013. p 16

<sup>8</sup> Ibíd.

El modelo hidráulico del Río Otún establece que los usos del suelo en la cuenca para el año 2009 se presentan en el siguiente cuadro.

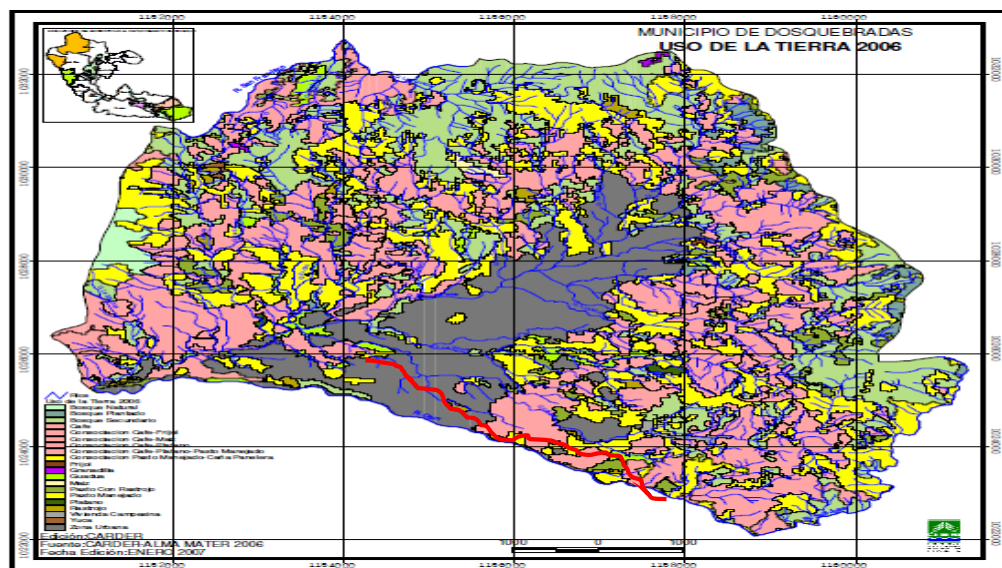
Tabla 2 : Usos del suelo de la cuenca del río Otún

USO DE SUELO	ÁREA (%)
Bosque natural	29.08
Vegetación de páramo	21.46
Pasto Manejado	15.94
Café	9.1
Bosque secundario	7.19
otros	17.23

Fuente: Modelo hidráulico del río Otún, 2009

En la siguiente figura se aprecian los usos de suelos del municipio de Dosquebradas y se hace un acercamiento a la Quebrada Manizales, la cual es la base de este proyecto.

Figura1 : Usos del suelo, Dosquebradas, 2008.



Fuente: Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas.



Se destacan principalmente el pasto manejado, plátano, caña panelera, y el sector urbano cercano a la desembocadura de la Quebrada Molinos a la Quebrada Dosquebradas.

“La Quebrada Molinos nace en el alto del Oso a 2050 m.s.n.m, el área oriental del municipio cruzándolo en el sentido oriente – occidente, limita por el norte con la microcuenca de la quebrada Manizales y por el sur con la microcuenca de la quebrada la Víbora. Entrega sus aguas en la quebrada Dosquebradas a altura de los barrios Buenos Aires y los Naranjos”<sup>9</sup>.

A continuación se presentan los parámetros morfométricos de esta quebrada.

Tabla 3: Parámetros morfométricos de la quebrada

Parámetro	Valor
Área (Km <sup>2</sup> )	4.5
Perímetro (Km.)	13.8
Ancho Promedio (Km.)	1.0
Longitud Axial (Km.)	4.6
Coefficiente de Compacidad- Kc*	1.8
Factor de forma –Ff*	0.2

Fuente: Diagnostico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas, 2013

El documento de riesgos ambientales del municipio de Dosquebradas en su tabla N° 23 indica que la concesión de aguas de la quebrada Molinos esta detallada así:

J.A.C Barrio San Diego Acueducto San Fernando: 11.50 l/s

Textiles OMNES Ltda.: 12 l/s

---

<sup>9</sup> CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales. Dosquebradas, 2006

- Franjas de protección para fuentes y cuencas abastecedoras:

Según el acuerdo 061 y el acuerdo 028 con la reforma al acuerdo 020 resuelven las delimitaciones de protección para las fuentes de abastecimiento, dependiendo si la zona es rural, urbana o sub urbana la cual resuelve que los criterios y calificación, Para la demarcación de las áreas forestales protectoras se tendrán en cuenta los siguientes criterios con su respectiva calificación:

Tabla 4: Tamaño del Predio (T)

TAMAÑO DEL PREDIO T ( Ha)	CALIFICACION
$T < 1$	1
$1 \leq T < 3$	2
$3 \leq T < 6$	3
$6 \leq T < 10$	4
$10 \leq T < 15$	5
$15 \leq T < 20$	6
$T > 20$	7

Fuente CARDER.

Tabla 5: Uso del Suelo

TIPO DE USO	CALIFICACION
Bosque Natural (Bn)	1
Bosque Plantado (Bp)	2
Cultivo Permanente / Semipermanente (Cp-s)	3
Cultivo Transitorio (Ct)	4
Pastos (P)	

Fuente CARDER.

Tabla 6: Orden de la Corriente

Orden de la corriente	CALIFICACIÓN
1	1
2	2
3	3
4	4
≥ 5	

Fuente CARDER.

Tabla 7: Pendiente del Terreno

RANGOS DE PENDIENTE (%)	CALIFICACION
0 – 30	1
30 – 45	2
45 – 70	3
Mayor a 70	4

Fuente CARDER.

Tabla 8: Factores de ponderación

Criterios	Factor de ponderación
Uso del suelo	30%
Tamaño del predio	30%
Pendiente	20%
Orden de Drenaje	20%

Fuente CARDER.

Tabla 9: Anchos de área forestal a demarcar según rango de calificación

Rango de calificación	Ancho del área forestal protectora (metros)
1.0 – 1.8	6
1.9 – 2.7	12
2.8 – 3.6	18
3.7 - 4.5	24
4.6 - 5.4	30

Fuente CARDER.

### 5.1.2 Estructura del sistema

Es adecuado decir que el primer paso que se debe realizar en la infraestructura es identificar los elementos constructivos y los criterios que se deben tener en cuenta a la hora del diseño de cada estructura del acueducto.

Todo esto facilita el momento de realizar una comparación en caso tal que se encuentren falencias y poder determinar cuáles son las causas y que posibles recomendaciones se deben hacer para garantizar el buen funcionamiento de la estructura.

### Bocatoma

El objetivo principal de la bocatoma es la concentración de agua para dirigirla posteriormente a un punto determinado. Para cumplir dicho objetivo es necesario identificar particularidades que ayuden al buen diseño de la bocatoma. Para conocer las diferentes características que se deben tener en cuenta para el diseño de la bocatoma se remite a Valderrama<sup>10</sup>, donde se encuentra que es importante la ubicación de la bocatoma en el cauce y la determinación de los criterios que se deben tener en cuenta, como la ruta del flujo, la captación de agua entre otros; estas

---

<sup>10</sup> VALDERRAMA, Alfredo. Diseño de bocatomas. Pereira: UNI-CIF, 1993, p. 13

variables ayudan a identificar los problemas en caso de que se presenten deficiencias en la bocatoma.

La bocatoma en un proyecto hidráulico de gran importancia en la estructura del acueducto. Por esto no debe de escatimarse en recursos ni en criterios de diseño ya que es muy común que se presenten problemas debido a la inestabilidad fluvial.

Es por esto que se debe asegurar el óptimo funcionamiento de la bocatoma para así brindar un buen servicio a la comunidad, asegurando una calidad de agua aceptable para el consumo humano<sup>11</sup>.

### **Aducción y conducción**

Para el trazado de la línea de aducción y conducción, es de considerar los factores ambientales tales como condiciones del suelo, actividad sísmica entre otros como piezas clave para su diseño, como lo indica la guía ambiental para sistemas de acueducto de CORTOLIMA<sup>12</sup>, De acuerdo con el documentos RAS 2000 aducción es el componente por el cual se transporta agua sin ningún tratamiento ya sea a flujo o por medio de algún equipo de presión. Y conducción es el componente que es utilizado para transportar el agua ya tratada a los usuarios.

### **Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)**

La investigación de optimización de la planta de tratamiento de agua potable del centro vacacional lago sol14 explica la correcta operación del floculador siguiendo los siguientes pasos:

- Verificar que la dosificación y la mezcla operen correctamente
- Garantizar que el tiempo de contacto en la unidad sea suficiente
- Revisar turbiedad de la salida del floculador.

---

<sup>11</sup> ROCHA. La bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico. 2003. P 13

<sup>12</sup> CORTOLIMA. Guía ambiental para sistemas de acueducto. 2002. P 49

Cada una de las estructuras que comprenden el sistema de acueducto debe diseñarse en base a unos criterios de funcionamiento correcto como son explicados en el libro Acueductos<sup>13</sup>, para la verificación de dimensiones y criterios por medio de los cálculos realizados a partir de variables como la población, caudales, entre otros, determinando así si la estructura cumple o no con los requisitos del sistema.

En los sistemas de acueducto, el caudal disponible y las demandas no coinciden durante las horas del día, ya que en ocasiones la demanda puede ser mayor que el suministro y en otras el suministro mayor que el consumo. Es por esto que se hace necesario construir los tanques con una capacidad que asegure el suministro, de tal forma que almacene el sobrante en horas de máximo consumo<sup>14</sup>.

Los riesgos asociados a los tanques de almacenamientos son: el estado físico de la estructura, falta de mantenimiento, llevando a diferentes afectaciones como el cambio en la calidad del agua y la contaminación<sup>15</sup>.

Para la evaluación de los dos aspectos y el tipo de peligro que representa para los usuarios, se adopta un ejemplo de evaluación de riesgo hecho en el sistema de abastecimiento de la comunidad de Alegrías Caldas en 2012.

---

<sup>13</sup> LÓPEZ. Acueductos. Op. Cit., p 85

<sup>14</sup> AGUAS DEL NORTE ANTIOQUEÑO. Manual de operación, mantenimiento y control del acueducto urbano el Yaruma. Antioquia, 2008, p 18

<sup>15</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Plan de seguridad del agua en el sector rural de caldas. Caldas, 2012, p. 38

Tabla 10: Ejemplo de evaluación de peligro y caracterización del riesgo en el sistema de abastecimiento de la comunidad de Alegrías.

COMPONENTE DEL SISTEMA	EVENTO PELIGROSO	PELOGROS ASOCIADOS	TIPO DE PELIGRO	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	PUNTUACION	COLOR
Tanque de almacenamiento	Falta de mantenimiento	Afectacion calidad del agua	microbiologico, y fisicoquimico	3.8	5	19	
Tanque de almacenamiento	Estado fisico de la estructura	Afectacion calidad del agua, colapso de la estructura	desabastecimiento del servicio	4	5	20	

Fuente: planes de seguridad del agua en el sector rural de Caldas. 2012

### 5.1.3 Redes de distribución

El objetivo principal del catastro de redes es contar con una base de datos donde se registren todos los componentes existentes de la red de distribución, siguiendo una metodología debidamente implementada como establecer las condiciones de cómo será el trabajo en campo, elaborar croquis del sistema y finalmente elaborar el plano técnico con todos los componentes de la red<sup>16</sup>.

Según el ente regulador de los servicios de agua potable y saneamiento ERSAPS19, para realizar el catastro de redes, es necesario tener en cuenta los puntos de referencia, como el alineamiento con inmuebles, borde de acera y postes de alumbrado público.

Posteriormente se definen y codifican los cruces dentro de la red, asignando un número a cada cruce por donde pasan redes de agua. Finalmente se levantan los datos en campo como el trazado y la localización de accesorios, los cuales deben ir enumerados en orden creciente en el área de cruce sin repetir número y deben seguir las manecillas del reloj. Después de la numeración de cada accesorio, se anotan las distancias de estos accesorios a dos puntos fijos (ya determinados), obteniendo de esta manera el catastro de los accesorios.

<sup>16</sup> ERSAPS. Procedimientos y buenas técnicas en el catastro de redes de agua potable y redes de alcantarillado. Honduras, 2007. P 18

## **5.2 MARCO CONCEPTUAL**

El diagnóstico del sistema de abastecimiento o sistema de acueducto en el cual se desarrolla en este proyecto, está enmarcado en el conocimiento de la microcuenca de captación que abastece el sistema de acueducto de San Fernando y de los elementos que lo componen (obra de captación, tubería de conducción, tanque de almacenamiento, tubería de distribución, entre otros), de los factores y amenazas naturales que pueden llegar a afectarlo y la repercusión de éstos a la comunidad<sup>17</sup>.

Posteriormente se realiza la conceptualización de los subcapítulos anteriormente mencionados que son: cuenca de captación, infraestructura y red de distribución.

### **5.2.1 Cuenca hidrográfica**

El abastecimiento de agua para consumo se hace principalmente por medio de aguas subterráneas y superficiales, siendo relevante para este proyecto las aguas superficiales. “Las aguas de lagos y ríos, contienen materia orgánica y otras impurezas al igual que microorganismos importantes, causantes de infecciones entéricas entre las cuales se incluyen el cólera, la salmonelosis y la disentería bacilar, entre otras. El recurso se extrae de la Fuente mediante obras de ingeniería y se almacena en depósitos para ser tratada física, química y biológicamente”.<sup>18</sup>

Para el conocimiento de la microcuenca se deben caracterizar los elementos que determinan su estado y a su vez la afectación que tiene por parte de variables tales como uso de suelo, vertimientos, caudal y calidad del agua; evaluando las amenazas a las que está expuesta y que probabilidad de ocurrencia tienen, para componer finalmente un panorama de riesgo para la cuenca en estudio, cabe anotar que la vulnerabilidad de la cuenca está ligada directamente a la afectación de la calidad del agua captada.

A continuación se detallan las características a aplicar con respecto a las variables citadas, con el fin de componer una visión acertada de los temas a tratar en el documento.

---

<sup>17</sup> ORGANIZACIÓN PENEMERICANA DE LA SALUD. Plan de seguridad del agua en el sector rural de caldas. Caldas, 2012. P 35

<sup>18</sup> VERGARA. Calidad de agua de las Fuentes abastecedoras de los acueductos del municipio de Dosquebradas. Caldas, 2008. P 3



Según Rojas<sup>19</sup> “los aspectos edafológicos son una herramienta útil para la ordenación del territorio y el manejo de los recursos naturales. Este es uno de los aspectos relevantes dentro de la investigación, puesto que los cinco factores formadores de los suelos: el clima, la geología, la geomorfología, los organismos y el tiempo de evolución, son los que interactúan en los componentes ambientales”, a su vez manifiesta la importancia del uso del suelo para la conservación de la cuenca, relatando la relevancia y afectación que puede tener el cuerpo de agua por las características del suelo.

En búsqueda del crecimiento de las regiones se tiende a explotar los recursos accesibles para las poblaciones, lo que lleva a destinar terrenos a la agricultura, pastoreo, explotación maderera, entre otros. Factores que contribuyen a la degradación de las cuencas, la pérdida de la cobertura forestal incrementa la erosión aguas arriba y la sedimentación aguas abajo, condiciones que potencializan la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa e inundaciones respectivamente<sup>20</sup>.

Otra amenaza latente para los cuerpos de agua y sus riberas son los vertimientos, ya sea de forma puntual o no puntual, situación que según Londoño<sup>21</sup> es de aporte considerable de contaminación, afectando la calidad de los afluentes en función de sus posibilidades de uso, razones que motivan a hacer una inspección visual de vertimientos en las cercanías a la estructura de captación.

En lo relacionado con la calidad del agua, se evalúa por medio de diagnósticos técnicos y monitoreo del cuerpo de agua “en este sentido, es importante tener en cuenta la forma como cada cultura analiza su problemática, visualiza su territorio y la forma como se relaciona con la cuenca y con los otros actores sociales. En el diagnóstico confluye tanto la información, conocimiento y visión del técnico como de la comunidad. La participación de los actores sociales contempla: aporte de información, identificación, caracterización y análisis de la problemática de la

---

<sup>19</sup> ROJAS. La zonificación ambiental en la cuenca. 2011. P 3

<sup>20</sup> ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAD PARA LA AGRICULTURA Y LA

ALIMENTACION. Por qué invertir en la ordenación de la cuencas hidrográficas? 2009. P 13

<sup>21</sup> LONDOÑO. Manejo de vertimientos y desechos en Colombia. Bogotá (IDEAM, 2010), 2007. P 3

cuenca, identificación de conflictos, búsqueda de estrategias de solución y prioridades”<sup>22</sup>.

Los riesgos asociados a la cuenca hidrográfica han venido siendo tratados por medio de los Planes de Seguridad del Agua (PSA). Desde el año 2000 se iniciaron discusiones entre expertos acerca de la pertinencia de dichos planes, a través de las guías de calidad del agua potable, donde la Organización Mundial de la Salud (OMS) expresa que “la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo es aplicando un planteamiento integral de evaluación de los riesgos y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor”<sup>23</sup>

Después de expuestos los aspectos relevantes de la cuenca se pretenden evaluar los riesgos asociados al acueducto comunitario, para este fin, se acopla a los parámetros enmarcados en los planes de seguridad del agua, expuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Tabla 11. Evaluación de la amenaza y caracterización del riesgo en el sistema de abastecimiento, Caldas, 2012

PROBABILIDAD	GRAVEDAD	RIESGO		COLOR
0-5	0-5	0	5	
0-5	0-5	6	11	
0-5	0-5	12	18	
0-5	0-5	19	25	

Fuente: Plan de seguridad del agua en el sector rural de Caldas. Caldas2012

<sup>22</sup> IDEAM. Guía para elaboración y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. 2010. P 22

<sup>23</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking water quality. 2011

El plan de seguridad del agua del departamento de Caldas da un panorama de los factores a evaluar y los categoriza con el fin de atender prioridades, en la Tabla 11 se consignaron los valores tomados y lo que representan para la caracterización del riesgo.

Ahora bien se debe considerar que la vulnerabilidad es el grado de destrucción de un evento en función de la magnitud del evento y de los elementos a afectar (infraestructura, personas, comunidades, entre otros).

Por otra parte, se considera la amenaza como la probabilidad de ocurrencia del evento, lo que finalmente conforma el panorama de riesgo, el cual se asume con la siguiente ecuación:<sup>24</sup>

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

En conclusión se evalúan los riesgos en un rango de cero (0) a veinticinco (25), mientras que la vulnerabilidad y la amenaza de cero (0) a cinco (5).

Tabla 12: Evaluación de riesgos, amenazas y vulnerabilidad de eventos. Caldas, 2012

<b>VARIABLE</b>	<b>RANGO</b>
Riesgos	0-25
Amenazas	0-5
vulnerabilidad	0-5

Fuente: Plan de seguridad del agua en el sector rural de caldas. Caldas

<sup>24</sup> Cees, Van W Esten, Introducción a los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. 2010. P 1

- **Cuenca:** “Es una unidad de territorio definido por la existencia de una línea invisible llamada la divisoria geográfica principal de las aguas superficiales, conformando un sistema interconectado de cauces secundarios que convergen en un cauce principal único que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar”<sup>25</sup>.

Figura 2: Esquema de cuenca.



Fuente:<http://www.miprv.com/charla-manejo-de-recursos-hidricos-y-zonas-costeras/>

Con respecto a la calidad del agua captada se consideran los siguientes parámetros para su caracterización, según lo establecido en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.

---

<sup>25</sup> MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Op. Cit.

### Aspectos físicos:

- **Turbidez:** Causada por partículas arcillosas suspendidas, pero aun así puede ser potable.
- **Color:** La muestra del agua no puede tener ningún color.
- **Sabor:** Se puede clasificar en: salada, dulce, acida o amarga. Pero esta debe ser sin sabor.
- **Olor:** no debe presentar olor.

El agua para el consumo humano no puede pasar de los siguientes valores máximos aceptables:

Tabla 13: Características físicas del agua. Pereira, 2007.

<b>CARACTERISTICAS FISICAS</b>	<b>EXPRESADAS COMO</b>	<b>VALOR MÁX. ACEPTABLE</b>
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelometricas de Turbiedad (UNT)	5

Fuente: Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, 2007

Tabla 14: Aspectos químicos del agua, Pereira, 2007.

Variable	Unidad	Valor permitido
Plomo	p.pm	0,05
Flúor	p.pm	1,5
Arsénico	p.pm	0,05
Cromo	p.pm	0,05
Dureza	p.pm	200
Nitratos	p.pm	45
P.H	Rango potencial hidrogeno	6,5 -9

Fuente: Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, 2007

- **Alcalinidad en el agua:** Debe ser controlada, ya que el agua tiene carbonato, bicarbonato de sodio y potasio. Lo cual desgasta la tubería y puede presentar en este taponamiento o gas carbónico.
- **Acidez del agua:** Dado a la presencia de ácido sulfúrico, sulfato ferroso y sulfato de aluminio.
- **Cloruros:** Más que todo se encuentran en las aguas subterráneas que le dan al agua un sabor salado.
- **Aspectos bacteriológicos:** El agua debe estar libre de cualquier agente patógeno, que es el causante de enfermedades e incluso muertes a personas. Por esta razón se hace desinfección con cloro y alumbre. Con referencia a los conceptos básicos de diseño se evalúan con base en el RAS2000 las siguientes variables:
- **Caudal ecológico:** es el caudal mínimo que se debe mantener en el curso del agua, luego de haberse construido una estructura, de tal forma que no altere las condiciones naturales y garantice el desarrollo de la vida natural preexistente en el ecosistema.

- **Sistema séptico:** Un tanque séptico es un recipiente o cámara cerrada en donde se depositan temporalmente las aguas negras provenientes de una casa, de un conjunto residencial o de instituciones como escuelas, hoteles, etc. El sistema puede diseñarse con uno, dos o más tanques conectados entre sí adecuadamente según las necesidades de cada caso.

### 5.2.2 Cálculo del caudal de la cuenca

- Se realiza un aforo basados en lo visto en la conferencia del profesor Danilo flores de hidrología de la universidad libre.
- Se recorre una distancia predeterminada anteriormente la quebrada se hace una señalización temporal.
- Se mide el ancho de la quebrada de extremo a extremo.
- De mide la profundidad de la fuente.
- Se procede a lanzar un objeto cuyo tamaño y material sean aptos para ser vistos en el transcurso de la fuente.
- Con un cronometro se determina el tiempo en recorrer dicho elemento los 10 metros de la quebrada.
- En el momento de terminar debemos tener el tiempo recorrido.
- Procedemos a realizar el cálculo del caudal así:

$$Q = V * A$$

Siendo

V= velocidad

A= área

$$V = \frac{d}{t}$$

Siendo

d= distancia (10 metros)

t= tiempo en recorrer el objeto la longitud.

### 5.2.3 Cálculo de la demanda

Por medio de criterios de diseño del libro acueductos del ingeniero Gilberto López<sup>26</sup>, se calcula la demanda para posteriormente obtener dimensiones de las estructuras del sistema del acueducto, con el fin de determinar con esto si la estructura puede cumplir con la normatividad y brindar una calidad de agua óptima para el consumo humano.

- **Población (P):** la población es el número de habitantes totales en el acueducto y este se calcula multiplicando el número de suscriptores por el número promedio de habitantes de cada casa (este número depende de cada sector), en el caso de San Fernando en Dosquebradas es de 4 habitantes por casa.

$$P = \text{número de suscriptores} * 4$$

- **Dotación neta mínima y máxima ( $d_{\text{neta}}$ ):** Esta depende del nivel de complejidad presentado en el sistema y estos son tomados de la siguiente tabla.

Tabla 15: Dotación neta según la complejidad del sistema. 2002

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	DOTACIÓN NETA MÍNIMA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA
BAJO	100	150
MEDIO	120	175
MEDIO ALTO	130	-
ALTO	150	-

Fuente: Tabla B.2.2, sistema de acueducto, RAS, 2000

<sup>26</sup> LÓPEZ. Acueductos. Op. Cit., p. 85



- **Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas (%P):** dicho porcentaje se toma dependiendo del nivel de complejidad del sistema de la siguiente tabla:

Tabla 16: Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas.

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	PORCENTAJES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PÉRDIDAS TÉCNICAS PARA EL CÁLCULO DE LA DOTACIÓN BRUTA
BAJO	40%
MEDIO	30%
MEDIO ALTO	25%
ALTO	20%

FUENTE: tabla B.2.4, sistema de acueducto, RAS 2000

- **Dotación Bruta ( $d_{bruta}$ ):** Se define como el gasto promedio que tiene un habitante en un día normal, el cual es calculado mediante la siguiente ecuación:

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

- **Caudal medio diario ( $Q_{Medio}$ ):** Es la cantidad de agua o caudal necesario para consumir en un día promedio. Calculado de la siguiente manera:

$$Q_{Medio} = \frac{P * d_{bruta}}{86400}$$

Dónde:

P= población de diseño.

d= dotación bruta en l/hab/s.

- **Gasto unitario por metro de longitud ( $q_m$ ):** Es la relación entre el caudal medio diario ( $Q_{Medio}$ ) dividido por la longitud total de la red.

$$q_m = \frac{Q_{\text{Medio}}}{\text{long.}}$$

- **Caudal máximo diario ( $Q_{MD}$ ):** es el consumo máximo de un día tomado durante 24 horas, medido en un periodo de un año; donde se toma un factor entre  $1,2 \leq k \leq 1,5$ , que multiplica al caudal medio diario.

$$Q_{MD} = k * Q_{\text{Medio}}$$

- **Caudal máximo horario ( $Q_{MH}$ ):** es el consumo máximo durante 1 hora, medido en un periodo de un año, y se calcula teniendo en cuenta lo siguiente:

$$Q_{MH} = \frac{k}{100} * Q_{\text{maxdiario}}$$

Donde el factor k se calcula mediante:

$$k = \frac{300}{\sqrt[5]{P}} + 60$$

Sabiendo que P es población en miles

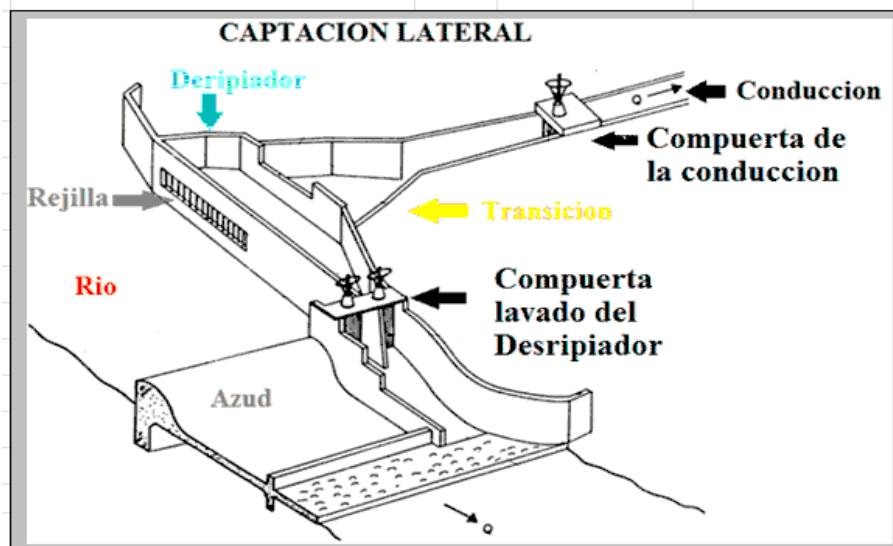
- **Caudal de diseño ( $Q_{dis}$ ):** Es el caudal calculado para el diseño de las estructuras y demás componentes de un acueducto, el cual debe ser 3 veces el caudal máximo diario.

$$Q_{dis} = 3 * Q_{\text{maxdiario}}$$

#### 5.2.4 Estructura del sistema

El principio de las estructuras del acueducto es la captación, conducción, tratamiento y distribución de agua. En seguida se describen las estructuras encargadas de que este proceso se cumpla, y se muestra en la siguiente figura.

Figura 3: Esquema simple de bocatoma lateral, Bogotá, 2007.



Fuente: [http://www.bibliocad.com/biblioteca/captacion-de-rejilla-lateral\\_57057](http://www.bibliocad.com/biblioteca/captacion-de-rejilla-lateral_57057).

La figura ilustra un esquema el cual corresponde a una bocatoma lateral, similar a la obra de captación del acueducto “San Fernando”.

La rejilla lateral es la que se encarga de captar el caudal requerido, obedeciendo a un diseño previo con el fin de dimensionar el área necesaria para la captación. La tubería de aducción ofrece una conexión directa entre la bocatoma y el tanque desarenador, los demás componentes sirven para limpieza y mantenimiento de la estructura y no están presentes en todas las bocatomas.

#### **5.2.4.1 Línea de aducción**

Es la línea que lleva el agua cruda desde la bocatoma o ya sea desde una caja de derivación hasta el desarenador; estas se pueden presentar de dos formas en canales abiertos o cerrados (tubería).

Para identificar el diámetro necesario de esta tubería utilizamos la siguiente ecuación:

$$\varnothing = \sqrt{\frac{4 * Qdis}{\pi} * v}$$

Dónde:

$\varnothing$ : Diámetro de la línea de aducción

Qdis: caudal de diseño

V: velocidad  $\geq 0.5\text{m}^3/\text{s}$

Posteriormente se procede a verificar que la velocidad cumpla con el criterio técnico:  
 $V \geq 0.5\text{m}^3/\text{s}$ .

$$V = \frac{4 * Qdis}{\pi * \varnothing^2} = \geq 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 5.2.4.2 Desarenador

Es una estructura que cumple la función de retirar del agua la arena por medios físicos, el líquido se traslada de un punto a otro con movimiento rectilíneo uniforme la aplicación del desarenador es llevar al fondo el floculador.

Figura 4: Zonificación de un desarenador.



Fuente: LÓPEZ. Acueductos, 2011. pág. 54.

- **Velocidad de sedimentación vertical ( $V_s$ ):** Se calcula en función de la temperatura del agua y el peso específico de la partícula, el peso específico de las partículas de arena que son removidas por el desarenador se pueden suponer igual a 2.65 gr/cm<sup>3</sup>.<sup>27</sup>

A continuación se muestra el cálculo de la velocidad según Stokes:

$$V_s = \frac{(\rho_s - \rho) * d^2 * g}{18 * \mu}$$

Dónde:

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$   $\rho_s =$  peso específico de la partícula de arena = 2.65 t/m<sup>3</sup>  $\rho =$  peso específico del agua = 1 t/m<sup>3</sup>  $d =$  diámetro de la partícula. (Se toma de la Tabla 17)

---

<sup>27</sup> LOPEZ. Acueductos. Pereira, 2011. P 85

Tabla 17: Diámetro de partículas

TIPO	DIAMETRO	
GRAVILLA FINA	más de 2mm	
GRAVILLA GRUESA	2 mm	1mm
ARENA GRUESA	1mm	0,5 mm
ARENA MEDIA	0,5 mm	2,5 mm
ARENA FINA	2,5 mm	0,1 mm
ARENA MUY FINA	0,1 mm	0,05 mm
LIMO	0,05 mm	0,01 mm
LIMO FINO	0,01 mm	0,005 mm
ARCILLA	0,005 mm	0,001 mm
ARCILLA FINA	0,001 mm	0,0001 mm
ARCILLA COLOIDAL	menos de 0,0001 mm	

Fuente: LÓPEZ. Acueductos, 2011. pág. 56.

$$\mu = \mu_{10^{\circ}C} \frac{33,3}{T + 23,3}$$

$\mu$ = viscosidad

T= temperatura en °C

Que corresponden a:

$$\mu_{10^{\circ}C} = 0,01309 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Ahora bien, según Hazen, la velocidad de sedimentación se calcula así:

$$V_{tx} = V_{10^{\circ}C} * \frac{T + 23,3}{33,3}$$

Dónde:

$V_{10^{\circ}C}$  se toma del siguiente cuadro

Tabla 18: Diámetro vs Velocidad

DIAMETRO	VELOCIDAD (MM/S)
1,0	100
0,8	83
0,5	53
0,3	32
0,15	15
0,08	6
0,06	3,8
0,05	2,9

Fuente: LÓPEZ. Acueductos, 2011. pág. 57.

T= temperatura en °C

Debido a la discrepancia entre ambas teorías se define la velocidad de diseño con la semisuma de ambas velocidades.

$$V_{dis} = \frac{V_{STOKE} + V_{HAZEN}}{2}$$

- **Tiempo de sedimentación:** es el tiempo que se demora la partícula en caer a la zona de sedimentación. Calculada de la siguiente manera:

$$T = \frac{h}{V_{dis}}$$

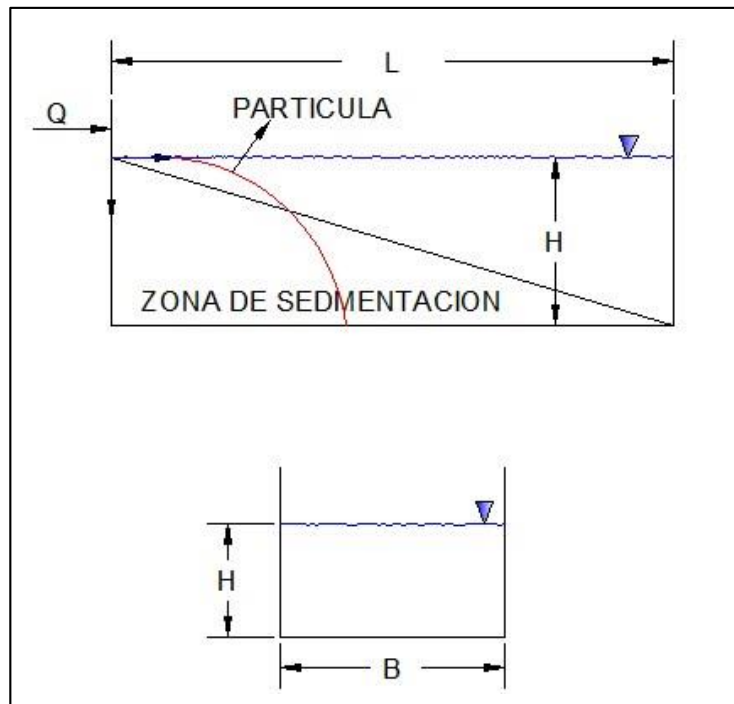
Dónde:

H= profundidad del sedimentador, según el RAS 2000, título B, sección B.4.4.6.4 la profundidad efectiva de un desarenador está entre el rango de, 0,75m a 1,5 m.

Área de asentamiento: Es el área mínima que necesita un desarenador para hacer que las partículas se asienten, y el agua limpia continúe su recorrido, en la siguiente figura se muestran las dimensiones a calcular.

A continuación se muestra en la figura de lo anteriormente mencionado sobre el comportamiento de la partícula crítica en el desarenador.

Figura 5: Dimensionamiento de un desarenador.



Fuente: LÓPEZ. Acueductos, 2011. pág. 56.



Esto se logra utilizando la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{Q_{dis}}{V_s}$$

En la que:

$A_s$  = área de asentamiento  $Q_{dis}$ = caudal de diseño.

$V_s$ = Velocidad de sedimentación

Y a su vez, del área se pueden calcular sus dimensiones mediante estas ecuaciones:

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$

$$L = 4 * B$$

$$H = \frac{L}{20}$$

#### **5.2.4.3 Línea de conducción**

Este presenta diferentes sistemas de conducción, que pueden ser conducciones abiertas o cerradas, las conducciones abiertas son por medio de canales y las conducciones cerradas por medio de tuberías que pueden trabajar a presión, por gravedad o mixta.

- **PTAP (Plantas de Tratamiento de Agua Potable):**

Se denominan PTAP a las estructuras en las que realiza la función de purificación y potabilización del agua, convirtiéndola en apta para el consumo, pueden ser de tipo convencional, compactas, o modulares. Existen diferentes estructuras para lograr esto, además deben tener diferentes etapas en el proceso de la potabilización, para alcanzar los efectos esperados.

Planta de tratamiento Filtración en Múltiples Etapas, FiME: Según la Organización Panamericana de la Salud O.P.S., la tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME) consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtros lentos de arena. Esta tecnología debe estar precedida de un detallado proceso de análisis técnico, social y de las capacidades locales de construcción y operación de la planta. En particular, constituye un factor crítico la disponibilidad de asistencia técnica a corto y mediano plazo<sup>28</sup>. Y es que las FiME son plantas donde se presentan dos fases: filtración y desinfección; se debe tener en cuenta que este tipo de sistema funciona con caudales de 2 a 6 litros por segundo, y de fuentes no tan contaminadas. Si existen tanques de almacenamiento deben tener unas cuotas de altura que son aprox. entre 6 a 8 metros bajo el nivel de la bocatoma<sup>29</sup>.

Constan de la siguiente estructura: bocatoma, desarenadores, tanque de lavado de filtro, filtro, tanque para la solución de cloro, sistema de cloración y tanque de almacenamiento.

#### **5.2.4.4 Cloración**

La cloración<sup>30</sup> consiste en la adición de cloro al agua, ya sea cloro puro o alguno de sus compuestos, en las dosis adecuadas para cumplir la normativa vigente respecto a la calidad bacteriológica y a la concentración de desinfectante activo residual que debe estar presente en todo punto de la red de distribución de agua potable.

Cuando se vierte cloro en el agua, se divide en muchos compuestos químicos, incluyendo el ácido hipocloroso e ion hipoclorito. La combinación de estos dos compuestos es una reacción química llamada "cloro libre". Ambas sustancias atacan los microorganismos y las bacterias en el agua persiguiendo los lípidos en sus paredes celulares y destruyendo las enzimas. A medida que destruyen la estructura adentro de las células, los compuestos químicos dejan que las células de las bacterias se oxiden, lo cual mata la célula dejándola inofensiva.

Para que se dé un adecuado proceso de cloración, es importante que el tiempo en el tanque de contacto (tanque donde se mezcla el cloro y el agua) sea adecuado, como se indica en el Cuadro.

---

<sup>28</sup> O.P.S. – CONSUDE. Op. Cit., p. 3

<sup>29</sup> *Ibíd.*

<sup>30</sup> ECHEVERRÍA. Cloración de agua potable. Chile, p 1

Tabla 19: Tiempo de cloración. Chile, 2007

Fuente	P.H	Tiempo mínimo
Drenes y norias	< 8	30 minutos
Drenes y norias	> = 8	45 minutos
Subterránea de tipo sondaje	< 8	20 minutos
Subterránea de tipo sondaje	> = 8	30 minutos

Fuente: Elizabeth Echeverría O. ingeniera civil química

Es importante mantener el P.H por encima de 6.5 y por debajo de 9.5 para evitar la aparición de hierro y manganeso

#### **5.2.4.5 Tanque de almacenamiento**

Estos tanques cumplen diversa clase de funciones, como lo son mantener la presión de servicio de la red, tener reservas de emergencia para diversos incidentes y suministrar las cantidades de agua necesarias por las variaciones de consumo mayor que el suministro.

Así mismo hay tres tipos de tanques que son: los enterrados, los semienterrados y los elevados. Dependiendo si el tanque es alimentado por gravedad o por bombeo, para una estimación del volumen necesario que deben almacenar estos tanques y a su vez para diseñar sus dimensiones se utiliza la ecuación:

$$\text{Vol tanque} = Q_{\text{medio}} * \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000\text{l}} \right) * \left( \frac{84600 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) * (0.25) + (\text{demanda incendio})$$

Dónde:

Demanda de incendio = 10 l/s

Adicionalmente a esto, se le suma un volumen extra, solo si la población es pequeña, este volumen corresponde a 72m<sup>3</sup> y es calculado mediante la función:

$$\text{Vol extra} = 10 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m^3}{1000l} \right) * \left( \frac{84600 s}{1 dia} \right) * \left( \frac{2 horas de incendio}{24 horas} \right) = 72m^3$$

Ahora bien el volumen real necesario por el tanque de almacenamiento es la suma del volumen del tanque más el volumen extra.

### 5.2.5 Red de distribución

Redes (sistema de distribución): Son conductos que transportan el agua a los puntos donde se abastece al consumidor, por medio de una línea matriz la cual está ubicada desde el tanque de almacenamiento a hasta el punto de distribución. Es por esto que las redes deben satisfacer el consumo máximo horario.

El trazado de las redes se basa en la conformación de la distribución de las casa y del criterio del diseñador. Donde se establecen tres tipos de redes:

- Red abierta Tiene forma de espina de pescado y el agua circula en un solo sentido
- Red cerrada La red se encuentra cerrada y el agua corre por cualquier sentido
- Redes mixtas Combina las características de la red abierta y cerrada

El catastro técnico de redes constituye uno de los requisitos fundamentales para realizar una eficiente operación y mantenimiento de las redes tanto de agua potable como de alcantarillado Sanitario. En esencia, el catastro técnico:

Permite determinar la ubicación exacta y referenciada de cada uno de los elementos de los sistemas que abastecen y evacúan el agua en una ciudad

Hace posible contar con una radiografía integral y actualizada de su estado

Brinda las pautas para cualquier actividad de operación

Posibilita el proceso de diagnóstico de las pérdidas físicas en la distribución de Agua Potable y contaminación en el alcantarillado sanitario, debido a fugas en las juntas, o roturas en el cuerpo de las tuberías, o por el mal estado de las válvulas

Un catastro de redes es un sistema de registro y archivo de Planos y de Fichas técnicas que contiene información estandarizada, relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación y especificaciones técnicas de los elementos de la red instalados.

El catastro es importante para:

- Conocer todo lo referente a los detalles técnicos y operacionales de la totalidad de los elementos que intervienen en cada uno de los sistemas mencionados
- Efectuar maniobras de operación y regulación del sistema con seguridad y exactitud basándolas en el conocimiento preciso del lugar de ubicación y de las condiciones técnicas de operación de sus principales accesorios.
- Ejercer un mejor control sobre la operación de los respectivos sistemas apoyar la tarea de detección y localización de fugas y aportar información para su reparación oportuna.
- Mantener actualizada y disponible la información sobre ampliaciones y sustituciones de componentes de las redes.

También es útil como instrumento para el:

Análisis, evaluación, formulación y desarrollo de programas de control de pérdidas con miras al fortalecimiento de la gestión técnica y empresarial del Prestador.

Apoyo a la elaboración de planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y para la formulación y evaluación de proyectos de inversión, y entrada de datos reales de estructura y funcionamiento para simulaciones hidráulicas de la red de AP, con un software apropiado, con el fin de determinar la capacidad de los sistemas y la factibilidad técnica de atender la demanda del servicio en las áreas de cobertura del Prestador; estos escenarios virtuales también facilitan la anticipación y solución de problemas operativos no contemplados en el diseño original de la red y que con el transcurrir del tiempo se vienen presentando.

### 5.2.6 Calidad del agua

El agua apta para el consumo humano, debe cumplir con parámetros ya establecidos en la norma vigente (RAS2000).

Tabla 20: Normas de calidad del agua potable, según el Decreto 475/98

VARIABLES	UNIDADES	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Color aparente (U.P.C)	Unidades de Platino Cobalto	15
Turbiedad (N.T.U)	Unidades Nefelométricas de turbidez	5
P.H	Unidad	6.5 - 9.0
Cloro libre (mg/l)	Miligramo cada litro	1.0 - 5.0
Coliformes totales UFC/100ml	Unidades Formadoras de Colonias	0
Coliformes fecales UFC/100ml	Unidades Formadoras de Colonias	0

Fuente: RAS-2000. Sistemas de Acueducto. Tabla C.2.2

### 5.3 MARCO LEGAL

En Colombia se maneja una legislación completa y exigente en lo que respecta al uso humano del recurso hídrico. Esta legislación que encuentra soporte histórico desde mediados de los años 70, se desarrolla en base a códigos nacionales de recursos renovables y a partir de allí se desglosan en diferentes aspectos que se vinculan a las entidades encargadas de manejar los servicios públicos, la descentralización y la función municipal frente al uso de los recursos, toda la legislación tarifaria y la base de los impuestos en esta materia<sup>31</sup>.

A continuación se reseñan algunas normativas nacionales en lo que respecta al desarrollo, implementación y estructura de acueductos de tipo comunal. Como se podrá observar, la jurisprudencia nacional es generosa en cuanto a establecer requisitos técnicos y salubres en el manejo del bien más preciado, el agua.

---

<sup>31</sup> VERGARA. Op cit., p. 4-8

Tabla 21. Decretos relacionados a los recursos hídricos, servicios públicos y tratamiento y calidad del agua

Decreto	Disposición
<b>Decreto 2811 de 1974</b>	<p>Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.</p> <p>Artículo 86 “toda persona tiene derecho a utilizar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades elementales, las de su familia y las de sus animales, siempre que con ello no cause perjuicios a terceros. El uso deberá hacerse sin establecer derivaciones, ni emplear máquina ni aparato, ni detener o desviar el curso de las aguas, ni deteriorar el cauce o las márgenes de la corriente, ni alterar o contaminar las aguas en forma que se imposibilite su</p>
<b>Decreto 1594 de 1984</b>	Reglamente el D. 2811 y la ley 9. Usos del agua y recursos líquidos.
<b>Decreto 951 de 1989</b>	Reglamento para servicios de acueducto y alcantarillado.
<b>Decreto 1842 de 1991</b>	Estatuto nacional de usuarios de servicios públicos domiciliarios
<b>Decreto 2167 de 1992</b>	Reestructuración del departamento nacional de planeación y crea las comisiones reguladoras de servicios públicos.
<b>Ley 60 de 1993</b>	Le da competencia a los municipios para agua potable.
<b>Ley 99 de 1993</b>	Crea el ministerio del medio ambiente.
<b>Ley 142 de 1994</b>	Régimen de servicios públicos domiciliarios.
<b>Decreto 1524 de 1994</b>	Delegación en la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico.
<b>Resolución 08 de 1995</b>	Criterios y metodología para determinación de tarifas por empresas de servicios públicos.
<b>Resolución 12 de 1995</b>	Evaluación de resultados. Criterios, indicadores, características, moderadores.
<b>Decreto No 475 de 1998</b>	Establece 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, excepto el agua envasada.
<b>Decreto 302 de 2000</b>	Reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.
<b>Decreto 421 de 2000</b>	Reglamenta el numeral 4 del artículo 15 de la Ley 142 de 1994, en relación con las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas.



<b>Decreto 1713 de 2002</b>	Relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
<b>CONPES 3253 de 2003</b>	Establece la importancia estratégica del Programa de Modernización Empresarial en el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
<b>Decreto 155 de 2004</b>	Que reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.
<b>CONPES 3385 de 2005</b>	Recomendación técnica que posibilita la participación privada en Servicios Públicos Domiciliarios, mediante los procesos de regionalización promovidos
<b>Planes Departamentales</b>	El gobierno central genera el manejo empresarial de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo (CONPES 3463).
<b>Plan nacional 2007-2010</b>	Subcapítulo titulado, el agua para la vida. La estrategia para maximizar el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento básico se soporta en dos pilares fundamentales: el impulso de esquemas regionales de prestación de los servicios a través de Planes Departamentales de Agua y Saneamiento Básico.
<b>Programa Agua potable para la Gente, Plan de Desarrollo de Risaralda 2008-2011</b>	Propone mejorar el sector, se trabajará en la implementación del Plan Departamental de Agua y Saneamiento, estrategia de la nación para obtener e invertir recursos de gran cuantía, sin precedentes en las inversiones departamentales permitiendo generar un impacto positivo en los indicadores de calidad, continuidad y cobertura de los sistemas de acueducto.
<b>Programa Medio ambiente, Agua potable y Saneamiento Básico, Plan de desarrollo Dosquebradas digna 2008-2011</b>	Busca el mejoramiento Integral en la prestación de los servicios de Agua, alcantarillado y aseo acorde a la normatividad existente, bajo criterios de uso racional, protección y conservación ambiental, para ello plantea las siguientes líneas de acción: Ejecución de obras contenidas en el Plan Maestro de Alcantarillado; Implementación del Plan de Saneamiento y manejo de Vertimientos de Serviciudad; Fortalecimiento y seguimiento a los Acueductos Comunitarios, en su parte administrativa, operativa, técnica y en la infraestructura; Instalación de los Sistemas Sépticos en la Zona rural del municipio, de manera auto sostenible; Mesa técnica de análisis de participación municipal en el Plan Departamental de Aguas; Formulación e implantación del Plan de contingencia del sistema de acueducto de Serviciudad; y manejo integral del recurso hídrico.

Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada

## **Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia**

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el 2005, publicó Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia, una propuesta del Gobierno Nacional la cual señala como meta de cobertura total de acueducto: 81.6% para 2015 y 82% para 2019. En el caso de saneamiento básico proyecto como meta 70.9% y 75.2% para 2015 y 2019 respectivamente.

No obstante, la política para la zona rural de Colombia no fue adoptada, en el citado documento se planteó como elemento central:

Mejorar la calidad de vida de la población rural mediante el acceso a agua para consumo humano y saneamiento básico, en armonía con el manejo ambiental, garantizando el cumplimiento de las competencias de los niveles regionales y locales, con el apoyo del nivel nacional, promoviendo esquemas de prestación y modelos de gestión sostenibles a largo plazo<sup>32</sup>.

## **Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico<sup>33</sup>**

Es una documentación técnica normativa señala los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y sus actividades complementarias. Se expide en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 142 de 1994, que establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, y busca garantizar su calidad en todos los niveles<sup>34</sup>.

Esta ley le asignó al Ministerio de Desarrollo Económico la responsabilidad de determinar el alcance de los requisitos técnicos una vez que la Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico señaló esta necesidad, teniendo en cuenta que su aplicación no conlleva restricción indebida a la competencia.

De acuerdo a su obligatoriedad, el presente Documento Técnico Normativo está dividido en tres secciones:

---

<sup>32</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política de agua potable y saneamiento. En: Camino hacia un país de propietarios, plan sectorial 2002-2006.

<sup>33</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá, noviembre de 2000. [En línea]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloA.PDF>

<sup>34</sup> Ibíd.

**Sección I** Título A: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, el cual contiene el acto resolutivo mediante el cual el Ministerio de Desarrollo Económico, con base en las facultades que le otorga el Decreto No. 1112 de 1.996, lo expide como tal y le confiere carácter oficial para su aplicación en todo el territorio nacional. Los requisitos, procedimientos, prácticas y normatividad vigente, allí contenidos o mencionados, tiene el carácter de mandatorios y se reafirman por el uso frecuente de la palabra debe en cualquiera de sus acepciones.

**La sección II** de este Documento Técnico Normativo contiene los siguientes Títulos:

B. Acueducto

C. Potabilización

D. Recolección y evacuación de aguas residuales, domésticas y pluvialesE. Tratamiento de aguas residuales

F. Aseo urbano

G. Aspectos complementarios

**La Sección III**, Título H del presente Documento Técnico Normativo contiene, a manera de información, el listado completo de las Normas Técnicas Colombianas y extranjeras que se aplican para los productos terminados, sus procesos de fabricación y procedimientos propios del Sector. También incluye información sobre las principales leyes, decretos y resoluciones del orden nacional, que aplican al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico a la fecha de su publicación<sup>35</sup>.

Los requerimientos de esta normativa incluyen análisis microbiológico del agua, análisis básicos y complementarios, características, análisis físico y químico de agua, cloro residual libre, entre otros.

---

<sup>35</sup> *Ibíd.*

## 6. MARCO CONTEXTUAL

### 6.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS

Dosquebradas es el más reciente municipio del Departamento de Risaralda (fundado oficialmente en 1973) y uno de los de mayor crecimiento poblacional —no solo en la región— sino en el país, que presenta, además, un desarrollo socio económico superior al promedio nacional.

El municipio está ubicado en el valle de los Quimbaya, contiguo a Pereira, la capital de Risaralda. Separados tan solo por el río Otún y unidos por el viaducto 'César Gaviria Trujillo', ambas poblaciones encabezan el área Metropolitana Centro Occidente –AMCO-<sup>36</sup>. Dosquebradas tiene acceso a distintas vías nacionales, tales como la Troncal de Occidente y la Autopista del Café, lo que lo convierte en lugar estratégico para el asentamiento de grandes empresas manufactureras y centros logísticos y de distribución de mercancías.

Su historia se involucra tanto con la de Pereira como la de Santa Rosa de Cabal. Esta última, a la cual perteneció como corregimiento hasta el año 1972. Actualmente cerca de 200.000 habitantes pueblan esta ciudad que se desarrolló en la planicie, a lado y lado de la vía que comunica a Pereira con Manizales, constituyéndose primero en vereda, luego en corregimiento y hoy es el más próspero municipio del Eje Cafetero<sup>37</sup> colombiano.

### 6.2 RESEÑA GEOGRÁFICA

La ciudad de Dosquebradas se encuentra ubicado sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central, entre las coordenadas: 4° 45' - 4° 51' lat. Norte y 75° 30' - 75° 45' Longitud Oeste<sup>38</sup>. El Municipio presenta una temperatura promedio de 20° y está ubicado a 1.460 metros sobre el nivel del mar en medio de un territorio montañoso.

---

<sup>36</sup> GAVIRIA, Mario y SIERRA, Hedmann. Pobreza, inserción precaria y economía popular en Risaralda. Pereira: Universidad Católica de Pereira, 2007.

<sup>37</sup> *Ibíd.*

<sup>38</sup> ALCALDÍA DE DOSQUEBRADAS. Componentes hídricos. [En línea] [Consultado en junio 10 de 2014] Disponible en:

Presenta un área física total de 70.8 km<sup>2</sup> y un área urbana 14.1 km<sup>2</sup>. El área rural de Dosquebradas es de 56.7 km<sup>2</sup>. Los límites generales del municipio son los siguientes: por el Norte con los municipios de Marsella y Santa Rosa de Cabal, por el sur y el oeste con el municipio de Pereira y por el este con el municipio de Santa Rosa de Cabal<sup>39</sup>.

Superficie: 70.8 km<sup>2</sup>

Altura: 1.400 ms

Temperatura: 21°–22 °

Figura 6: Ubicación geográfica de Dosquebradas. Risaralda, 2010



Fuente: CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas, Risaralda.

[http://www.dosquebradas.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3000:resenaecologica&catid=29:informacion-general&Itemid=144](http://www.dosquebradas.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3000:resenaecologica&catid=29:informacion-general&Itemid=144)

<sup>39</sup>. Ibíd.

### 6.3 RESEÑA HISTÓRICA DE DOSQUEBRADAS

La fecha de fundación del Municipio se remite al 6 de diciembre de 1972. Fueron sus fundadores: Bernardo López Pérez, Lilian Palacio de Álzate, Félix Montoya, Antonio Holguín, Eloy Zapata, Colombia López de Holguín, Lino Pastor López, Narcés Ortiz, Jorge Sanín Salazar, Nardo José Castaño, entre otros líderes que forjaron los senderos de la ciudad en que vivimos.

El territorio que hoy ocupa el municipio de Dosquebradas, estuvo habitado al tiempo del descubrimiento y la conquista, por la tribu o nación de los aborígenes Quimbayas. Este territorio fue descubierto por el Capitán Jorge Robledo, al penetrar en dicha provincia a su regreso de Arma en el año de 1540<sup>40</sup>.

Durante muchos años el sitio donde hoy se erige este municipio fue un enorme lote baldío, que sirvió durante las guerras patrias como escondite de patriotas y otros seguidores de la república<sup>41</sup>.

A inicios del siglo XX ya habían establecidos en este valle varias haciendas ganaderas. Así fue creciendo de a poco la población alrededor de una economía rural básica, hasta que a finales de los años 40 se comenzaron a establecer algunas empresas y manufacturas que perfilarían el devenir industrial del Municipio. Ya para esta época Dosquebradas hacía parte de la jurisdicción del municipio de Santa Rosa de Cabal.

Para finales de los años sesenta la creciente población concibió la posibilidad de erigirse como ente autónomo. La creación de nuevos departamentos como Quindío con capital Armenia y Risaralda con capital Pereira, impulsó a la dirigencia de Dosquebradas de independizarse de Santa Rosa<sup>42</sup>.

Así, en el año 1973, y tras una larga diligencia, Dosquebradas se erige como uno de los 14 municipios del recién creado departamento de Risaralda. A hoy, cuatro

---

<sup>40</sup> CHICA, Julián. Un valle lacustre llamado Dosquebradas. Aproximación prehistórica. Pereira: Editorial Manigraf, 2007.

<sup>41</sup> *Ibíd.*

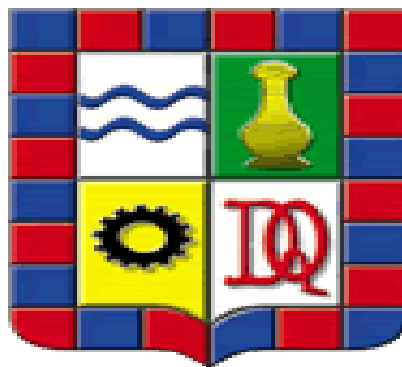
<sup>42</sup> *Ibíd.*

décadas después, Dosquebradas es una población creciente, dinámica y uno de los principales centros económicos e industriales del occidente colombiano.

Desde las primeras décadas del siglo XX, el municipio de Dosquebradas ha presentado un acelerado crecimiento urbano y poblacional. Desde los años 70 del siglo pasado, cuando tenía una población de 49.395, ha pasado a tener 105.719 en 1985 y 173.452 para el año 2005<sup>43</sup>.

Su crecimiento económico ha sido, además, uno de los rápidos vivenciados a nivel nacional. Con la construcción de fábricas como textiles Omnes, Comestibles La Rosa, la Molinera de Caldas, etc., Dosquebradas terminó por fortalecer su crecimiento urbano-poblacional en torno a la dinámica industrial. De esta forma, el municipio ha sabido recibir población inmigrante proveniente de diferentes partes del país.

Figura 7: Escudo de Dosquebradas



Fuente: Alcaldía de Dosquebradas

---

<sup>43</sup> Ibíd.

Figura 8: Bandera de Dosquebradas



Fuente: Alcaldía de Dosquebradas

## 6.4 COMPONENTES HÍDRICOS

El Municipio de Dosquebradas cuenta con 26 microcuencas que hacen parte de la cuenca de la Quebrada Dosquebradas; del Río San José; del Río San Francisco y del río Otún. Además de las aguas superficiales, en el Municipio de Dosquebradas se ha incrementado el aprovechamiento de aguas subterráneas, en sectores como: La Badea, Frailes, La Pradera, Santa Mónica y otros<sup>44</sup>.

### 6.4.1 Hidrografía de Dosquebradas

La principal cuenca del municipio es la Quebrada Dosquebradas, la cual es formada por la unión de las quebradas Manizales y Aguazul, entregando sus aguas al Río Otún. La red hidrográfica se origina de manantiales y de aguas subterráneas que se van acumulando para formar una amplia red de caudal de tipo permanente.

Esta agua subterránea aflora entre 1600 y 1800 ms.n.m, de ella depende varios acueductos urbanos y rurales que abastecen a la población. La red hidrográfica principal está conformada por las quebradas: La Fría, Tominejo, La Amoladora, Gutiérrez, Aguazul, Frailes, Manizales, La Víbora, La Soledad y Molinos, entre otras<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> ALCALDÍA DE DOSQUEBRADAS. Componentes hídricos. (En línea). Disponible en: [http://www.dosquebradas.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3000:resenaecologica&catid=29:informacion-general&Itemid=144](http://www.dosquebradas.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3000:resenaecologica&catid=29:informacion-general&Itemid=144)

<sup>45</sup> CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas, Risaralda. Informe.



Tabla 22: Red Hídrica del Municipio de Dosquebradas. Dosquebradas, 2010.

Cuencas	Microcuencas
Río Otún (Subcuenca Quebrada Dosquebradas)	1. Aguazul
	2. Manizales y 3. La Soledad
	4. Tominejo y 5. Barrizal (La Amoladora)
	6. Molinos
	7. La Víbora
	8. Gutiérrez y 9. La Cristalina (El Oso)
	10. Frailes
	11. La Fría
Río Otún (Subcuenca Quebrada San José)	12. Dosquebradas (cuenca baja)
Río Otún (afluentes directos)	13. San José (cuenca baja)
Río Cauca (Subcuenca Río San Francisco)	14. Otún (tramo urbano)
	15. La Grecia
	16. La Albania

Tomado de CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas, Risaralda. Informe.

El área de la cuenca es de 494 Km<sup>2</sup>, tiene una longitud total de 67 Km. siguiendo una trayectoria en sentido oriente- occidente desde la Laguna del Otún, donde nace a 4000 m.s.n.m., hasta confluir en el Río Cauca a 950 m.s.n.m. en la Vereda Estación Pereira<sup>46</sup>.

A pesar de que según los parámetros morfo métricos el Río Otún, hasta el Cedral, tiene una media probabilidad de presentar crecientes repentinas, en algunos estudios<sup>3</sup> se cita que: "...en la cuenca del Río Otún han ocurrido y seguirán ocurriendo avalanchas y por Esto hay que tomar algunas medidas de control o seguridad sobre la población..."<sup>47</sup>. Lo Anterior se evidenció más recientemente con la creciente del Río Otún de marzo del año 2002.

---

<sup>46</sup> Ibíd.

<sup>47</sup> Ibíd.

## 6.5 ABASTECIMIENTO DE AGUA

Para la prestación de este servicio el municipio tiene un convenio con los municipios de Santa Rosa y Pereira. Estos dos acueductos abastecen el agua para el 77% de la población la Empresa de Servicios Públicos del Municipio se encarga de la facturación y cobranzas a los usuarios de este servicio, así como de los de energía, basuras, alcantarillado y teléfono. El 23% restante solucionan su abastecimiento a través de: acueductos comunitarios 18.8% y acueductos privados 4.2%<sup>48</sup>.

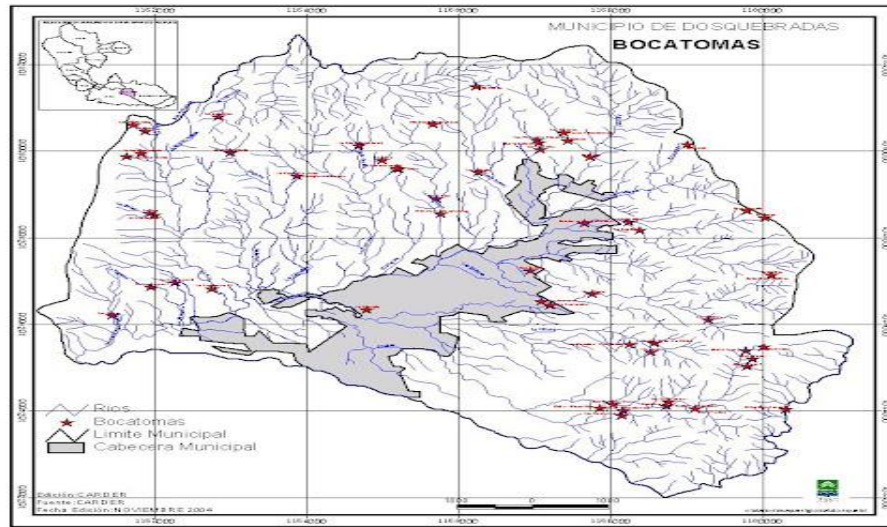
La administración de los acueductos comunitarios está a cargo de las mismas comunidades, mediante juntas de acción comunal, juntas administradoras y asociaciones de usuarios.

- **Aguas residuales y excretas:** La empresa de servicios públicos de Dosquebradas presta este servicio, en el casco urbano del municipio, mediante un sistema de alcantarillado colectivo. Sin embargo, por limitaciones con la topografía, algunos sectores continúan realizando sus descargas de forma individual a las fuentes superficiales (30%) Desechos sólidos: La prestación de este servicio está a cargo del municipio y se presta dos veces a la semana.
- **Cultura, Recreación y Deportes:** Además de la casa de la cultura y de varios grupos de teatro, el municipio cuenta con el Instituto de Cultura, Recreación y Deportes de Risaralda.

---

<sup>48</sup> VARGAS, Silena. El rol de las comunidades en la gestión de sistemas de abastecimiento de agua en países de desarrollo – Colombia. Dosquebradas, Colombia: Instituto de Investigación y Desarrollo en agua potable, saneamiento básico y conservación del recurso hídrico – Universidad del Valle, 2001, p. 14

Figura 9: Bocatomas del Municipio de Dosquebradas.



Fuente: Estadísticas Ambientales Municipales.

## 6.6 RESEÑA ECONÓMICA

Denominada como la ciudad industrial y empresarial del departamento de Risaralda y del Eje Cafetero, Dosquebradas se ha venido consolidando a través de los años gracias al establecimiento de una gama de sectores de la producción que facilitan e interactúan entre sí para el fortalecimiento económico y empresarial del Municipio. La manufactura, la generación de servicios y una creciente participación comercial son algunos de los componentes clave de esta dinámica económica<sup>49</sup>.

El Municipio es reconocido como el de mayor participación y dinámica en el proceso exportador del Departamento y la región, lo cual ha sido el resultado de una excelente ubicación geográfica; esto permite el suministro de materias primas y de ubicación de productos en los mercados domésticos e internacionales con las mejores condiciones y facilidades<sup>50</sup>.

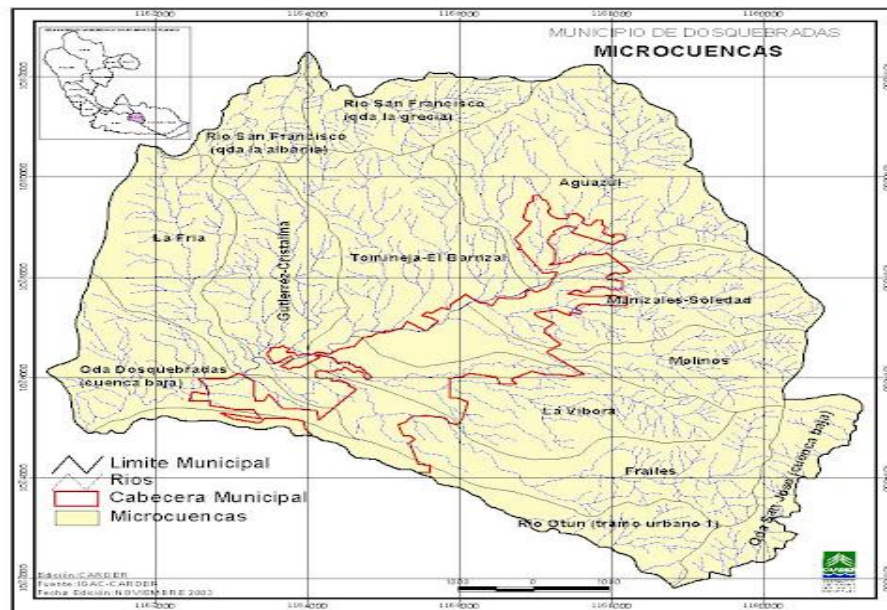
Dosquebradas se ha caracterizado en la última época por perfilarse como un centro nacional de bodegaje, razón de peso para que cuatro de las empresas de

<sup>49</sup> GAVIRIA y SIERRA. Op. Cit.

<sup>50</sup> Ibíd.

mensajería más grandes del país (TCC, SERVIENTREGA, FEDEX, DEPRISA) tengan puntos de alto volumen de distribución en esta ciudad<sup>51</sup>.

Figura 10. Micro-cuencas del Municipio de Dosquebradas.



Fuente: CARDER. Estadísticas Ambientales Municipales.

## 6.7 REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO<sup>52</sup>

Este es un manual de prácticas de buena Ingeniería que recoge el interés general del sector por lograr un acercamiento a las condiciones reales del país, estableciendo los criterios y recomendaciones para el diseño, construcción, supervisión técnica, interventoría, operación y mantenimiento propios de los sistemas de Agua potable y Saneamiento básico<sup>53</sup>.

<sup>51</sup> Ibíd.

<sup>52</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Sección II. Título B. Sistema de acueducto. Bogotá, noviembre de 2000. [En línea] Disponible en: [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4\\_Sistemas\\_de\\_acueducto.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4_Sistemas_de_acueducto.pdf)

<sup>53</sup> Ibíd.

El reglamento congrega un listado con el código y la descripción breve del contenido de las Normas Técnicas Colombianas e Internacionales de los productos terminados, de los ensayos de control de calidad y en general de los procedimientos propios de la ingeniería sectorial relacionada con los temas allí tratados<sup>54</sup>.

Con este se pretende que el contratista, o la entidad ejecutora, o la entidad contratante a través de su interventoría, o en general cualquier organismo que tenga jurisdicción legal sobre las instalaciones de Agua potable y Saneamiento básico, pueden utilizar estos manuales para dar cumplimiento a su cometido y podrán utilizarlos, si así lo consideran, como mandatorios en sus procesos de contratación con terceros<sup>55</sup>.

---

<sup>54</sup> *Ibíd.*

<sup>55</sup> *Ibíd.*

## 7 METODOLOGIA

Este diagnóstico técnico presenta varias fases metodológicas que permiten diagnosticar las características técnicas del acueducto de San Fernando y cómo éstas deben ser evaluadas a continuación se observan las fases mencionadas anteriormente:

### 7.1 Primera fase:

Está ligada a una revisión bibliográfica que permita abordar tanto teórico como conceptual el desempeño de un acueducto con sus estructuras y características. Se realiza una visita a la entidad encargada de la prestación del servicio y por medio de ésta recopilar la información que nos permita de manera eficaz realizar el diagnóstico de dicho acueducto. Se debe tener contacto con el fontanero del acueducto comunitario, persona encargada de los procesos de mantenimiento y funcionamiento del acueducto

### 7.2 Segunda fase:

Se tiene en cuenta la información recolectada para realizar un cuadro de variables, el cual permita tener un orden en el momento de recolectar los datos.

### 7.3 Tercera fase:

Teniendo en cuenta que la exploración permite comprender que el acueducto comunitario San Fernando funciona con base en los objetivos específicos ya relacionados dividiéndose en:

- Cuenca hidrográfica
- Estructura del sistema
- Redes de distribución

### 7.3.1 Cuenca hidrográfica

Para abordar el estado de la cuenca, se elabora un diagnóstico de campo en el cual se tienen en cuenta los aspectos técnicos usados en el manual para el desarrollo de Planes de Seguridad del Agua<sup>56</sup> a continuación se enumeran los pasos a realizar para la recolección de la información:

- Se realiza una discusión técnica basada en los antecedentes el grupo en el cual se determina la distancia a recorrer aguas arriba de la quebrada.
- Se determina una distancia margen a los costados de la quebrada de 15 metros, esta decisión se toma basados en el numeral 5.1.1.
- Se realiza el recorrido identificando las características principales de la microcuenca y si existen cambios que afecten a ésta.
- Se observa el uso del suelo y el estado en que se encuentran los recursos en la zona de estudio, y la forma en que estos factores afectan a la cuenca.
- Se realizan los cálculos del numeral 5.2.2 para determinar el caudal de la cuenta.

Se procede a realizar un diagnóstico de la cuenca y de la fuente según los siguientes parámetros:

- Riesgo geotécnico
- Fenómenos meteorológicos
- Utilización del suelo. Presencia de viviendas y cultivos
- Vertimientos  
Desestabilización de ladera.

---

<sup>56</sup> OMS. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. 2009. P 21

### **7.3.2 Estructura del sistema**

La metodología para el análisis de la estructura se realiza de la siguiente manera<sup>57</sup>.

#### **7.3.2.1 Bocatoma**

A continuación se describen las actividades para realizar la determinación del estado actual de la estructura:

- Identificación la ubicación de la bocatoma.
- Reconocimiento del uso del suelo,
- Determinación tipo de vegetación,
- Identificación comunidades aledañas y otras fuentes de riesgo para la fuente abastecedora.
- Según el numeral 5.4 se hacen los cálculos correspondientes para el chequeo y comparación del funcionamiento de la estructura.
- Establecimiento del tiempo de funcionamiento de la estructura.
- Tipo de bocatoma (lateral, flotante, subterránea, lecho filtrante; etc.)

Se toman las medidas del sistema de captación. Se realiza la toma de medidas según como lo indica el libro de acueductos de José Gilberto López, para tener una idea del funcionamiento de la estructura.

#### **7.3.3.2 Línea de aducción**

- Se observa si la línea se encuentra subterránea o superficial.
- Se determina el estado y si se presentan fugas.
- Se determina sí la tubería cuenta con accesorios para controlar presión y si existen pérdidas en la tubería.
- Se determina el material, diámetros y longitudes de la tubería existente.

---

<sup>57</sup> COLCIENCIAS. Diagnóstico y evolución de una planta de tratamiento de agua potable: estudio de caso. 2013. P 44



### **7.3.3 Desarenador**

- Según lo descrito en el numeral 5.3 se proceden a realizar los cálculos correspondientes para tener una base del funcionamiento actual de la estructura.
- Se verifica su existencia, el estado actual, tipo de desarenador.
- Componentes de la estructura.
- Las dimensiones del desarenador, capacidad del desarenador.
- Se verifica si cumple las funciones para las cuáles fue diseñado.

#### **7.3.3.1 Línea de conducción**

- Se determina si la línea se encuentra subterránea o superficial.
- Se identifica el material, el estado de la tubería, si se presentan fugas.
- Se determina si la tubería cuenta con accesorios para controlar presión y si existen pérdidas en la tubería, se determinan diámetros y longitudes.

#### **7.3.3.2 Planta de tratamiento**

- Se verifica la existencia de la estructura.
- Se valoran sus características partiendo de: su periodo de funcionamiento.
- El estado de la estructura.
- Los procesos o estructuras que hacen parte del sistema.

#### **7.3.3.3 Caseta de cloración**

Se determina qué tipo de cloro el cual se aplica al agua, la forma en la cual es aplicado y la cantidad.

#### **7.3.3.4 Tanque de almacenamiento**

- Estado, ubicación, periodo de funcionamiento, dimensiones y desagües.
- Finalmente se procede a calcular sus dimensiones, para verificar si cumple con las especificaciones de diseño establecidas en la bibliografía existente como se muestra en el numeral 7.3.

### 7.3.4 Red de distribución

Se determina el tipo de red con el cual recorre el agua del acueducto San Fernando, para ello se realiza el catastro de redes este es un registro de cada uno de los componentes de la red por medio de la metodología especificada en Delgado<sup>108</sup>.

- Reconocimiento de campo y levantamiento de datos.
- La elaboración de croquis referentes al sistema de distribución de agua.
- Elaboración de los planos de catastro técnico del sistema, los cuales permitan detallar de una manera organizada, todos los componentes de la red de distribución.

Se observan los siguientes aspectos:

- De qué material es la tubería, las dimensiones, longitud.
- El tipo de red existente.
- La distribución es por gravedad o por bombeo.
- Se analiza el estado de la tubería,
- El tiempo de funcionamiento.
- La calidad del servicio.
- a cuántas personas abastece.<sup>58</sup>
- Reconocimiento de campo y levantamiento de datos

Se realiza un recorrido por el acueducto, para poder determinar qué tipo de distribución de agua es la que se implementa (ramificada, mallada o mixta), para tener en cuenta las características de distribución y asociarlas con el terreno, y así se procede a levantar los datos del recorrido del sistema.

#### 7.3.4.1 Elaboración de croquis

Después de obtener los datos del sistema de distribución y su recorrido, se procede a plasmar esos datos en un croquis, el cual sirva como guía para observar el sistema de distribución del sistema.

---

<sup>58</sup> DELGADO, Joaquín. Procedimiento en catastro de redes, 2009, p 3. [En línea] [Consultado el 20 de octubre de 2014] Disponible en [http://www.catastrolatino.org/documentos/seminario\\_montevideo2011/ponencias/catastro%20seguridad%20juridica%20experiencia%20peruana.pdf](http://www.catastrolatino.org/documentos/seminario_montevideo2011/ponencias/catastro%20seguridad%20juridica%20experiencia%20peruana.pdf)

#### ***7.3.4.2 Planos de catastro técnico del sistema***

Con la ayuda del croquis anteriormente realizado se realiza un plano de manera precisa apoyándose de herramientas como AutoCAD Land Desktop Companion.

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Imprevistos

Se realizaron los siguientes cálculos necesarios para el análisis de los resultados:

#### 8.1.1 Concesión de aguas

El día del recorrido por la cuenca se realizó el aforo con los siguientes datos:

- Ancho: 3,5 metros
- Longitud analizada: 10 metros
- Profundidad: 0,30 metros
- Tiempo (t) del objeto en recorrer la longitud analizada:
- 14,31 segundos
- 14 segundos
- 15,97 segundos
- Promedio: 14,76 segundos

Los datos fueron tomados en una semana transcurrida de verano y presentando pocas lluvias sin afectar su caudal normal.

$$v = \frac{10}{14,76} = 0,68 \text{ m/s}$$

$$Q = 1,05\text{m}^2 * 0,68 \text{ m/s} = 0,714 \text{ m}^3/\text{s} = 714 \text{ l/s}$$

## 8.2 Primera fase:

### 8.2.1 Relación de visitas realizadas

Se realizaron 14 visitas al acueducto de la siguiente manera:

Tabla 23: Cronología actividades realizadas en visitas acueducto San Fernando, Dosquebradas, 2014.

FECHAS VISITAS		
Mes	Días	Actividad realizada
Enero	22	Reconocimiento del acueducto
Febrero	13	Recolección de información
	24	Recorrido por la cuenca
Marzo	11	Medición en las estructuras
	28	Medición en las estructuras
Abril	20	Registro fotográfico
	30	Recorrido por la cuenca
Mayo	16	Recolección de información
Junio	12	Recolección de documentación
	19	Visita a la Alcaldía de Dosquebradas para la obtención de Plano
Julio	5	Recorrido por la comunidad para el levantamiento de redes
	16	Registro fotográfico
	28	Recolección de información

Fuente: los autores

### **8.2.2 Información general del acueducto**

Se realizó la revisión bibliográfica, en la cual se obtuvo información trascendental para el diagnóstico técnico. El acueducto comunitario de San Fernando en Dosquebradas es una entidad sin ánimo de lucro que busca servir llevar agua a los 600 usuarios del barrio San Fernando.

El agua captada por este acueducto viene de la microcuenca los molinos nace en el Alto del Oso a 2.050 metros sobre el nivel del mar el área oriental del municipio cruzándolo en sentido oriente – occidente, limita por el norte con la microcuenca de la Quebrada Manizales y por el sur con la microcuenca de la Quebrada La Víbora. Entrega sus aguas en la Quebrada Dosquebradas a altura de los barrios Buenos Aires y Los Naranjos, posterior a este, desemboca en el Rio Otún.

El acueducto fue diseñado por el ingeniero Mario Giraldo Enciso, dicho acueducto tiene un tiempo de construcción de 35 años, ha sido modificado en varias ocasiones adicionándole y quitándole tuberías según la información brindada por el fontanero, la tubería fue cambiada de asbesto cemento a PVC hace 10 años.

### **8.3 Segunda fase:**

Al realizar las visitas se determinó que las variables a identificar son las presentes en la Tabla 24:

Tabla 24: Matriz de diseño metodológico de variables según componente del sistema. Dosquebradas, 2014.

<b>MATRIZ DE DISEÑO METODOLOGICA</b>						
<b>N</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>ATRIBUTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TECNICA A UTILIZAR</b>	<b>INSTRUMENTOS PARA EJECUTAR LA TECNICA</b>	<b>PRODUCTO ESPERADO</b>
1	<b>CUENCA</b>	Área	M2	Recorrido de campo	GPS- Cámara fotográfica	Caracterización de la cuenca
1.1	Uso del suelo	Actividades	#	Recorrido de campo	Observación	Actividades antrópicas del sector
1.2	Numero de vertimientos	Cantidad	#	Recorrido de campo	Observación	Vertimientos a la quebrada
1.3	Concesión de aguas	documento		Revisión de documentos	Lectura	Caudal concedido por la CARDER
1.4	caudal captado	caudal	M3/S	Medición manual	Balde-Cronometro	Caudal
2	<b>ESTRUCTURA</b>					
2.1	Bocatoma	Volumen de captación	M3/S	Medición manual	Flexómetro	Dimensiones de la Bocatoma
2.2	Tubería de aducción	Canales o tuberías	M	Recorrido de campo	Cámara Fotográfica	Identificación de riesgos
2.3	tubería de conducción	Canales o tuberías	M	Recorrido de campo	Cámara Fotográfica	Identificación de riesgos
2.4	Desarenador	capacidad	M3/S	Medición manual	Flexómetro	Dimensiones del desarenador
2.5	Planta de tratamiento	funcionamiento		Observación	Flexometro-Cámara fotográfica	Identificación de componentes
2.6	Tanque de almacenamiento	Capacidad de tanque de almacenamiento	M3	Observación y medición	Flexometro-Cámara fotográfica	Capacidad de almacenamiento y estado
2.7	Calidad del agua	Según la RAS 2000		Comparación	N/A	Identificación de parámetros para la calidad del agua
3	<b>REDES</b>					
3.1	Diámetros		PULGADAS	Interpretación de planos existentes	N/A	Catastro de redes
3.2	Material	N/A	N/A	Interpretación de planos existentes	N/A	Catastro de redes

Fuente: elaboración propia a partir de información recopilada

## 8.4 Tercera fase:

### 8.4.1 Cuenca hidrográfica

Para abordar el estado de la cuenca se elabora un diagnóstico de campo en el cual se tienen en cuenta los aspectos técnicos usados en el Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua<sup>59</sup> a continuación se enumeran los pasos a realizar para la recolección de la información:

- Al abordar la bibliografía no se especifica una distancia para la cual realizar un diagnóstico para las condiciones morfológicas, de uso del suelo y factores de riesgo, por lo tanto se realizó una revisión de las fotografías satelitales de la zona (ver figura 12), donde se encontró que las condiciones generales de la cuenca son similares entre el punto de captación y el inicio de la misma. Por lo anterior se determinó que en una distancia de 300 metros se pueden apreciar las características generales de la cuenca que se repiten a lo largo de ella.

Figura 11: Bocatoma aguas arriba. Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

---

<sup>59</sup> Organización Mundial de la Salud. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. 2009. Op. Cit., p. 21



- Según el numeral 5.1.1 se determina que la zona de protección lateral son 15 metros.
- Se encuentra que su entorno es de bosque nativo, siguiendo con el recorrido se encuentra presencia de cultivos de plátano, se encuentra presencia de viviendas cerca de la fuente pero no hay signos de vertimientos en este tramo; se aprecia la presencia de personas dentro del afluente recreándose en él como se observa en la figura, lo cual puede aportar a la contaminación del agua y disminuir su calidad.
- 

Figura 12: Cuenca Quebrada Los Molinos, Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

Durante el recorrido no se notó la presencia de animales silvestres, animales domésticos entre otros; el acceso por el cual se inició el recorrido fue en la zona de la bocatoma del acueducto, pero aguas arriba se encuentran accesos por medio de los cuales las personas logran hacer contacto con la fuente y como consecuencia se contamine la fuente abastecedora.

La fuente tiene una dinámica fluvial activa, lo cual se puede denotar por la presencia de sedimentos y conglomerados de rocas de diámetros pequeños en las orillas del lecho gracias a las crecientes que se presentan causados por las lluvias.

Aguas arriba se manifiesta socavación en una ladera que se ubica contiguo a la fuente lo que provoca el fenómeno de remoción de masa y llevarlo hasta la zona de captación del acueducto por medio del caudal.

#### **8.4.1.1 Caudal de la fuente**

Al realizar el aforo con las ecuaciones antes vistas en el numeral 5.1.

- Datos de la quebrada
- Ancho: 3,5 metros
- Longitud analizada: 10 metros
- Profundidad: 0,30 metros
- Tiempo (t) del objeto en recorrer la longitud analizada:
- 14,31 segundos
- 14 segundos
- 15,97 segundos
  
- Promedio: 14,76 segundos

$$v = \frac{10}{14,76} = 0,68 \text{ m/s}$$

$$Q = 1,05\text{m}^2 * 0,68 \text{ m/s} = 0,714\text{m}^3/\text{s}$$

#### **8.4.2 Estructura del sistema**

El sistema cuenta con los siguientes componentes: fuente, bocatoma, línea de aducción, desarenador, línea de conducción, planta de tratamiento, un tanque de almacenamiento.

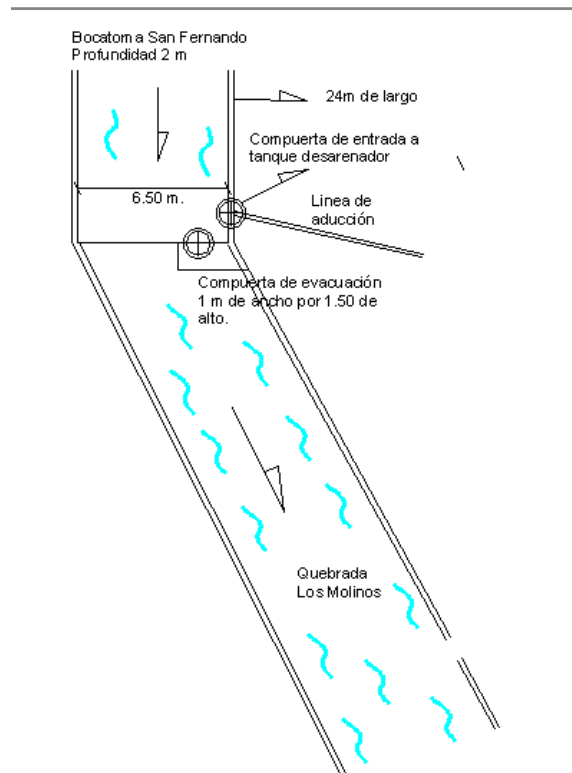
##### **8.4.2.1 Bocatoma**

Está ubicada en las coordenadas geodésicas 4° 49' 58" N 75° 39' 39" O 1507 msnm. La bocatoma es de tipo lateral, el agua no necesita ser encausada ya que la corriente es en sentido de la bocatoma y llega de manera natural, la estructura tiene un tiempo de funcionamiento de 35 años, se encuentra en buen estado a pesar del tiempo de construcción.

Las medidas de la bocatoma son 6 metros de ancho por 15 metros de largo.

La bocatoma consta de dos compuertas una es la compuerta frontal de lavado la cual es manipulada manualmente esta se abre o cierra para evacuar el material grueso que arrastra la quebrada, la segunda compuerta es lateral también es operada manualmente dicha compuerta conduce el agua al tanque desarenador por medio de la línea de aducción que consta de una tubería de 15 pulgadas en asbesto cemento, el caudal captado es 12,5 l/s, como se muestra en la Figura 13.

Figura 13: Esquema visto en planta de la bocatoma del acueducto San Fernando, Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

Figura 14: Bocatoma del acueducto, Dosquebradas, 2014



Fuente: los autores

#### **8.4.2.2 Línea de aducción**

La tubería de aducción parte de la compuerta lateral que sale de la bocatoma, la cual transporta el agua que conduce hasta el desarenador, la tubería tiene una longitud 6 metros, es una tubería de asbesto cemento de 16” subterránea, dicha tubería se encuentra en buen estado a pesar de su material y tiempo de funcionamiento, se conecta directamente con el desarenador.



Figura 15: Entrada línea de aducción a desarenador, Dosquebradas, 2014



Fuente: los autores

#### **8.4.2.3 Desarenador**

Es una estructura en concreto sus dimensiones son 6.2 metros de largo por 2.7 metros de ancho y 2.30 metros de profundidad, el concreto de la estructura se encuentra con desgaste ya que se encuentra a la intemperie.

Figura 16: Desarenador visto en planta, Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

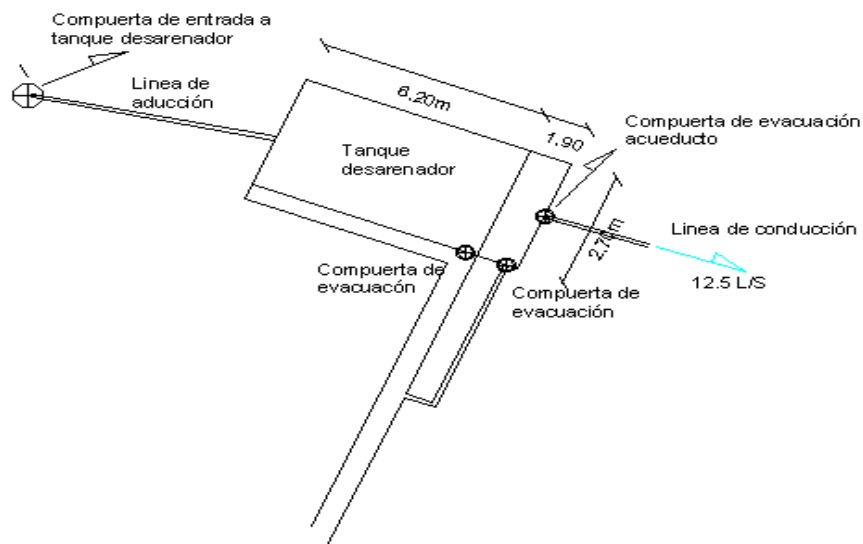
Esta estructura es un desarenador de flujo horizontal lo cual lo compone una zona de entrada de una tubería en concreto de 16", zona de sedimentación, zona de lodos y una zona de salida, la capacidad de dicho tanque es de 38.5 m<sup>3</sup> de agua.

Los componentes del desarenador son los siguientes:

Cuenta con un canal de rebose que conduce a la quebrada el agua sobrante, consta de una compuerta de 60 cm por 60 cm que se emplea para efectuar el lavado del desarenador. El desarenador cuenta con una rejilla elaborada artesanalmente que cumple la función de filtro para los residuos que caen al desarenador por estar descubierta.

El agua al seguir su curso sigue a un tanque el cual tiene 1.90 metros de largo y 2.70 metros de ancho y una profundidad de 1.50 metros, este cuenta con dos compuertas, la primera mide 50 cm por 50cm. La compuerta es utilizada para evacuar el agua en el lavado y la otra compuerta posee las mismas medidas de la anterior la cual actúa como control de paso para la línea de conducción.

Figura 17: Esquema del desarenador visto en planta, Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

Para analizar sí el diseño del desarenador se encuentra con las dimensiones necesarias realizamos los siguientes cálculos:

$$V_{tx} = 2,9 \frac{8 + 23,3}{33,3} = 2,72$$

$$t = \frac{1500 \text{ mm}}{2,72 \text{ mm/s}} = 551 \text{ Segundos}$$

$$h = 1.5 \text{ profundidad minima recomendada}$$

La relación entre a y t se realiza asumiendo que la remoción de las partículas es un 87% y como sabemos que los deflectores se encuentran en un estado bueno se asume que la relación es 2,750.

$$\frac{a}{t} = 2,750$$

$$a = 551 \text{ sg} * 2,750 = 1516 \text{ segundos o } 25 \text{ minutos}$$

- **Capacidad**

$$C = 1516 \text{ s} * 9,27 \frac{l}{s} = 14053 \text{ l } 14 \text{ m}^3$$

$$Q = 9,27$$

- **Área**

$$A = \frac{14 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}} = 9,33 \text{ m}^2$$

Para deducir las dimensiones acorde a que la relación largo, ancho sea 4:1

Llamando  $x$  = Ancho

$4x$  = Longitud

$$x * 4x = 9,33 \text{ m}^2$$

$$4x^2 = 9,33\text{m}^2$$

$$X = \sqrt{\frac{9,33}{4}} \text{ m} = 1,52 = b$$

$$L = 4(1,52) = 6,10$$

Se verifica la velocidad de traslación:

$$V = \frac{9,27}{1,52 * 1,5} = 4,065$$

#### **8.4.2.4 Línea de conducción**

Cuenta con una tubería de 10" de diámetro la cual transporta el agua desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, Es una tubería en asbesto cemento totalmente cubierta por esta razón no se puede observar el estado de dicha tubería la longitud de este tramo es de 300 metros hasta el tanque de almacenamiento.

Tiene un tiempo de construcción de 35 años aproximadamente, esta contiene 2 válvulas ventosas, no posee válvulas de purga y no muestra fugas.

#### **8.4.2.5 Planta de tratamiento**

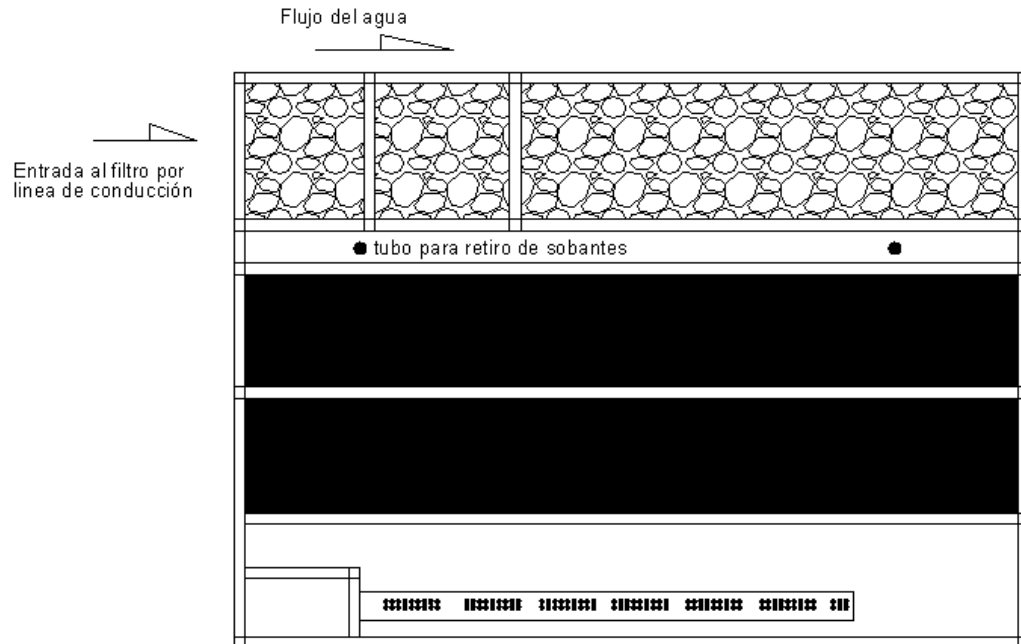
Al llegar al punto de la planta de tratamiento de agua potable se identifica que no tiene un tipo determinado.

Esta estructura es en concreto, no posee componentes útiles para el proceso del agua, está compuesto por una serie de tubos de PVC de diferentes diámetros algunos con agujeros realizados por el fontanero para que los materiales gruesos no pasen al tanque de almacenamiento, cuenta con tres llaves que actúan para pasar o detener el agua según la turbiedad con la cual llegue desde la línea de



conducción, y finaliza con una tubería de 3/8 de diámetro el cual actúa como transporte para la cloración.

Figura 18: Esquema de lechos filtrantes visto en planta, Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

#### 8.4.2.6 Caseta de Cloración

El cloro es aplicado por el fontanero de manera manual, por goteo aplicándole 10 litros de cloro líquido al 70% en el transcurso del día.

Figura 19: Tanque donde se almacena el cloro, Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

#### **8.4.2.7 Calidad del agua**

Se le realizan 8 pruebas de calidad las cuales determinan el estado del agua. Estos análisis se realizan cada año, y los administradores del acueducto comunitario de San Fernando deben pagar el costo de estas pruebas.

#### **8.4.2.8 Tanque de almacenamiento**

Se verifica su existencia, estado y ubicación.

Periodo de funcionamiento, dimensiones y desagües.

Finalmente se procede a calcular sus dimensiones, para verificar si cumple con las especificaciones de diseño establecidas en la bibliografía existente como se muestra en el numeral 5.

El acueducto cuenta con un tanque de almacenamiento el cual está semienterrado las dimensiones son de 11.5 de largo por 6.5 de ancho por 2.9 de profundidad.

Cuenta con un volumen de 217 m<sup>3</sup>, y contiene tres ventilaciones, cómo se ve en la Ilustración.

El tanque de almacenamiento tiene un tiempo de funcionamiento de 35 años y a pesar de su tiempo de construcción este se encuentra en buen estado.

Figura 20: Tanque de almacenamiento, Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

#### **8.4.3 Red de distribución**

Esta distribución sale con una tubería de PVC de 6". El diámetro de la tubería matriz va cambiando de 6" a 4" de 4" a 3" y de 3" a 2", y las tuberías que se adicionan a las casas son de 1/2". Esta red llega a 600 viviendas, el caudal que sale desde el tanque de almacenamiento es de 1080 m<sup>3</sup>.

En totalidad la tubería de la red es de PVC, esto lleva a deducir que se han hecho cambios en el acueducto, ya que hace 60 años que lleva de vida el acueducto, no se implementaba este tipo de tubería.

Es necesario decir que el sistema de acueducto no cuenta con macro y micro medición, lo cual no permite localizar pérdidas del sistema, facilitar reparaciones y controlar los consumos de los usuarios.

A continuación se muestra en la tabla las características de la red de conducción como lo es:

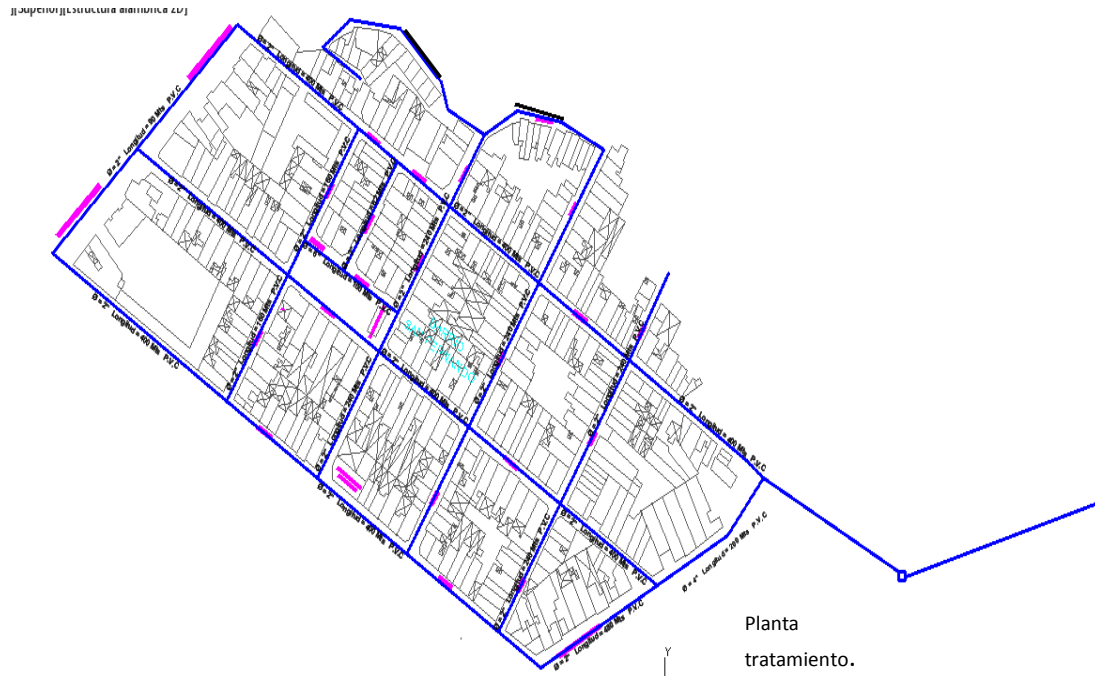
- Material
- Longitud
- Diámetro
- Ubicación

Tabla 25: Red de conducción, Dosquebradas, 2014.

DIRECCION	Ø"	MATERIAL	LONGITUD(m)
CALLE 43	2"	PVC	400
CALLE 44	2"	PVC	400
CALLE 45	6"	PVC	100
CALLE 46	2"	PVC	400
CALLE 46 A	2"	PVC	200
CALLE 46 BIS	2"	PVC	200
CRRA 22	6"	PVC	200
CRA 21	2"	PVC	480
CRA 21	4"	PVC	200
CRA 20	2"	PVC	240
CRA 19	2"	PVC	240
CRA 18	2"	PVC	240
CRA 17	2"	PVC	160
CRA 17 BIS	2"	PVC	62
CRA 16	2"	PVC	90
TOTAL	2"	PVC	3112
	4"	PVC	200
	6"	PVC	300
		PVC	3612

Fuente: Documentación perteneciente a la administración del acueducto San Fernando

Figura 21: Red de distribución acueducto San Fernando, Dosquebradas 2014.



Fuente: Fuente: Documentación perteneciente a la dministración del acueducto San Fernando

## 9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 9.1 Imprevistos

- Según lo informado por el fontanero el caudal que permite la CARDER de captación es de 12,5 l/s lo cual no representa una gran amenaza para la fuente y el flujo aguas debajo de la bocatoma.
- Según los cálculos realizados el caudal máximo horario son 8,63 l/s, este es el adecuado para una comunidad como San Fernando, se observa que el caudal recogido por la bocatoma es de 12.5 l/s, lo que indica que está sobredimensionado.

### 9.2 Primera fase:

Luego de realizar las visitas se pudo realizar el diagnóstico técnico del acueducto de San Fernando en Dosquebradas Risaralda.

### 9.3 Segunda fase:

Se realizaron las variables a evaluar en el acueducto el, las cuales fueron útiles para obtener un proceso consecutivo del diagnóstico.

### 9.4 Tercera fase:

Al realizar las fases anteriores se pudo recolectar la información para llegar al siguiente análisis:

#### 9.4.1 Cuenca

Las amenazas directas que afectan la calidad del agua son existencia de viviendas, cultivos, deslizamientos, son amenazas que afectan la estructura del acueducto y la calidad del agua.

En la cuenca se puede evidenciar que existen algunas amenazas para la calidad del agua, ya que existen viviendas (que hacen parte del barrio llamado primavera azul) a una distancia de 40 metros al lado de la quebrada; también existen sectores con cultivos de plátanos y no hay una malla o cercado que delimite la zona de captación.

- **Riesgo geotécnico**

La zona de la quebrada a 300 metros aguas arriba de la bocatoma puede evidenciar que no posee amenaza de este tipo.

- **Fenómenos meteorológicos**

Los antecedentes de la cuenca en temporada de lluvia el flujo del agua transporta grandes cantidades de escombros, material granular de gran tamaño que afecta la calidad del agua donde se afectado la variable de turbidez lo que obliga al cierre del sistema.

- **Utilización del suelo. Presencia de viviendas y cultivos**

Se observó a lo largo del afluente sobre los trescientos metros aguas arriba desde la zona de captación que había presencia de bosque nativo en las franjas de protección, pero en zonas de aproximadamente 5 metros sin respetar las franjas se encontró presencia de cultivos de plátano y café. Lo cual afecta negativamente generando en momentos de lluvias escorrentías rápidas y trayendo con ella químicos de uso agropecuario hacia la quebrada que pueden afectar la calidad del agua.

Se observa la presencia de viviendas pertenecientes al barrio primavera azul, están a 30 metros de la fuente, y las personas habitantes de dichas viviendas utilizan la quebrada para recoger agua, bañarse y utilizar la fuente de manera que se contamina el agua.

- **Vertimientos**

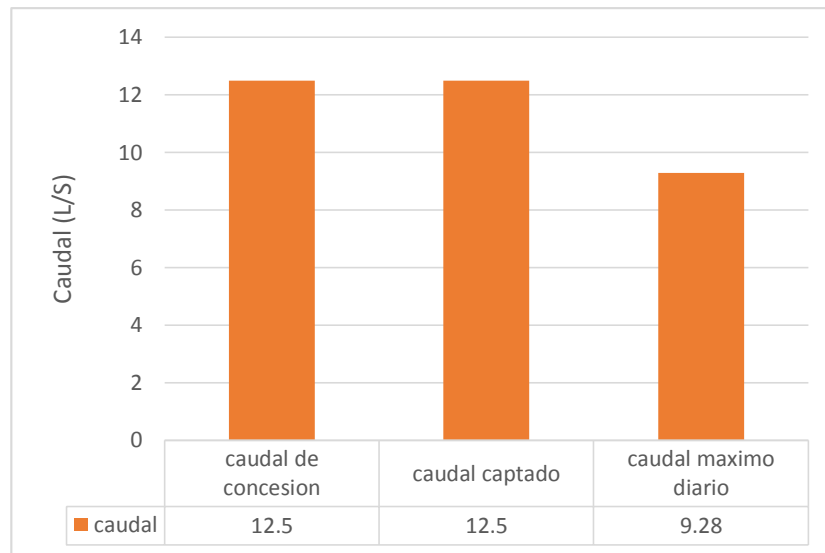
Aunque no existen registros de mediciones de calidad del agua tomados en la fuente a lo largo del recorrido de 300 metros del cauce no fueron visibles vertimientos de aguas en la quebrada.

- **Desestabilización de laderas**

Aguas arriba de la fuente partiendo desde la bocatoma las pendientes de ladera no son muy pronunciadas, estas se encuentran alrededor del (20) veinte y el (40) cuarenta por ciento, y gracias a la abundante vegetación no hay evidencia de desprendimientos de terreno.

Aunque en las fotografías y en los recorridos no se encontraron deslizamientos la evidencia de turbiedades en épocas de lluvia sustenta el hecho de que en algunos de los afluentes si se presentan deslizamientos que afectan la turbiedad del agua.

Figura 22: Comparación de caudales acueducto San Fernando, Dosquebradas, 2014.



Fuente: los autores

#### 9.4.2 Estructura del sistema

Por medio del Gráfico 1, se demuestra que si bien el caudal de concesión por la CARDER y el caudal de captación es el mismo, se observa que la demanda es menor. Esto indica que en la red pueden existir problemas producidos a consecuencia de usos no eficientes del agua.

Se puede decir que las posibles causas son: Los consumos no controlados de agua, ya sean de las viviendas o de líneas clandestinas, pueden captar más de lo esperado. Adicional a esto, se puede deducir que existen pérdidas de líquido a lo largo de la tubería, siendo, tal vez, una de las razones por las que la demanda es mayor que el caudal de diseño.



#### **9.4.2.1 Bocatoma**

En la bocatoma se encuentra que, a pesar del tiempo de funcionamiento, la parte estructural se encuentra en buen estado. Más aún cuando se requiere un mantenimiento periódico, ya que el concreto se encuentra con corrosión y este a su vez acumula microorganismos nocivos para la salud y que afectan la calidad del agua.

En base a lo expuesto en la RAS 2000, es necesario realizar un cerramiento para evitar el ingreso de personas y animales de campo que contaminen el agua con desechos químicos u orgánicos.

#### **9.4.2.2 Línea de aducción**

Esta tubería cumple con la función de entregar el agua al desarenador, pero desde el tiempo de construcción de la bocatoma no se le ha realizado ningún cambio ni mantenimiento por ende puede afectar al estar presentes microorganismos que afectan la calidad del agua.

Se puede analizar que al ser una tubería enterrada, puede acumular lodos o aire, y al no tener accesorios de ningún tipo no tiene la capacidad de expulsarlos.

Se analiza que la tubería se encuentra sobredimensionada ya que tiene un diámetro de 16". Se puede entender que al momento del diseño del desarenador se haya pensado en un aumento de la demanda, pero actualmente y para el caudal requerido se puede utilizar una tubería de 6".

#### **9.4.2.3 Desarenador**

El desarenador se encuentra ubicado estratégicamente tal como lo indica la RAS2000 en el capítulo B.4.4.6, el cual especifica que el desarenador debe estar cerca de la captación.

Esta estructura tiene un riesgo evidente ya que no está protegida por una cubierta que evite que caigan elementos o seres vivos que puedan afectar la calidad del agua. La velocidad con que entra el agua al tanque desarenador causa turbulencia y por esto no permite que el desarenador cumpla con su función con eficiencia, ya que esta hace que las partículas continúen con el flujo.

La estructura cuenta con un desgaste producto de la antigüedad de la misma como se ve en la Ilustración 16. Esto ocasiona que el desgaste del concreto contamine el agua retenida por el desarenador. El desarenador no cuenta con un dissipador de energía en la zona de entrada lo que ocasiona que el agua entre con flujo turbio, lo que ocasiona que las partículas atraviesen el desarenador sin ser sedimentadas.

Luego de verificar las dimensiones del desarenador se puede deducir que, para el caudal de diseño necesario para abastecer esta comunidad el desarenador se encuentra sobre dimensionado ya que cuenta con más capacidad de la necesaria en dicho acueducto esto se puede corroborar en el momento de observar en el Gráfico 1, en el cual se demuestra que el caudal necesario para abastecer a la comunidad es menor que el captado por la bocatoma.

Se presenta otro inconveniente con el actual tanque desarenador y es que debido a que la tubería de aducción es de gran diámetro 16" y permite la entrada de gran flujo al desarenador lo que no permite que se produzca un flujo laminar que sería la situación ideal para el buen funcionamiento y la buena decantación de partículas en esta estructura, se produce por tal motivo un flujo turbulento que no permite la buena decantación de los lodos por ende seguirán pasando partículas por el desarenador a la tubería de conducción hasta llegar al tanque de almacenamiento.

#### **9.4.2.4 Línea de conducción**

Al no poder observar la tubería de la conducción no se puede decir claramente cuál es su estado real, pero por el tiempo de funcionamiento se logra deducir que por su cambio de tubería, hace relativamente poco tiempo esta se encuentra en buen estado.

La tubería actual se presenta como tubería de asbesto cemento de diámetro 10", lo cual realizando un cálculo de su área se analiza que:

$$10'' \times 0.0254 \text{ m} = 0.25 \text{ m de diámetro}$$

Con un área:  $\pi \times \text{diámetro}^2$

$$\text{Área tubería} = 0.051 \text{ m}^2.$$

Caudal promedio conducido por la tubería:  $Q = V \cdot A$

$$\text{Donde } Q = (2.5 \text{ m/s} \times 0.012 \text{ m}^2) \cdot 1000 \text{ L}$$

$$Q = 126 \text{ l/s}$$

Dicha tubería de conducción se encuentra sobre diseñada debido a que transporta cerca de 126 l/s tomando una velocidad de conducción promedio de 2.5 m/s, cuando la comunidad demanda un caudal mucho menor, incluso una demanda mucho menor que la dotación permitida por la CARDER.

Se podría decir que esta tubería es más que suficiente para transportar inclusive la dotación permitida por la CARDER de 12 l/s.

La tubería tiene dos válvulas ventosas, las que hacen que el aire sea expulsando adecuadamente evitando así que no se hallen burbujas de aire para que no colapse la tubería.

Esta línea de conducción no cuenta con válvulas de purga por lo que se asume que se puede producir asentamientos de lodo en el trayecto de la tubería y esto puede ocasionar obstrucciones que pueden ocasionar daños a la tubería.

#### **9.4.2.5 Planta de tratamiento**

El sistema de filtros no contiene un recubrimiento que actué como protección para que no se contamine el agua. A pesar que se encuentra en un lugar cerrado lateralmente no tiene un cubierta donde evite que caigan animales o residuos sólidos.

Se evidencia un sistema de filtro descendente grueso lo que en época de lluvia cuando el agua llegue con más sedimento del normal este filtro se saturara y perderá el poco funcionamiento que realiza ya que no podrá retener partículas de lodos o arenas permitiendo que pasen al tanque de almacenamiento.

De los tres tramos del sector de filtros descendentes que existe en el sistema, de manera funcional solo se percata que el primer tramo es el que cumple a satisfacción con lo esperado de retener algunas partículas sólidas, y debido al movimiento del agua hacia los demás tramos se prevé que la funcionalidad de estos es nula.

Se observa que existen varias tuberías que no tienen función en este sistema de filtro. Esto actúa en contra de la estructura ya que comienzan a formarse asentamientos de microorganismos.

El estado físico del filtro no se encuentra en buenas condiciones ya que el material filtrante se observa en condiciones de desgaste y esto ocurre por la falta de un mantenimiento periódico.

#### **9.4.2.6 Caseta de cloración**

Físicamente el tanque en el cual se deposita el cloro no es apropiado para la solución de dicho químico, ya que este es un tanque de almacenamiento casero el cual se reutilizó para este proceso.

La aplicación del cloro concuerda con su función. La aplicación del mismo se hace en la entrada del tanque de almacenamiento, y es lo que ocasiona que el cloro se mezcle con todo el volumen del agua para que este sea totalmente desinfectado.

Según los resultados de laboratorio entregados por el acueducto del barrio San Fernando, se puede definir que la cantidad de cloro residual encontrado en el agua es aceptable con un valor de 1 mayor que 0,3 y menor a 2, todo esto a pesar que la aplicación de este es manual.

#### **9.4.2.7 Calidad del agua**

Según los resultados del laboratorio el acueducto cumple de forma aceptable las especificaciones fisicoquímicas, a pesar que solo se le realizan 8 pruebas para la calidad del agua, cómo se observa en las Ilustraciones 18 y 19. Por esto se asume que la calidad del agua no es apta para el consumo (cruda), más cuando se considera que este es un acueducto comunitario que está siendo manipulado y mantenido por una sola persona, el fontanero.

#### **9.4.2.8 Tanque de almacenamiento**

Se calcula el volumen que debe tener el tanque de almacenamiento, con el fin de saber la cantidad exacta de agua que debe almacenarse para abastecer el acueducto.

$$vol\ tanque = 9,27 * \left(\frac{1m^3}{1000l}\right) * \left(\frac{86400}{1\ dia}\right) * (0,25) + (10) = 210,232m^3 \text{ }^{60}$$

Al ver este resultado y compararlo con el existente (217m<sup>3</sup>) se ve que hay una reserva de 7m<sup>3</sup> más de almacenamiento, lo que evidencia el buen diseño del tanque.

---

<sup>60</sup> Ecuación tomada de LÓPEZ. Op. Cit.

Se observa que el tanque en la parte estructural se encuentra en buen estado.

### **9.4.3 Red de distribución**

Al ser este un acueducto comunitario no existe una entidad reguladora que supervise la nueva toma de la tubería madre. Esto ocasiona que la demanda se aumente por el uso descontrolado del agua.

El tiempo de construcción de esta tubería está relativamente nueva esto lleva a concluir que el estado de dicha red se encuentra en buen estado.

## 10 CUADRO DE DISCUSIÓN

Tabla 26: Cuadro de discusión, Dosquebradas, 2014.

Probabilidad	Nivel	Gravedad	Nivel	Peligro	Color
Improbable	1	Muy bajo	1	Severo	15-20
Poco probable	2	Bajo	2	Importante	10-15
Probable	3	Medio	3	Moderado	5-10
Muy probable	4	Alto	4		
Frecuente	5	Muy alto	5	Tolerable	0-5

Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada

Tabla 27 Matriz de análisis de riesgo, Dosquebradas, 2014.

COMPONENTE DEL SISTEMA	EVENTO PELIGROSO	PELIGROS ASOCIADOS	TIPO DE PELIGRO	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	PUNTUACION	COLOR	MEDIDAS DE CONTROL
CUENCA	PRESENCIA DE VIVIENDAS	DESECHOS VERTIDOS AL ALFUENTE HIDRICO	FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO	5	4	20		Debe realizarse un cerramiento para protección de la fuente.
CUENCA	PRESENCIA DE CULTIVOS	CAMBIO EN LA CALIDAD DEL SUELO, REPERCUTE CALIDAD DEL AGUA	CONTAMINACION	3	4	12		Es necesario realizar jornadas para realizarle limpieza a la quebrada ya que existen muchos residuos por causa de estos cultivos
CUENCA	FENOMENO METEOROLOGICO	EROSION DEL SUELO	DERRUMBES, AVALANCHAS	5	4	20		Se podrían aplicar medidas de reforestación si es necesario, pero los fenómenos naturales son impredecibles
BOCATOMA	ESTADO FISICO ESTRUCTURA	MALA CAPTACION DEL AGUA	AFECTACION DE LA CALIDAD DEL AGUA Y EL SERVICIO	3	2	6		La línea de aducción posee un tiempo de construcción muy largo y por ende el concreto presenta desgaste, por ende se debe realizar el cambio de tubería.
BOCATOMA	ESTADO FISICO ESTRUCTURA	FALTA DE MANTENIMIENTO	CONTAMINACION DEL AGUA DEBIDO A LA CORROSION DEL MATERIAL	2	3	6		Realizar una revisión periódica del estado de la estructura para su posterior mantenimiento
ADUCCION	RUPTURA	AUMENTO DE HUMEDAD EN EL SUBSUELO	DAÑOS A LA ESTRUCTURA DEL TANQUE DESARENADOR	2	4	8		Se requiere revisión interna de la estructura externa del suelo de manera periódica para eventos futuros



DESARENADOR	FALTA DE MANTENIMIENTO	MALA CALIDAD DEL SERVICIO Y DEL AGUA	CONTAMINACION	4	4	16		Debido a las partículas que quedan en el tanque desarenador se hace necesario un buen mantenimiento periódico que permita eliminar residuos que puedan contaminar el agua
DESARENADOR	FALTA DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA	CAIDA DE OBJETOS, ANIMALES Y VEGETACION	CONTAMINACION	4	2	8		Ubicación de alguna membrana provisional de protección en caso de que no se construya la estructura
<b>COMPONENTE DEL SISTEMA</b>	<b>EVENTO PELIGROSO</b>	<b>PELIGROS ASOCIADOS</b>	<b>TIPO DE PELIGRO</b>	<b>PROBABILIDAD</b>	<b>GRAVEDAD</b>	<b>PUNTUACION</b>	<b>COLOR</b>	<b>MEDIDAS DE CONTROL</b>
DESARENADOR	ESTADO FISICO DE LA ESTRUCTURA	COLAPSO DEL TANQUE	DESABASTECIMIENTO	2	5	10		Revisión periódica de la estructura, y cumplimiento del mantenimiento preventivo para evitar daños a futuro
DESARENADOR	DIMENSIONES	REBOSE O MAL FUNCIONAMIENTO DEL TANQUE	RIESGOS FISICOQUIMICOS Y/O TAPONAMIENTO DE LAS TUBERIAS	3	2	6		Calcular la entrada del caudal necesario para mejorar el funcionamiento de la estructura
CONDUCCION	ESTADO FISICO DE LA RED	COLAPSO DE LA RED	RIESGO GEOTECNICO	2	2	4		Revisión periódica del lugar donde se encuentra enterrada la red y revisar el estado del suelo
CONDUCCION	DIMENSIONES	SOBREDIMENSIONAMIENTO	PERDIDA DEL AGUA	2	1	2		Calculo del caudal necesario para en un cambio futuro de la red colocar el diámetro necesario y justo
FILTRACION	MAL FUNCIONAMIENTO	MALA CALIDAD DEL AGUA	RIESGOS MICROBIOLÓGICOS, BACTERIOLÓGICOS Y FISICOQUIMICOS	4	3	12		Realizar un chequeo del material filtrante para que este funcione de manera adecuada

CLORACION	EXCESO DE CLORO	SALUD DE LOS USUARIOS	PROBLEMAS DE SALUD PUBLICA EN EL SECTOR	4	4	16		Revisión y análisis de resultados de laboratorio para determinar si la dosificación de cloro es la adecuada
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	ESTADO FISICO	CAMBIO EN LA CALIDAD DEL AGUA	MICROBIOLOGICO Y POSIBLE DESABASTECIMIENTO	2	2	4		Chequeo en campo a la estructura y registro fotografía que evidencien cambios en el tiempo para tomar las posibles medidas de prevención
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FALTA DE MANTENIMIENTO	CONTAMINACION	RIESGOS BACTERIOLOGICOS Y MICROBIOLOGICOS	3	3	9		Realizar el mantenimiento periódico de la estructura su lavado interno es primordial para la buena calidad del agua
RED DE DISTRIBUCION	DAÑOS O RUPTURAS	PERDIDAS DEL AGUA	DESABASTECIMIENTO	5	3	15		La CARDER como ente responsable de las quebradas de las ciudades debe intervenir en el mal gasto del agua en este barrio.
<b>COMPONENTE DEL SISTEMA</b>	<b>EVENTO PELIGROSO</b>	<b>PELIGROS ASOCIADOS</b>	<b>TIPO DE PELIGRO</b>	<b>PROBABILIDAD</b>	<b>GRAVEDAD</b>	<b>PUNTUACION</b>	<b>COLOR</b>	<b>MEDIDAS DE CONTROL</b>
RED DE DISTRIBUCION	CONEXIÓN ILICITA	RUPTURA DEL TRAMO, CONTAMINACION	DESABASTECIMIENTO, ENFERMEDADES	5	3	15		Deben tener un control de las líneas de conexión hacia las viviendas, y un control del pago oportuno para realizarle inversiones a la planta de tratamiento.

## 11 CONCLUSIONES

- La cuenca hidrográfica no presenta riesgo geotécnico 300 metros aguas arriba medido desde la bocatoma, a partir de este punto se corroboró a través de fotografías satelitales la estabilidad de la cuenca.
- El acueducto no cuenta con los elementos necesarios para la medición de la turbidez de la fuente abastecedora.
- La cuenca es afectada por su régimen de montaña que provoca que se eleven los niveles de turbidez afectando la continuidad de la prestación del servicio.
- La fuente es vulnerable a contaminación por agro-químicos debido al no respeto de las franjas de protección de la cuenta por parte de cultivos no nativos.
- La cuenca no tiene problemas de calidad del agua por afectación de viviendas porque no se encontraron vertimientos a lo largo de la fuente.
- La estructura de la bocatoma no evidencia problemas estructurales, es funcional pero no tiene un sistema para el control de ingreso de caudal.
- La tubería de la línea de aducción está sobredimensionada para trabajar a presión por lo tanto funciona como un canal abierto.
- La estructura del desarenador no cumple con su función ya que no posee pantalla deflectora y no cuenta con reductores de velocidad.
- El 100% de la tubería de conducción se encuentra enterrada, no posee ningún viaducto y no se evidencia ningún tipo de falla.
- La planta de tratamiento no es funcional, tiene unos elementos filtrantes que no actúan como tal, el diseño original del sistema no posee ningún elemento convencional de tratamiento (Floculador, sedimentación y filtro), de la estructura inicialmente diseñada no se conservan ni planos ni manuales de funcionamiento por lo tanto es imposible determinar su tipología. A raíz de lo anterior la denominada planta de tratamiento fue modificada para que el agua pase desde el punto de entrada a una tubería perforada que lleva el agua a los tanques de almacenamiento sin ningún tipo de tratamiento.

- El único tratamiento que recibe el agua es una desinfección por cloro al 70 %, el cual es dosificado por goteo pero no cuenta con tanque de contacto de cloro, por lo tanto la desinfección se da al interior del tanque de almacenamiento.
- El tanque de almacenamiento estructuralmente se encuentra con la capacidad necesaria, que calculada fue 210,232 m<sup>3</sup> y la capacidad instalada es de 217m<sup>3</sup>.
- Finalmente después del análisis de cada uno de los componentes, se puede decir que la calidad del agua depende en su totalidad del estado inicial de la fuente, esto es, si la calidad del agua es buena (turbiedad inferior a 10 NTU) se puede abastecer la comunidad aplicando cloración, en caso contrario se suspende la prestación de servicio.
- La red de distribución es una red nueva con 10 años de instalación en PVC en diámetros que van de 2 a 6 pulgadas, no obstante es una red que no cuenta con macro ni con micro medición lo cual impide la realización de balances hídricos pero se puede entre ver un nivel alto de perdidas ya que se están captando más de 18lts/s, la concesión es de 12,5lts/s y el caudal de diseño son 9,28lts/s.
- Las pérdidas del sistema pueden obedecer a fugas técnicas de la red lo cual es bastante improbable porque no existe un reporte continuo de daños y a conexiones erradas, fraudulentas y altos consumos domésticos, esto último más probable debido a la ausencia de medición.
- Es una comunidad que no es muy vulnerable al contagio de enfermedades de origen hídrico puesto que la calidad de la fuente es buena y tiene una desinfección eficiente evidenciado por los controles de calidad del agua entregada (0 coliformes fecales 0 coliformes totales), no obstante, la vulnerabilidad del sistema esta es en la continuidad.

## 12 RECOMENDACIONES

- Es necesario implementar programas de concientización para dar a entender a la comunidad la importancia de la cuenca y su protección. De igual manera se deben dar a conocer programas para uso eficiente del agua.
- Es necesario realizar un cerramiento en el área de la fuente, para evitar el ingreso de animales, personas y objetos que pueden contaminar la fuente abastecedora como sucede actualmente.
- Se sugiere implementar cubiertas para las estructuras (desarenador y lecho filtrante) para proteger el acueducto de la acumulación de vegetación, caída de algún animal o de elementos que perturbe la función de estas estructuras.
- En caso que no se optimice el desarenador es necesario implementar válvulas de purga a la línea de conducción para expulsar los lodos sedimentados a lo largo de su trayecto.
- Es necesario implementar medidores en las viviendas, pues la falta de estos ocasiona pérdidas del agua.
- Se recomienda realizar periódicamente control de calidad de la fuente.
- Se sugiere implementar un sistema de seguimiento de riesgo biológico.
- Se recomienda que se haga un estudio administrativo del seguimiento del acueducto.
- Realizar la medición de más variables para el control de calidad del agua.

## BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE DOSQUEBRADAS. Componentes hídricos. [En línea] [Consultado en junio 10 de 2014] Disponible en: [http://www.dosquebradas.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3000:resenaecologica&catid=29:informacion-general&Itemid=144](http://www.dosquebradas.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3000:resenaecologica&catid=29:informacion-general&Itemid=144)

BELLERA, Carla y otros. ESAACLE. Planta de producción de Acetaldehído. Proyecto final de Carrera Ingeniería Química. Vol. IV. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2010.

BOCEK, Alex. Introducción a la captación del agua. Documento. Alabama, Estados Unidos: International Center for Aquaculture Swingle Hall - Auburn University, sin fecha.

CARDER. Estadísticas Ambientales Municipales. [En Línea]. [Consultado en junio 10 de 2014] Disponible en: <http://www.carder.gov.co/SIAE/dosquebradas.php>

CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas, Risaralda. Informe.

CADAVID, Nora. Criterios de sostenibilidad para acueductos comunitarios. Caso, periferia urbana del municipio de Envigado. Trabajo de grado Administración Ambiental. Universidad Nacional sede Medellín, Facultad de Minas, 2008.

\_\_\_\_\_. Acueductos comunitarios: Patrimonio social y ambiental del valle de Aburrá. En: Avances en Recursos Hidráulicos, No. 20 (junio-octubre de 2009).

CHICA, Julián. Un valle lacustre llamado Dosquebradas. Aproximación prehistórica. Pereira: Editorial Manigraf, 2007.

COLMENARES, Rafael. ¿Por qué un referendo en defensa del agua? Bogotá:

DESLINDE, 2007.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Conducción. Gerencia de Ingeniería básica y normas técnicas. Noviembre de 1997. [En línea] [Consultado en mayo 10 de 2014] Disponible en: <http://clima.dicym.uson.mx/paql>

CORCHO, Freddy y DUQUE SERNA, José. Acueducto: teoría y diseño. Medellín: Universidad de Medellín, 2009.

CORREA, Hernán. Los acueductos comunitarios: poder popular en cierne.

Referendo para defender el agua. En: Ecofondo, No. 123, 2007. [En línea]. [Consultado en mayo 11 de 2014] Disponible en: <http://www.desdeabajo.info/index.php/ediciones/146-edicion-123/673-losacueductos-comunitarios-poder-popular-en-cierne-referendo-para-defender-elagua.htm>

DELGADO, Joaquín. Procedimiento en catastro de redes, 2009, p 3. [En línea] [Consultado el 20 de octubre de 2014] Disponible en [http://www.catastrolatino.org/documentos/seminario\\_montevideo2011/ponencias/catastro%20seguridad%20juridica%20experiencia%20peruana.pdf](http://www.catastrolatino.org/documentos/seminario_montevideo2011/ponencias/catastro%20seguridad%20juridica%20experiencia%20peruana.pdf)

DEFINICIÓN ABC. Acueductos. [En línea] [Consultado el 12 de julio de 2014] Disponible en: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/acueducto.php#ixzz37V9pMzcv>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Encuesta de Calidad de Vida. Bogotá: DANE, 2008.

EHOW. ¿Que son los acueductos? [En línea] [Consultado el 12 de julio de 2014] Disponible en: [http://www.ehowenespanol.com/son-acueductos-sobre\\_341899/](http://www.ehowenespanol.com/son-acueductos-sobre_341899/)

*El Tiempo*, Bogotá, 19, noviembre de 2012. [En línea] [Consultado el 18 de julio de 2014] Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12389073>

ERSAPS. Procedimientos y buenas técnicas en el catastro de redes de agua potable y redes de alcantarillado. Honduras, 2007. P 18

F.A.O. Manual de captación y aprovechamiento de agua lluvia. Santiago de Chile, 1997.

FONSECA, Óscar. Optimización acueducto urbano por gravedad. Documento de trabajo. Tunja, Boyacá, mayo de 2009. [En línea] [Consultado en junio 1 de 2014] Disponible en: <http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/2009/DA/215494011/09-11-221548/DA PROCESO 09-11-221548 215494011 1177773.pdf>

GALEANO, David. Diagnóstico administrativo-financiero acueducto comunitario Badea-La Unión, Dosquebradas, Risaralda. Trabajo de grado Ingeniería Financiera. Universidad Libre Seccional Pereira, 2010.

GAVIRIA, Mario y SIERRA, Hedmann. Pobreza, inserción precaria y economía popular en Risaralda. Pereira: Universidad Católica de Pereira, 2007.

GRANADA, Gloria. Diagnóstico administrativo y financiero acueducto comunitario barrios unidos de Frailes Dosquebradas, Risaralda. Trabajo de grado Ingeniería Financiera. Universidad Libre Seccional Pereira, 2012.

HERCE VALLEJO, Manuel y MAGRINYÁ, Francesc. La ingeniería en la evolución de la urbanística. Barcelona: Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña, 2003.

JIMÉNEZ MARÍN, Alejandra y MARÍN ARIAS, Marcela. Diseño de un programa de uso eficiente y ahorro del agua para el acueducto "Asamun" de la Vereda Mundo Nuevo de la Ciudad de Pereira. Trabajo de grado para optar por el título de Administradoras Ambientales. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales. Administración del Medio Ambiente, 2007.



*La Tarde*, Pereira, 14, octubre de 2013. 4 secc.

LERMA ARIAS, Daniel. Diagnóstico técnico del acueducto comunitario 'La capilla', del municipio de Dosquebradas. Investigación Facultad de Ingenierías, Universidad Libre Seccional Pereira, 2014.

LÓPEZ, Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004.

LÓPEZ, Carlos y SÁNCHEZ, Carlos. Fortalecimiento administrativo de los acueductos rurales de las veredas Yarumal, Canceles y La Bananera del municipio de Pereira. Trabajo de grado Ingeniería Ambiental. Universidad Libre Seccional Pereira, 2011.

LÓPEZ, José Gilberto. Acueductos. Pereira: Universidad Libre, 2013.

MEJÍA, Álvaro Mauricio y OSPINA, Juan Diego. Informe de diseño red de alcantarillado sector barrios Los Naranjos – Santa Teresita de Dosquebradas. Trabajo de grado Ingeniería Civil. Pereira: Universidad Antonio Nariño, 2013.

MONTERO, Jesús. Análisis de la distribución de agua en sistemas de riego por aspersión estacionario. Desarrollo del modelo de simulación de riego por aspersión. Cuenca: Tesis Universidad Castilla-La Mancha, 2000. [En línea] Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=cSSINOIAEdkC&pg=PA10&dq=sistema+de+distribuci%C3%B3n+de+agua&hl=es&sa=X&ei=EpKGU6mvJMLsASTzoKICA&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=sistema%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua&f=false>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL REPÚBLICA DE COLOMBIA. Política de agua potable y saneamiento. En: Camino hacia un país de propietarios, plan sectorial 2002-2006.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL  
REPÚBLICA DE COLOMBIA. Lineamientos de Política de Agua Potable y  
Saneamiento Básico para la zona rural de Colombia. Bogotá: Min-ambiente, 2005.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO REPÚBLICA DE COLOMBIA.  
Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico.  
Bogotá, noviembre de 2000. [En línea]. Disponible en:  
<http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloA.PDF>

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO REPÚBLICA DE COLOMBIA.  
Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Sección II.  
Título B, Sistema de acueducto. Bogotá, noviembre de 2000. [En línea] [Consultado  
el 5 de junio de 2014] Disponible en: [http://cra.gov.co/apc-aa-  
files/37383832666265633962316339623934/4\\_Sistemas\\_de\\_acueducto.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4_Sistemas_de_acueducto.pdf)

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 2811.  
Bogotá, junio de 1974. [En línea] [Consultado el 5 de junio de 2014] Disponible en:  
[http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/proyectos  
norma/proyectos/241011\\_proy\\_dec\\_ley\\_2811\\_ordenacion\\_forestal\\_121111.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/proyectos_norma/proyectos/241011_proy_dec_ley_2811_ordenacion_forestal_121111.pdf)

NAVARRO, Sergio. Introducción a la ingeniería civil. Aguas residuales y agua  
potable. Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD –OMS-. Guías para la calidad del agua  
potable. Ginebra: OMS, 2004. [En línea] [Consultado el 5 de mayo de  
2014] Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/gdwq3sp.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3sp.pdf)

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – COSUDE. Guía para el diseño  
de desarenadores y sedimentadores. Lima: O.P.S., 2005. [En línea] [Consultado el  
5 de junio de 2014]. Disponible en: [http://www.bvsde.ops-  
oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf](http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf)

QUINTANA, Ana M. El conflicto por la gestión del servicio de acueducto (Risaralda,  
Colombia). Un estudio desde la ecología política. Tesis para optar por el título de

doctora Antropología Social y Cultural. Barcelona: Universidad de Barcelona (julio de 2008).

RAMÍREZ, Hildebrando y OSPINA, Óscar. Diagnóstico y evaluación de los sistemas comunitarios urbanos en el municipio de Ibagué. En: Revista Nacional de Investigación - Memorias. Vol. 4, No. 14 (julio-diciembre de 2010).

ROMERO, Mynor. Tratamientos utilizados en potabilización de agua. En: Boletín Electrónico, No. 08, 2009. [En línea] [Consultado el 5 de junio de 2014] Disponible en: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_08\\_ING02.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf)

SANABRIA, Alfonso. Operación y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua. Serie: gestión del agua en cuencas transfronterizas. [En línea] [Consultado el 5 de junio de 2014] [Disponible en: [https://cmsdata.iucn.org/downloads/3\\_5\\_fasciculo\\_4\\_operacion\\_y\\_mantenimiento.pdf](https://cmsdata.iucn.org/downloads/3_5_fasciculo_4_operacion_y_mantenimiento.pdf)]

Sistemas de acueducto. Guía ambiental. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, 2002. [En línea]. Disponible en: <http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/sistemasacueducto/Sistemas%20acueducto%201.pdf>

VALDERRAMA, Alfredo. Diseño de bocatomas. Pereira: UNI-CIF, 1993.

VARGAS, Silena. El rol de las comunidades en la gestión de sistemas de abastecimiento de agua en países de desarrollo – Colombia. Dosquebradas, Colombia: Instituto de Investigación y Desarrollo en agua potable, saneamiento básico y conservación del recurso hídrico – Universidad del Valle, 2001.

VERGARA, Juan Carlos. Calidad del agua de las fuentes abastecedoras de los acueductos comunitarios del municipio de Dosquebradas. Informe técnico. Pereira: Centro de Investigaciones Universidad Libre Seccional Pereira, 2013.

WIKIPEDIA. Acueducto. [En línea] [Consultado el 12 de julio de 2014] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Acueducto>

WIKIPEDIA. Cloración. [En línea] [Consultado el 20 de junio de 2014] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cloraci%C3%B3n>

WIKIPEDIA. Red de abastecimiento de agua potable [En línea]. (Consultado en mayo, 25 de 2014). Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Red de abastecimiento de agua potable](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable)