





**CONHYDRA** S.A. E.S.P.

GESTORES DE SERVICIOS PÚBLICOS

	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## INFORME EJECUTIVO





CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE TRES (3) ESTUDIOS Y DISEÑOS, QUE INCLUYEN LOS COMPONENTES DE RIESGOS Y/O AMENAZA, DE PROYECTOS DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, LOCALIZADOS EN TRES (3) MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.

Agosto de 2014

Medellín – Colombia





CALLE 32 F Nº 63 A -117 PBX: (574) 444 1676 MEDELLÍN COLOMBIA  
[www.conhydra.com](http://www.conhydra.com)

	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>2. LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA .....</b>	<b>9</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.....</b>	<b>11</b>
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL SERVICIO ACUEDUCTO .....	11
<b>3.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y SUS AFECTACIONES .....</b>	<b>11</b>
3.2.1 Fuentes de abastecimiento .....	11
3.2.2 Captación.....	12
3.2.3 Aducción .....	14
3.2.4 Desarenador .....	15
3.2.5 Conducción .....	17
<b>4. ALTERNATIVAS .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 CAPTACIONES.....</b>	<b>21</b>
4.1.1 Alternativa: .....	21
<b>4.2 ADUCCIÓN.....</b>	<b>22</b>
4.2.1 Alternativa .....	22
<b>4.3 DESARENADOR .....</b>	<b>22</b>
4.3.1 Alternativa: .....	22
<b>4.4 CONDUCCIÓN .....</b>	<b>23</b>
4.4.1 Alternativa: .....	23
<b>5. DISEÑO .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>28</b>
5.2.1 Bocatomas .....	28
5.2.2 Línea de aducción (bocatoma – desarenador).....	33



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

5.2.3 Estructura de regulación .....	33
5.2.4 Desarenador .....	35
5.2.5 Línea de conducción de agua cruda (Desarenador – Planta) .....	38
<b>6. COSTOS Y PRESUPUESTOS .....</b>	<b>42</b>
<b>7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>44</b>
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación puntos críticos red de aducción (desde la captación hasta el desarenador).....	22
Tabla 2. Ubicación puntos críticos red de conducción (desde el desarenador hasta la Planta de Potabilización) .....	24
Tabla 3. Resumen parámetros de diseño del sistema de Acueducto .....	27
Tabla 4. Ubicación puntos críticos en línea de conducción de aguas crudas. ....	39
Tabla 5. Cálculo del incremento anual para ajuste de costo directo .....	43
Tabla 6. Resumen de costos .....	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del municipio de Cañasgordas .....	10
Figura 2. Optimizaciones proyectadas en bocatoma La Berrionda.....	30
Figura 3. Optimizaciones proyectadas en bocatoma La Berriondita .....	33
Figura 4. Estructura de regulación proyectada en PRFV (La Berrionda) .....	34
Figura 5. Estructura de regulación proyectada en PRFV (La Berriondita) .....	35
Figura 6. Desarenador proyectado en PRFV .....	37
Figura 7. Detalle de viaducto para longitudes extensas.....	40







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

Figura 8. Detalle de apoyos con pedestales anclados a roca para longitudes cortas y zonas de afloramiento rocoso ..... 41

### LISTA DE FOTOS

Foto 1. Captación Quebrada La Berriondita .....	12
Foto 2. Captación Quebrada La Berrionda .....	13
Foto 3. Tubería Aducción Quebrada La Berrionda .....	14
Foto 4. Tubería Aducción Quebrada La Berriondita.....	15
Foto 5. Desarenador Volcado .....	16
Foto 6. Desarenador Actual .....	16
Foto 7. Punto Crítico 1 .....	18
Foto 8. Punto Crítico 2 .....	18
Foto 9. Punto Crítico 3 .....	19
Foto 12. Punto Crítico 4 .....	19
Foto 13. Punto Crítico 5 .....	19
Foto 14. Punto Crítico 6 .....	20



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## LISTADO DE ANEXOS

**NOTA:** LOS ANEXOS HACEN PARTE DEL DOCUMENTO TECNICO Y SE PRESENTAN EN MEDIO MAGNETICO EN EL CD QUE SE ANEXA A ESTE INFORME.



DIAGNÓSTICO Y  
ALTERNATIVAS TMA



### FASE DIAGNOSTICO

1. CHEQUEO DE AGUAS CRUDAS CORREGIMIENTO CESTILLAL
  - 1.1 BOCATOMA LA BERRIONDA
  - 1.2 BOCATOMA LA BERRIONDITA
  - 1.3 DESARENADOR
2. SIMULACIÓN HIDRÁULICA CONDUCCIÓN
  - 2.1 RESULTADOS SIMULACIÓN HIDRÁULICA CONDUCCIÓN
3. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO
4. ESTUDIO HIDROLÓGICO
5. ESTUDIO GEOTÉCNICO
6. INFORMACIÓN DE SOPORTE
  - 6.1 CONCESIÓN DE AGUAS
  - 6.2 RESULTADOS DE LABORATORIO DE AGUA CRUDA
7. TOPOGRAFÍA

### FASE DISEÑO

8. DISEÑOS HIDRÁULICOS DE LAS ESTRUCTURAS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO
  - 8.1 DISEÑO DE VERTEDEROS
    - 8.1.1 LA BERRIONDA



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

8.1.2 LA BERRIONDITA

8.2 CAJAS DE DERIVACIÓN

8.2.1 LA BERRIONDA

8.2.2 LA BERRIONDITA

8.3 DESARENADOR

9. ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN PUNTOS CRÍTICOS

10. ESTUDIO GEOTÉCNICO

11. DISEÑOS ESTRUCTURALES



12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN EPM

12.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES

13. COSTOS Y PRESUPUESTOS

14. CRONOGRAMA DE OBRA





	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## LISTADO DE PLANOS



LISTADO DE PLANOS DIAGNÓSTICO						
DEPARTAMENTO ANTIOQUIA						
MUNICIPIO DE CAÑASGORDAS						
CORREGIMIENTO CESTILLAL						
ABASTECIMIENTO	Localización general del proyecto	CAG	CES	DIG	ABT	1
	Topografía del proyecto	CAG	CES	DIS	ABT	2
	Planta perfil línea de aducción bocatomas hacia desarenador	CAG	CES	DIS	ABT	3
	Captación 1 y 2 planta, secciones y detalles; y Desarenador planta, secciones y detalles	CAG	CES	DIS	ABT	4
	Localización General de la línea de conducción	CAG	CES	DIS	ABT	5
	Planta perfil línea de conducción desarenador hacia planta potabilización	CAG	CES	DIS	ABT	6-16
	<b>Subtotal planos</b>	1				
CODIGOS	<b>Total planos de diagnostico</b>	1				
	Iniciales del municipio	CAG				
	Vereda - Corregimiento	CES				
	Etapas del proyecto	DIG				
	Estructuras de abastecimiento	ABT				
	Línea de Conducción	CON				



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

LISTADO DE PLANOS DISEÑO						
DEPARTAMENTO ANTIOQUIA						
MUNICIPIO DE CAÑASGORDAS						
CORREGIMIENTO CESTILLAL						
ABASTECIMIENTO	Localización General del Proyecto	CAG	CES	DIS	ABT	1
	Optimizaciones hidráulicas de las bocatomas y las estructuras de regulación	CAG	CES	DIS	ABT	2
	Diseño hidráulico del desarenador	CAG	CES	DIS	ABT	3
	Diseños estructurales de las obras de optimización de las bocatomas	CAG	CES	DIS	ABT	4
	Predios que recorre el sistema de acueducto del Corregimiento Cestillal	CAG	CES	DIS	ABT	5
	Diseño estructural de viaductos y apoyos para tubería de línea de conducción	CAG	CES	DIS	ABT	6
	Ubicación puntos críticos en plano planta perfil línea de conducción	CAG	CES	DIS	ABT	7
	<b>Subtotal planos</b>	<b>7</b>				
CODIGOS	<b>Total planos de diseño</b>	<b>7</b>				
	Iniciales del municipio	CAG				
	Vereda - Corregimiento	CES				
	Etapas del proyecto (Diseño)	DIS				
	Estructuras de abastecimiento	ABT				



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



## 1. INTRODUCCIÓN

Mediante el Decreto 4819 del 29 de diciembre de 2010, se creó el FONDO ADAPTACION (en adelante EL FONDO), cuyo objeto es la recuperación, construcción y reconstrucción de las zonas afectadas por el Fenómeno de "La Niña", con personería jurídica, autonomía presupuestal y financiera, adscrito al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Según el Decreto 4819 de 2010, EL FONDO tiene como finalidad la identificación, estructuración y gestión de proyectos, ejecución de procesos contractuales, disposición y transferencia de recursos para la recuperación, construcción y reconstrucción de la infraestructura de transporte, de telecomunicaciones, de ambiente, de agricultura, de servicios públicos, de vivienda, de educación, de salud, de acueductos y alcantarillados, humedales, zonas inundables estratégicas, rehabilitación económica de sectores agrícolas, ganaderos y pecuarios afectados por la ola invernal y demás acciones que se requieran con ocasión del Fenómeno de "La Niña", así como para impedir definitivamente la prolongación de sus efectos, tendientes a la mitigación y prevención de riesgos y a la protección en lo sucesivo, de la población de las amenazas económicas, sociales y ambientales.

Conhydra realiza mediante el contrato 038 la consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en tres (3) Municipios del Departamento de Antioquia. A continuación se realiza la descripción del sistema que hace parte del componente de acueducto del Corregimiento Cestillal del municipio de Cañasgordas.



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



## 2. LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA

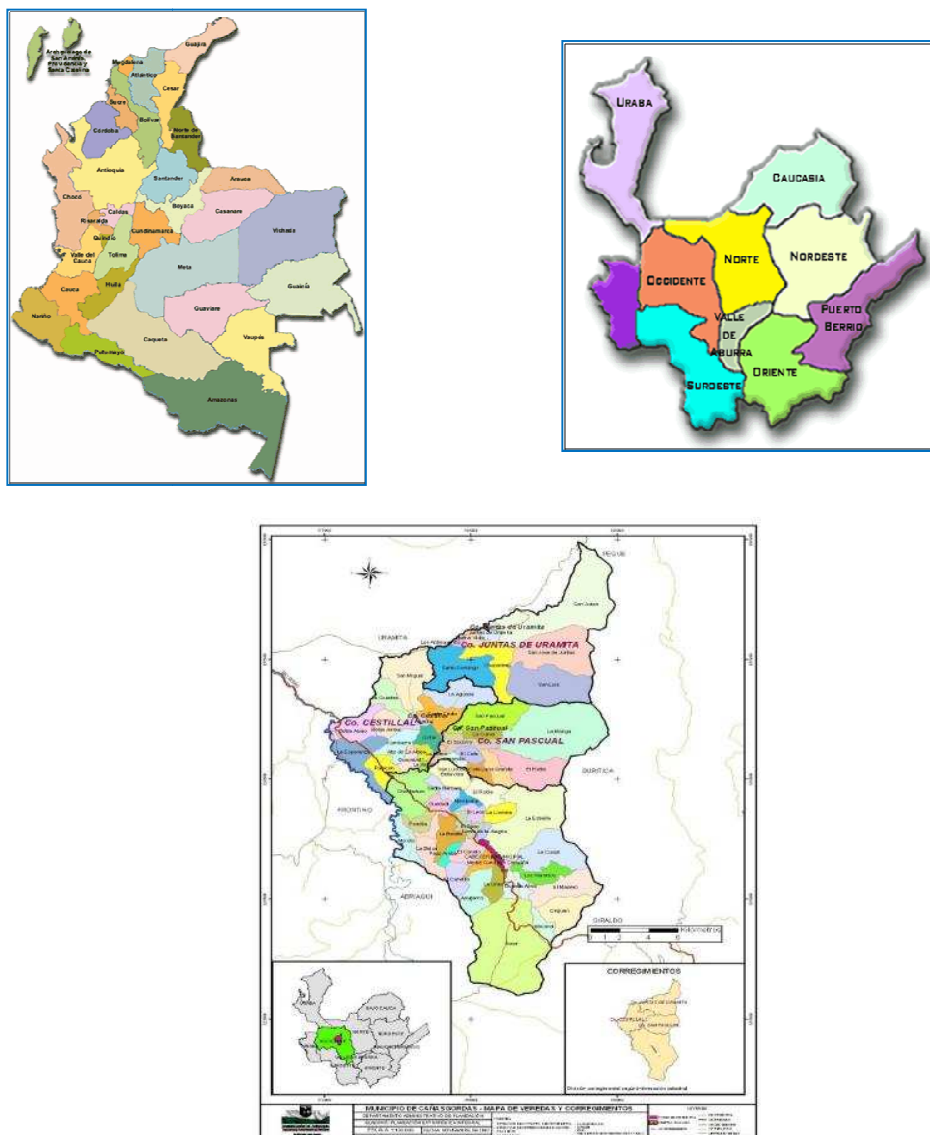
El municipio de Cañasgordas está situado en la vertiente del río Atrato, hacia la parte Occidental del departamento de Antioquia y al Noroeste de Colombia. Esta localizado a 133 km de Medellín en la vía al mar, cruzando el túnel de occidente y cuyo recorrido tiene una duración de aproximadamente de 3 horas y media. Tiene una extensión total de 396 km<sup>2</sup>, una extensión de área urbana de 0,8 km<sup>2</sup> y una altitud de la cabecera municipal de 1300 msnm.

El Municipio cuenta con una gran variedad de bosques y plantas. Por su cercanía al río Atrato es montañoso en parte, con valles extensos y explanadas malsanas. Sus amenazas naturales están representadas en inundaciones, deslizamientos, avenidas torrenciales, incendios y movimientos de tierra (temblores).

A su vez, el Corregimiento de Cestillal, se localiza al noroeste de la cabecera urbana del Municipio de Cañasgordas, a aproximadamente 12 km de este por vía terrestre. El citado corregimiento, se sitúa en límites con el Municipio de Uramita; su territorio en la zona urbana abarca 18,1 ha. Posee centro urbano que no es atravesado por ninguna quebrada, por su ubicación sobre la cresta de la cordillera.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Figura 1. Ubicación Geográfica del municipio de Cañasgordas**



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

#### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL SERVICIO ACUEDUCTO

El sistema de acueducto actual del corregimiento Cestillal fue construido en 2004; éste presta el servicio al 50% del corregimiento y a doce (12) veredas más, y es operado por una Junta Administradora Local, conformada por un presidente, un vicepresidente, un secretario, un tesorero, un fiscal, y dos vocales; cuenta con dos fuentes de abastecimiento, la quebrada La Berrionda y la quebrada La Berriondita, entre la infraestructura que lo conforma se tienen dos bocatamos, dos aducciones, un tanque desarenador, una línea de conducción, una planta de potabilización de agua, varios tanques de almacenamiento y las redes de distribución. En los numerales siguientes se profundiza sobre la conformación de cada componente del sistema.

El mantenimiento de la planta y de la red en general, está bajo la responsabilidad de un fontanero que hace parte de la junta.



El sistema de facturación es sistematizado y a cada usuario mensualmente le llega su factura. Se tipifican 3 clases de usuarios: residenciales, comerciales, y agrarios; Se cobran las siguientes tarifas respectivamente \$5.200, \$5.700, \$6.000 como cargos fijos, actualmente esto es lo único que se cobra o factura.

#### 3.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y SUS AFECTACIONES

##### 3.2.1 Fuentes de abastecimiento

El acueducto multiveredal del corregimiento Cestillal utiliza las quebradas La Berrionda y La Berriondita como fuentes de abastecimiento, estas fuentes poseen una concesión de aguas expedida por la autoridad ambiental de la zona - CORPOURABÁ -, la cual por medio de la resolución 03-02-01000247 del año 2004, considera otorgar la concesión de aguas superficiales para



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

uso doméstico, en cantidad de 6,39 l/s, distribuida así: 3,39 l/s a derivar de la quebrada El Platanillo (actualmente llamada La Berriondita) y 3,0 l/s a derivar de la quebrada La Berrionda. La resolución tiene una vigencia de 25 años, por lo tanto expira en el año 2029 con posibilidad de ser prorrogada. (Ver anexo 6.1)

### 3.2.2 Captación

Actualmente el sistema de acueducto se abastece de dos captaciones, una en la quebrada La Berrionda y otra en la quebrada La Berriondita. Los detalles de las captaciones se pueden observar en el plano CAG\_CES\_DIG\_AB1 1DE1.



#### Captación quebrada La Berriondita

La captación sobre la quebrada La Berriondita, conocida también como El Platanillo se compone de una bocatoma de fondo tipo dique en concreto reforzado, ubicada en las coordenadas, Norte: 1.250.315 y Este: 1.118.400, no cuenta con cámara de derivación o estructura de control y aforo. La estructura de la bocatoma se presenta en la Foto 1.



Foto 1. Captación quebrada La Berriondita



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



### Captación quebrada La Berrionda

La captación sobre la quebrada La Berrionda se realiza mediante una bocatoma de fondo tipo dique en concreto reforzado, se encuentra en la cota 1,478.50 m.s.n.m. y en las coordenadas, Norte: 1.250.315 y Este: 1.118.400, no cuenta con cámara de derivación o estructura de control y aforo. Su construcción se realizó en el año 2004 y su estado en general es bueno. La estructura de la bocatoma se presenta en la Foto 2.



**Foto 2. Captación Quebrada La Berrionda**



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

### 3.2.3 Aducción



La línea de aducción de la captación La Berrionda tiene una longitud total de 202.8 m en tubería Ø4" PVC-P; tienen una capacidad de transporte de 6,1 l/s (Ver Anexo 1), la tubería se encuentra en buen estado pero con el agravante de que actualmente tiene tramos donde se encuentra expuesta a causa de movimientos en masa y solo está asegurada con madera y cables metálicos, en la actualidad no cuenta con válvulas ventosas ni de purga.

La línea de aducción de la captación La Berriondita tiene una longitud total de 132 m en tubería Ø4" PVC-P; tienen una capacidad de transporte de 6,1 l/s (Ver Anexo 1), esta se encuentra en buen estado, actualmente no cuenta con válvulas ventosas ni válvulas de purga, sólo se encontró una unión mecánica donde se evidencia cambio de material a Polietileno de Alta Densidad PEAD.



**Foto 3. Tubería Aducción Quebrada La Berrionda**



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	





**Foto 4. Tubería Aducción Quebrada La Berriondita**

Los tramos de tubería que salen de ambas bocatomas confluyen a un mismo tanque desarenador.

### 3.2.4 Desarenador

Inicialmente se tenía una estructura en concreto reforzado, que se encontraba ubicada aproximadamente a 15.0 m de la captación sobre la quebrada La Berrionda, fue construida en 2004, y durante la temporada invernal del año 2010 esta estructura sufrió volcamiento, causado por una avenida torrencial (Ver Foto 5. Desarenador Volcado) que la dejó fuera de servicio. A causa de esto la Federación Nacional de Cafeteros, realizó una donación al acueducto, de un tanque desarenador provisional en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), el cual actualmente está funcionando como único desarenador. Este tanque tiene 3.70 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.93 m de profundidad, y su tolva tiene 0.10 m de profundidad. (Ver Foto 6).



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	





**Foto 5. Desarenador Volcado**



**Foto 6. Desarenador Actual**



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

En general el desarenador presenta buenas condiciones físicas; no tiene fisuras, solo presenta fugas leves en la tubería de entrada proveniente de la bocatoma de la quebrada La Berrión, a causa de la poca fijación que tiene el tubo entrante en la estructura. Se realiza una evaluación hidráulica a la estructura dando como resultado que el desarenador tiene capacidad de tratar hasta 1,7 L/s; lo cual indica que no posee la capacidad para tratar el caudal actual (2,9 L/s) y futuro demandado por la población (4,2 L/s, para el año 2039).



### 3.2.5 Conducción

La línea de conducción va desde el desarenador hasta la planta de potabilización (PPA), y tiene una longitud total de 10,2 km en tubería PVC-P de Ø6" y Ø4". Esta tubería tiene una edad de 9 años y en el transcurso de este tiempo solo se han hecho cambios en los lugares donde se han presentado daños, en el recorrido se pueden observar diferentes materiales entre PVC-P RDE 41, Polietileno de Alta Densidad PEAD y Acero Galvanizado, en ella se evidencian algunas roturas y fugas, cuenta con siete (7) válvulas ventosas y una (1) válvula de corte la cual permite aislar un solo sector cuando se presentan eventos de daños o mantenimiento.

A lo largo de la red de conducción se evidenciaron diversos tramos afectados por desplazamiento en masa, dentro de los cuales se observan grandes afectaciones. Se encuentra que se han realizado trabajos artesanales con cables metálicos, madera y troncos para evitar que la red colapse completamente.

Adicionalmente algunos de estos tramos afectados por desplazamiento en masa, se encuentran en riesgo por que cruzan pequeñas quebradas, que cuando se presentan altas precipitaciones, se podrían ver afectados por represamiento de materiales y avenidas torrenciales. A continuación, se exponen algunos de los puntos críticos más relevantes:



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	





**Foto 7. Punto Crítico 1**



**Foto 8. Punto Crítico 2**



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Foto 9. Punto Crítico 3**





**Foto 10. Punto Crítico 4**



**Foto 11. Punto Crítico 5**



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Crítico  
o 5**

### Foto 12. Punto Crítico 4



**Foto 13. Punto Crítico 6**



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 4. ALTERNATIVAS



Las medidas a plantear se regirán por las indicaciones establecidas en el RAS/2000, y en la Resolución 2320 del 27 de noviembre de 2009, del MAVDT, teniendo en cuenta el horizonte de diseño y el nivel de complejidad del proyecto.

### 4.1 Captaciones

#### 4.1.1 Alternativa:

- Impermeabilización de toda la estructura en ambas bocatomas, para evitar futuras filtraciones que más adelante puedan provocar socavación en la estructura.
- Es muy importante que las estructuras de captación tengan dispositivos de aforo y control (cajas de derivación), por lo tanto se deben construir para garantizar la captación del caudal concesionado, otorgado por CORPOURABÁ para cada una de las captaciones. Estos dispositivos de control de caudales y paso directo, será una caja de largo 0,60 m, ancho 0,60 m y altura total 0,60 m, se ubicarán a dos (2) metros de cada captación interrumpiendo la línea de aducción para cumplir con la regulación del caudal concesionado para cada una de las fuentes, además estas estructuras se construirán en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), este material es el indicado por su practicidad ya que es liviano y de fácil instalación; y teniendo en cuenta la dificultad de acceso a la zona y el aspecto económico es la mejor opción. Las captaciones actuales no cuentan con sistema de limpieza, por tal razón se deben instalar tapones de purga en cada una de las estructuras para así garantizar un buen mantenimiento y limpieza.
- Para garantizar la estabilidad de la estructura y mejorar el encauce de las aguas que llegan a la bocatoma, se anclarán aletas reforzadas con llaves de anclaje laterales en las dos captaciones, lo que ayudaría a incrementar la represa, para así captar el caudal deseado para satisfacer las necesidades del sistema acueducto multiveredal.



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

- Losas de piso aguas arriba y aguas debajo de las captaciones con el fin de evitar la socavación de los lechos, la losa de piso aguas abajo tendrá piedra incrustada de tamaños entre 4" y 6" recolectadas del mismo lecho que tendrán la función de disipar la energía y así mismo evitarle daños al lecho.

## 4.2 Aducción

**4.2.1 Alternativa:** Se identificaron dos puntos, en los cuales a causa de movimientos en masa la tubería quedó expuesta y está soportada de manera artesanal por medio de alambres y troncos. Por lo tanto se hace necesario proteger estos tramos por medio de amarres o viaductos, la longitud aproximada de viaducto requerido según lo observado en cada punto crítico se muestra en la Tabla 1. Ubicación puntos críticos red de aducción (desde la captación hasta el desarenador).

**Tabla 1. Ubicación puntos críticos red de aducción (desde la captación hasta el desarenador)**



ADUCCIÓN AGUAS CRUDAS				
PUNTO	COORDENADAS CARTESIANAS		ALTITUD	LONGITUD DE VIADUCTO REQUERIDO (m)
	ESTE	NORTE		
PC1	1117828,865	1250979,376	1833,176	5,0
PC2	1117822,126	1250961,116	1832,564	13,0

Al revisar el perfil hidráulico de la red de aducción se puede observar que la pendiente es muy pequeña, por lo tanto no es necesario proyectar la instalación de válvulas ventosas y válvulas de purga.

## 4.3 Desarenador

**4.3.1 Alternativa:** Considerando la evaluación hidráulica realizada al desarenador existente en la fase de diagnóstico del presente estudio, se obtuvo que la capacidad hidráulica de la citada estructura en condiciones óptimas de funcionamiento es de 1,7 L/s, caudal insuficiente para suplir las



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

necesidades de la población actual y futura; por lo tanto, se recomienda la construcción de una nueva unidad de desarenación que tenga capacidad hidráulica de al menos 5 L/s, y así se garantiza que el desarenador cumpla con los requerimientos según el RAS/2000 en el numeral B.4.4.6.2, donde dice que cada desarenador debe tener una capacidad hidráulica igual al caudal máximo diario (QMD) más las pérdidas que ocurran en el sistema y las necesidades de la planta de tratamiento. Este desarenador tendrá una capacidad de 5 L/s y unas dimensiones de 2,8 m de largo, 0,70 m de ancho y 1,0 m de profundidad, su tolva de arenas tendrá 0,75 m de profundidad.



Dentro del desarenador se encontrará el vertedero de excesos rectangular, el cual verterá el excedente de los caudales captados (5 l/s) a la quebrada La Berrionda en tubería PVC de Ø4". Luego del vertedero se encuentra el dissipador de energía, el cual consta de una plaqueta en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), para luego continuar con la zona de sedimentación y la zona de salida.

Esta unidad puede ser en material poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), deberá tener buenas pantallas deflectoras, un sistema útil de rebose, así como by-pass y sistema de purga, cumpliendo con las condiciones planteadas en el RAS/2000 en el numeral B.4.4.6.6 "Accesorios y dispositivos". Además debe tener un sistema de paso directo a la tubería de conducción para utilizarlo en el momento del mantenimiento de la estructura. Se elige este material para esta estructura, ya que es de fácil instalación y son más livianas que una unidad de concreto, además teniendo en cuenta el difícil acceso a la zona donde se ubicaría el desarenador y el aspecto económico es la mejor opción.

#### 4.4 Conducción

**4.4.1 Alternativa:** Actualmente la tubería de conducción que transporta el agua cruda del desarenador a la planta de potabilización de agua (PPA) tiene una capacidad hidráulica de 5 L/s, lo que garantiza el transporte mínimo requerido como demanda futura del sistema de acueducto multiveredal de Cestillal (demanda al final del horizonte de diseño, año 2029, QMD=4,2 L/s). Lo anterior, indica que no es necesario plantear alternativas para cambio de diámetro de la tubería, sin embargo presenta afectaciones



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

en 17 tramos a lo largo de sus 10,2 Km, algunos de estos tramos afectados han sido a causa de desplazamientos en masa lo que ha provocado que estos tramos queden expuestos y desprotegidos, a lo que la comunidad respondió realizando reparaciones artesanales para sostener la tubería con alambres y troncos.

Teniendo en cuenta los resultados del estudio geológico, se propone que para los tramos de tubería que se encuentran expuestos, se debe realizar una protección de la tubería por medio de amarres y viaductos en pasos elevados, los cuales le darán estabilidad necesaria para evitar que colapsen.


Adicionalmente, y como primer medida de estabilización de taludes y laderas desprovistas de vegetación, se propone realizar una actividad conocida como "riego de cal al voleo", lo cual no es más que otra cosa de regar cal en solución sobre los puntos críticos (PC) encontrados a lo largo de la línea de conducción, lo que propiciará el crecimiento de capa vegetal primaria que ayudará a cubrir las zonas desnudas de vegetación, y evitará en primera instancia que el agua superficial y de escorrentía continúe provocando deslizamientos por saturación del suelo con agua, lo que posteriormente generará probablemente deslizamientos y afectaciones mayores.

De otro lado, y debido a la complejidad y particularidad de cada punto crítico encontrado durante el reconocimiento de campo, se realizó la inspección y visita con un especialista en geotecnia; así como la realización de sondeos (perforaciones y apiques) en las zonas afectadas, con el objetivo de proyectar y diseñar las obras y medidas que garanticen la estabilidad de la tubería de conducción, minimizando de esta forma la posibilidad de daños en el sistema de acueducto existente. A continuación se muestra la localización y la longitud aproximada de los puntos críticos encontrados en la red de conducción:

**Tabla 2. Ubicación puntos críticos red de conducción (desde el desarenador hasta la Planta de Potabilización)**

CONDUCCIÓN AGUAS CRUDAS			
PUNTO	COORDENADAS CARTESIANAS		LONGITUD (m)
	ESTE	NORTE	





	INFORME EJECUTIVO		
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia		
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1





CONDUCCIÓN AGUAS CRUDAS				
PUNTO	COORDENADAS CARTESIANAS		ALTITUD	LONGITUD (m)
	ESTE	NORTE		
PC1	1117410,373	1251206,024	1798,497	15,0
PC2	1117008,911	1251296,374	1791,721	30,0
PC3	1116787,134	1251589,577	1786,19	9,0
PC4	1116316,701	1251837,721	1784,535	13,0
PC5	1116188,608	1251687,194	1774,888	100,0
PC6	1115989,297	1251579,175	1770,534	3,0
PC7	1115948,917	1251634,388	1770,268	13,0
PC8	1115757,255	1251596,704	1758,973	24,0
PC9	1115734,965	1251588,37	1760,396	30,0
PC10	1115773,440	1251978,245	1755,971	13,0
PC11	1115758,657	1252159,496	1744,794	12,0
PC12	1115747,429	1252264,773	1742,655	5,0
PC13	1115723,734	1252276,689	1739,058	9,0
PC14	1115083,776	1252483,347	1714,042	14,0
PC15	1112631,898	1251732,735	1765,174	15,0
PC16	1114247,669	1252406,372	1771,299	18,0
PC17	1113102,538	1252107,207	1752,977	21,0



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 5. DISEÑO

### 5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

A continuación se presenta el resumen de los parámetros de diseño al final del horizonte del proyecto (año 2.039) para la infraestructura del sistema de acueducto multivveredal del corregimiento Cestillal en el municipio de Cañasgordas.



**Tabla 3. Resumen parámetros de diseño del sistema de Acueducto**

DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	VALOR
Población total con agua del acueducto (habitantes)	1604
Población proyectada año horizonte del proyecto (habitantes)	2300
Nivel de complejidad del sistema	Bajo
Dotación Neta (L/hab-día)	90,0 <sup>(1)</sup>
Porcentaje de pérdidas (%)	25,0 <sup>(1)</sup>
Dotación Bruta (L/hab-día)	120
Factor de Consumo Máximo Diario ( $K_1$ )	1,3
Factor de Consumo Máximo Horario ( $K_2$ )	1,6
Caudal máximo diario (QMD) para pob. Agua tratada (l/s)	4,2
Caudal máximo horario (QMH) para pob. Agua tratada (l/s)	6,6
Caudal concesionado quebrada La Berrionda (l/s)	3
Caudal por concesionar quebrada Platanillo / La Berriondita (l/s)	3,39

Fuente: Información procesada por la consultoría del proyecto (Conhydra S.A ESP), 2014.

(1): Los datos fueron calculados con base en los lineamientos incluidos en la Resolución 2320 del 27 de noviembre de 2009, expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 5.2 DESCRIPCIÓN

### 5.2.1 Bocatomas

#### 5.2.1.1 Bocatoma La Berrionda

Para prolongar la vida útil de la estructura de captación se realizará un tratamiento superficial de impermeabilización, reparación de grietas y fisuras. También se colocarán disipadores de energía cerca de la base de la estructura para evitar el lavado del lecho de la quebrada y el deterioro del concreto en su base por medio de una losa en concreto la cual tendrá piedra incrustada de diámetros entre 4" y 6" recolectadas del mismo lecho de la quebrada las cuales harán las veces de disipadores de energía y protegerán el lecho de ser socavado por la corriente. Por otro lado se optimizará la rejilla existente de captación anexándole un sistema de bisagra y aplicando pintura epóxica.



La estructura cuenta con un vertedero de crecidas pero para lograr optimizar esta estructura es necesario adjuntar a este un par de aletas con llaves de anclaje que le darán mayor estabilidad y así evitar su volcamiento en caso de avenidas torrenciales fuertes en la quebrada, además lograrán un encauce más eficiente del agua que llega a la estructura; así mismo se deberá realizar una limpieza del lugar para lograr un buen represamiento del agua. Estas aletas serán reforzadas y tendrán unas dimensiones de 1,5 m de largo, 0,25 m de ancho y su profundidad será igual a la de la estructura de captación 0,79 m.

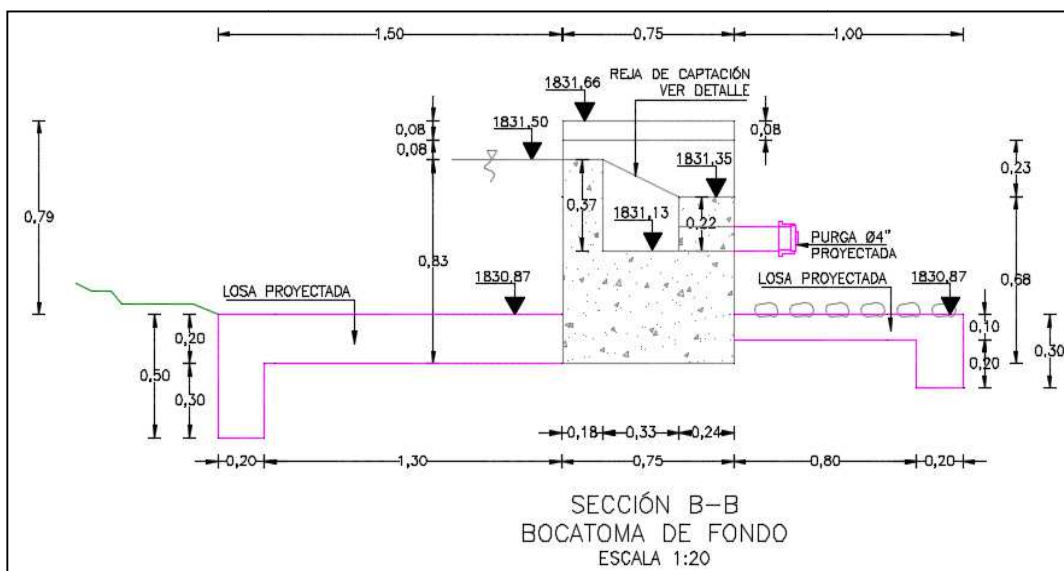
Para la evaluación del vertedero de crecida se tuvo en cuenta el caudal de diseño de las estructuras, en este caso los cálculos se realizaron con el caudal concesionado por la autoridad ambiental para la fuente La Berrionda, el caudal medio y el caudal de creciente de la quebrada, obtenidos del estudio hidrológico mostrado en el Anexo 4.

El caudal de crecientes evaluado corresponde a un periodo de retorno de 25 años, que para la fuente analizada tiene un valor de 163 l/s. Teniendo en cuenta lo anterior y las características físicas e hidráulicas de la infraestructura existente, se obtiene el caudal de crecidas que pasará por el vertedero y con esto una lámina de agua sobre éste de 0,09 m. De acuerdo





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	





**Figura 2. Optimizaciones proyectadas en bocatoma La Berrionda**

### 5.2.1.2 Bocatoma La Berriondita

Para prolongar la vida útil de la estructura de captación se realizará un tratamiento superficial de impermeabilización, reparación de grietas y fisuras. También se colocarán disipadores de energía cerca de la base de la estructura para evitar el lavado del lecho de la quebrada y el deterioro del concreto en su base por medio de una losa en concreto la cual tendrá piedra incrustada de diámetros entre 4" y 6" recolectadas del mismo lecho de la quebrada las cuales harán las veces de disipadores de energía y protegerán el lecho de ser socavado por la corriente.

La estructura cuenta con un vertedero de crecidas pero para lograr optimizar esta estructura es necesario adjuntar a este un par de aletas con llaves de anclaje que le darán mayor estabilidad y así evitar su volcamiento en caso de avenidas torrenciales fuertes en la quebrada, además lograrán un encauce más eficiente del agua que llega a la estructura; así mismo se deberá realizar una limpieza del lugar para lograr un buen represamiento del agua. Estas aletas serán reforzadas y tendrán unas dimensiones de 1,5 m



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	


de largo, 0,30 m de ancho y su profundidad será igual a la de la estructura de captación 0,95 m.

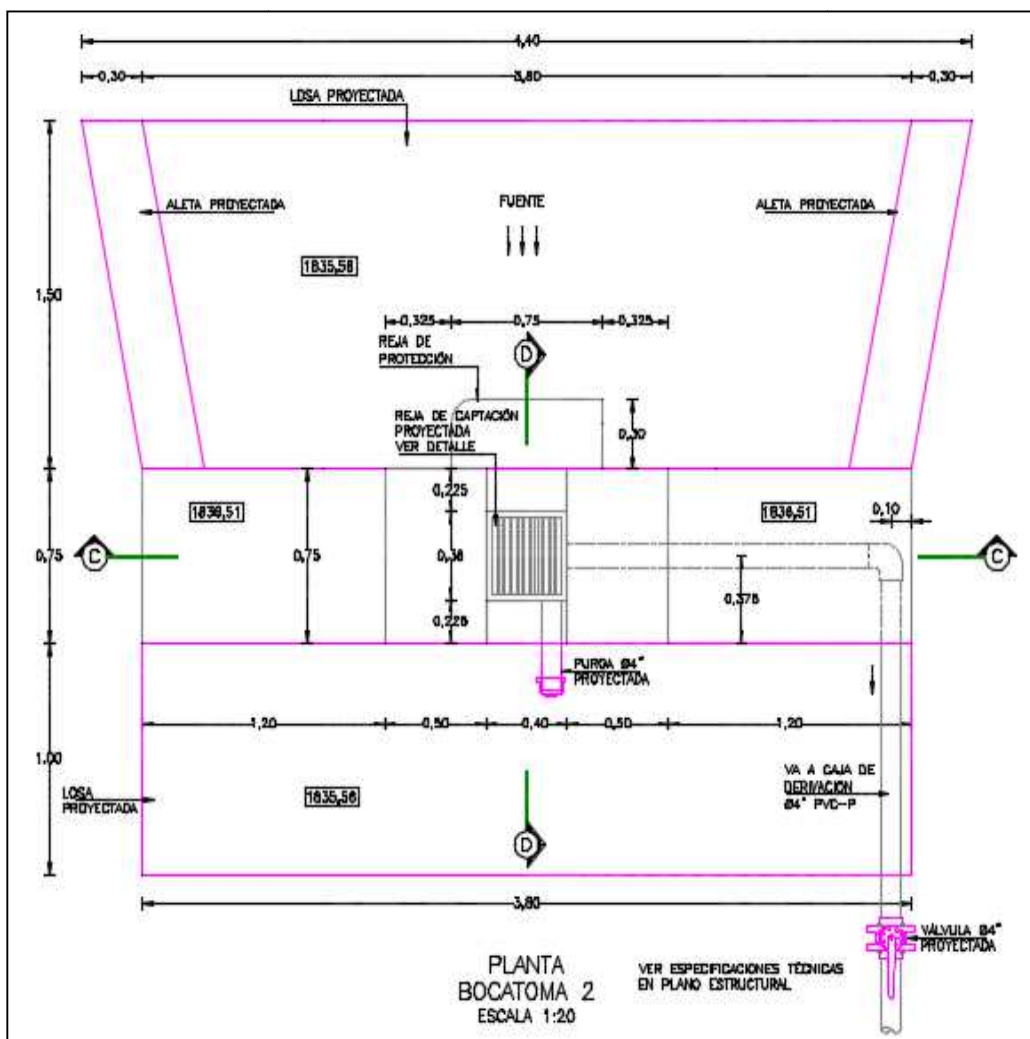
Para la evaluación del vertedero de crecida se tuvo en cuenta el caudal de diseño de las estructuras, en este caso los cálculos se realizaron con el caudal concesionado por la autoridad ambiental para la fuente La Berrionda, el caudal medio y el caudal de creciente de la quebrada, obtenidos del estudio hidrológico mostrado en el Anexo 4.



El caudal de crecientes evaluado corresponde a un periodo de retorno de 25 años, que para la fuente analizada tiene un valor de 163 l/s. Teniendo en cuenta lo anterior y las características físicas e hidráulicas de la infraestructura existente, se obtiene el caudal de crecidas que pasará por el vertedero y con esto una lámina de agua sobre éste de 0,08 m. De acuerdo con lo anterior, se concluye que el vertedero de crecida tiene por dimensiones  $L = 3,7\text{m}$ ,  $h = 0,08\text{m}$ ; con una capacidad de  $0,151\text{m}^3/\text{s}$ ; lo cual indica que si el caudal que transporta la quebrada llegara a superar éste valor, simplemente se desbordará por encima de la estructura de captación. Ver Anexo 8.1.2.

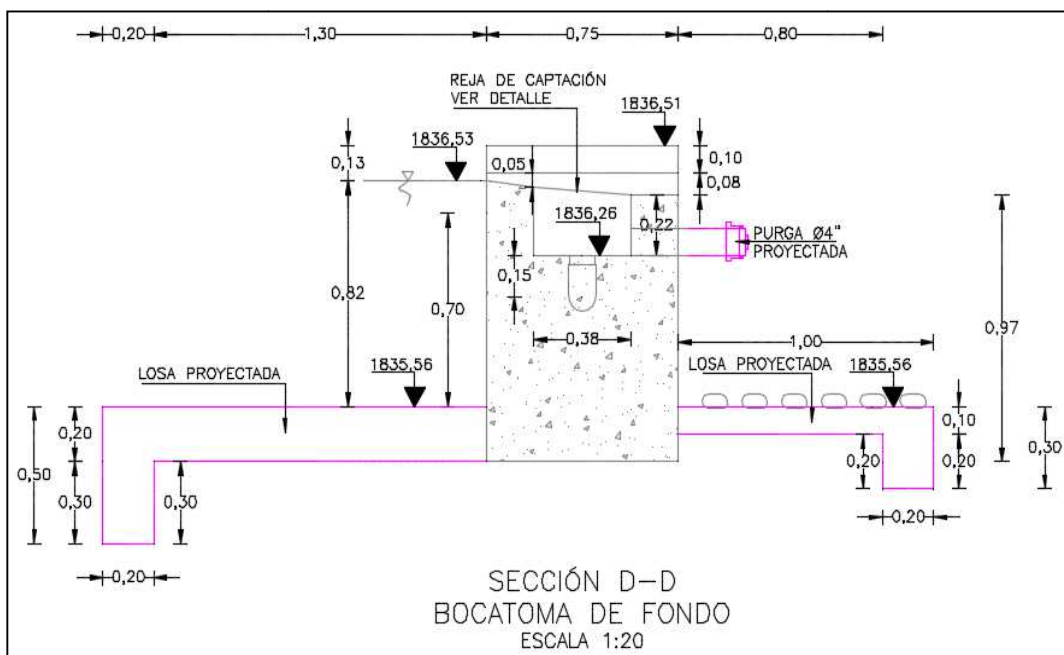
Los diseños estructurales de las obras de optimización de la estructura se presentan en el Anexo 11 y en el plano CAG\_CES\_DIS\_ABT\_2.dwg



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO		
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia		
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Figura 3. Optimizaciones proyectadas en bocatoma La Berriondita**


### 5.2.2 Línea de aducción (bocatoma – desarenador)

Para la aducción existente se proyectan obras de optimización en dos (2) puntos debido a que se encuentran expuestos y desprotegidos y que por un movimiento en masa puede provocar un colapsamiento en la red.

### 5.2.3 Estructura de regulación

El sistema actual no cuenta con estructuras de regulación de caudal por lo tanto se proyecta una nueva caja de derivación construida en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), de dimensiones 0,6 m x 0,6 m x 0,6 m. Se ubicará una caja de derivación a 3.0 m de la captación La Berriondita en la abscisa 0+4.03 y otra a 4.5 m de la captación La Berriondita en la abscisa 0+5.82, ambas con las mismas características estructurales. La estructura



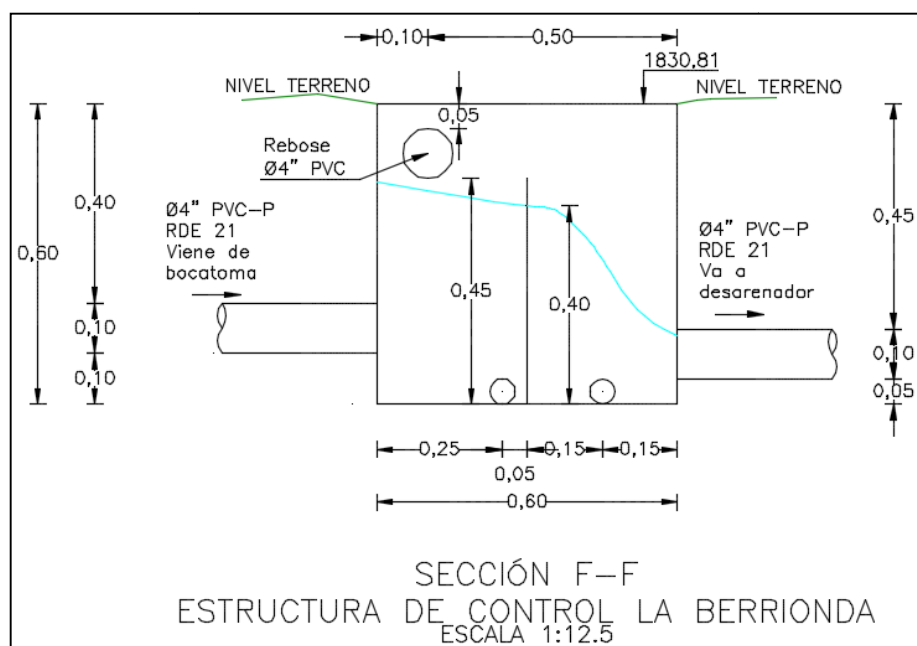
	INFORME EJECUTIVO		
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia		
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1



de derivación contará con un vertedero de aforo triangular de 90 grados, una tubería de rebose del caudal excedente en PVC de Ø 4", dos tuberías de desagüe Ø 2" y las tuberías de entrada y salida en PVC-P Ø 4". La caja se instalará sobre una capa de solado y para su protección estará recubierta con material de préstamo.


El diseño de cada estructura se realizó con el caudal concesionado para cada una de las fuentes que en este caso es de 3,39 l/s para la fuente La Berriondita y de 3,0 l/s para la fuente La Berrionda, esto con el fin de solo captar lo necesario para el sistema de acueducto y cumplir con los requerimientos de la autoridad ambiental (Corporabá). Ver diseños hidráulicos en el Anexo 8.2

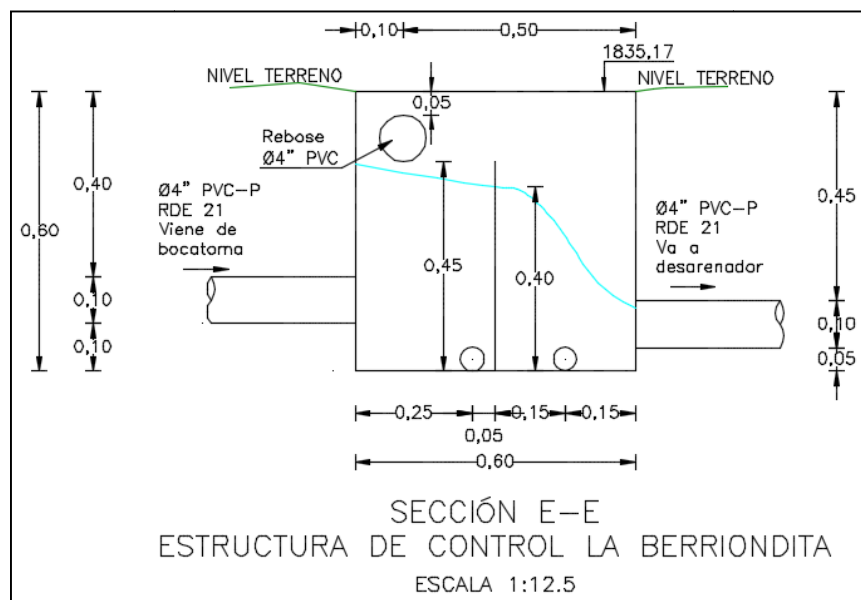
Los detalles de la estructura se pueden observar en el Plano CAG\_CES\_DIS\_ABT\_2.dwg



**Figura 4. Estructura de regulación proyectada en PRFV (La Berrionda)**



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO		
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia		
	Corregimiento Cestital - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1





**Figura 5. Estructura de regulación proyectada en PRFV (La Berriondita)**

#### 5.2.4 Desarenador

Según los resultados obtenidos de la evaluación hidráulica realizada en la fase de diagnóstico al desarenador actual este no tiene la capacidad suficiente para suplir las necesidades actuales, por lo tanto se diseña una unidad nueva de desarenación la cual estará ubicada en el mismo sitio donde está ubicado el desarenador actual.

Esta unidad se proyecta en material Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV), con una zona útil de dimensiones 0,70 m de ancho, 2,80 m de largo y 1 m de profundidad; y una tolva de almacenamiento de lodos de 0,40 m de altura con una pendiente máxima del 5%, también contará con una cámara de entrada de 0,70 m de ancho, 0,50 m de largo y 0,60 m de profundidad, esta cámara contiene un vertedero y también contará con 24 orificios de Ø 1½", los cuales se distribuirán de manera uniforme en el fondo y en la pared de ésta, que cumplirán la función de disipar la energía cuando el caudal



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

entre al desarenador como se muestra en el detalle del Plano CAG\_CES\_DIS\_ABT\_3.dwg



En la salida del desarenador se tendrá un vertedero invertido, éste será rectangular sin contracciones y tendrá una altura de 0,15 m y un ancho de 0,7 m. El fondo de la caja de salida tendrá el mismo ancho del tanque (0,7 m) y un ancho de 0,20 m, en donde se ubicará una tubería en PVC-P de Ø 6" que conectará con la tubería existente de la conducción de agua cruda. Por otro lado se instalará una tubería perforada PVC de 4" con diez (10) orificios cada uno de diámetro ½" en toda la longitud transversal del desarenador, que cumplirá la función de facilitar la purga del desarenador y al final de esta tendrá un tapón PVC 4", que desembocará en una caja de 0,40m x 0,4m en bloque para luego empalmarse con la tubería de desagüe existente que va hacia la quebrada La Berrionda.

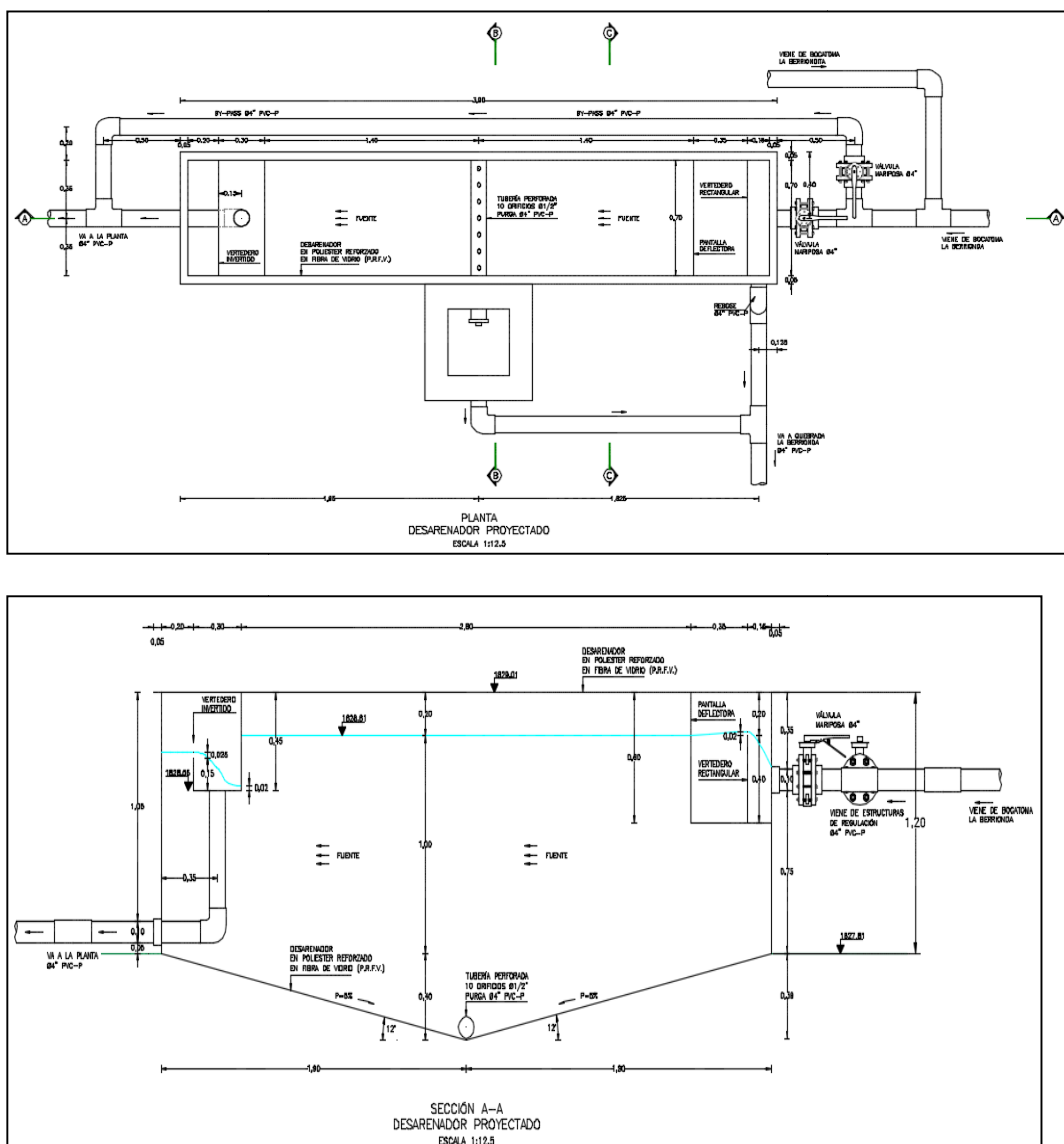
Todos los módulos que componen el desarenador también son proyectados en material PRFV.

Al desarenador también se le instalará una tubería de paso directo (By-Pass) PVC-P de Ø4", que desviará el caudal que llega de la caja de derivación hacia la conducción de aguas crudas (PVC-P Ø 4"), en caso de que sea necesario sacarlo de servicio o para su mantenimiento. Para el correcto funcionamiento del paso directo se colocarán válvulas de mariposa de 4 pulgadas de diámetro a la entrada del tanque y a la entrada del by-pass. Ver diseño hidráulico del desarenador en el Anexo 8.3

El plano y los detalles completos se pueden encontrar en el Plano CAG\_CES\_DIS\_ABT\_3.dwg





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestital - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Figura 6. Desarenador proyectado en PRFV**





	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

### 5.2.5 Línea de conducción de agua cruda (Desarenador – Planta)

La línea de conducción de agua cruda presenta aproximadamente veinte (20) puntos críticos (Ver tabla 4 y anexo 9) en los cuales según el estudio geotécnico se debe realizar las siguientes actividades de mitigación:

- Para controlar la erosión en cárcavas el método más efectivo es la vegetación con estructuras que favorezcan su crecimiento. Puede ser necesario usar métodos mecánicos, mallas, yute, fique, piedra o madera para controlar provisionalmente la erosión mientras se establece la vegetación. Generalmente, se emplea una combinación de árboles de raíz profunda con pastos y hierbas. Adicionalmente, debe controlarse las aguas mediante zanjas y canales.
- Se deben construir bermas intermedias en los sitios de cambio de pendiente y/o en taludes de alturas prolongadas que garanticen un factor de seguridad adecuado contra deslizamiento proporcionando estabilidad de las obras a proteger.
- Se requiere proteger el talud con mantos o vegetación. La vegetación cumple dos funciones principales: en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y además da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces. Las raíces refuerzan la estructura del suelo y pueden actuar como anclajes en las discontinuidades.
- Para tener un mayor factor de seguridad en las obras de mitigación, se recomienda emplear agromantos, los cuales están conformados por fibras sintéticas naturales, degradables y resistentes a los químicos que habitan en el ambiente natural del suelo. Se emplean donde la vegetación, por sí sola, provee suficiente protección contra la erosión. Los mantos que se emplean para estos casos tienen las propiedades necesarias para reforzar la vegetación y proteger el suelo, bajo las condiciones naturales del sitio.





	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

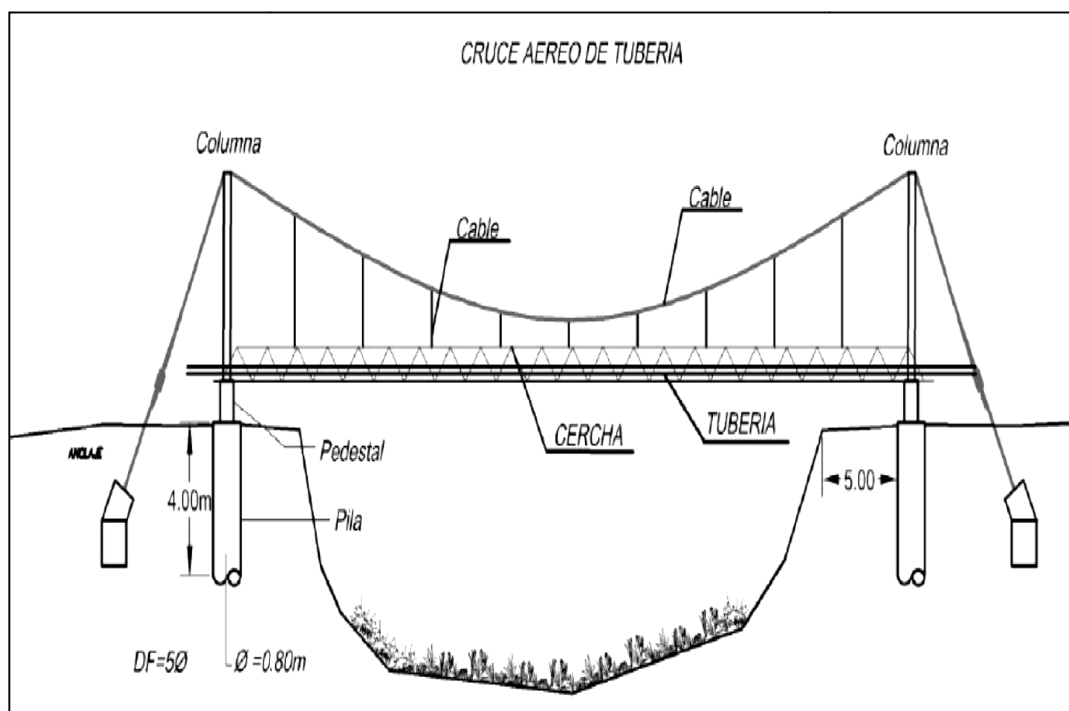
- El problema se enfoca en la falta de apoyo de la estructura de la conducción, y debido al problema de inestabilidad geomorfológica y geotécnica de algunos de los sectores, se plantea como posible solución, la construcción de un viaducto (para longitudes muy extensas) y apoyos con pedestales anclados a la roca o suelos muy densos, rígidos o roca blanda (para longitudes cortas y zonas de afloramiento rocoso).

**Tabla 4. Ubicación puntos críticos en línea de conducción de aguas crudas.**

UBICACIÓN PUNTOS CRÍTICOS CONDUCCIÓN AGUAS CRUDAS	
PUNTO	ABSCISA (m)
PC1	k0+167.59
PC2	k0+504.60
PC3	k0+696.98
PC4	k1+184.17
PC5	k1+621.00
PC6	k2+264.94
PC7	k2+517.94
PC8	k2+531.28
PC9	k2+564.77
PC10	k3+985.20
PC11	k4+268.64
PC12	k4+382.33
PC13	k6+150.39
PC14	k7+387.38
PC15	k7+926.68
PC16	k8+59.18
PC17	k8+266.06
PC18	k9+246.68





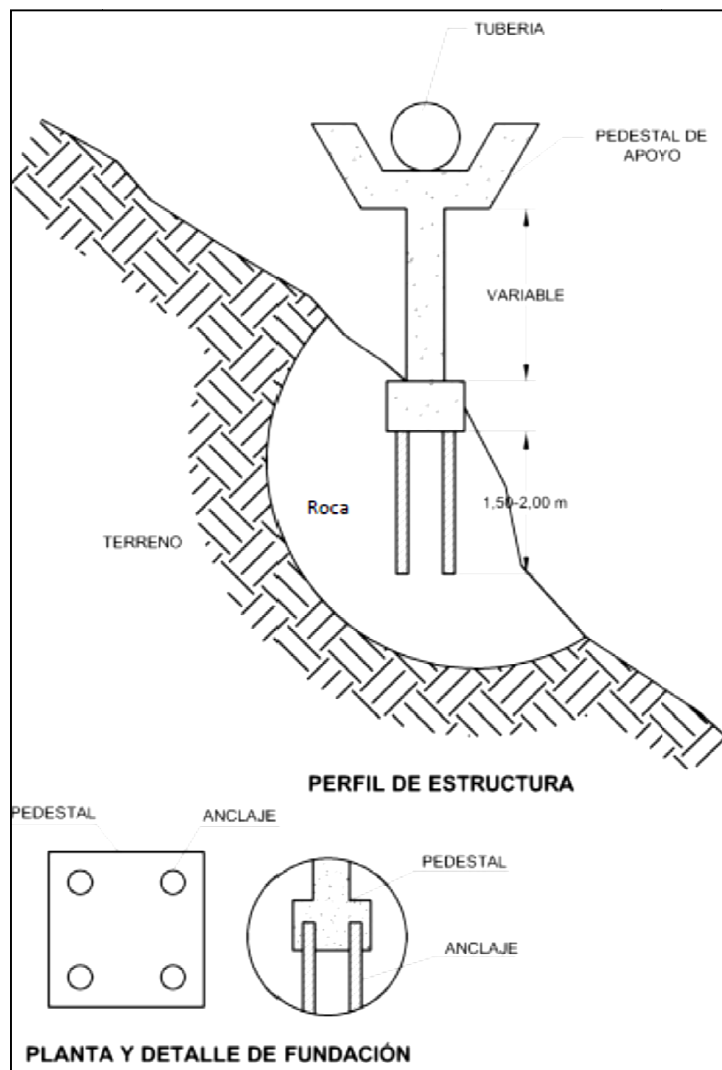
 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO			 <p><b>CONHYDRA</b> S.A. E.S.P. GESTORES DE SERVICIOS PÚBLICOS</p>	
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia				
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1		



**Figura 7. Detalle de viaducto**





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Figura 8. Detalle de apoyos con pedestales anclados a roca para longitudes cortas y zonas de afloramiento rocoso**

El estudio geotécnico completo se encuentra en el Anexo 10.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 6. COSTOS Y PRESUPUESTOS

Una vez definidas las medidas de optimización de la infraestructura existente; así como las obras nuevas para los componentes del sistema de acueducto multiveredal La Berrionda del Corregimiento de Cestillal, del Municipio de Cañasgordas - Antioquia, se indica a continuación el resumen de costos de estas obras. El presupuesto completo de las obras de optimización se puede ver en el Anexo 13.



Debido a que el presupuesto elaborado tiene vigencia para el año 2014 y las obras se contratarán para el año 2015, se acordó con la Interventoría del proyecto realizar un ajuste al presupuesto utilizando la información estadística del DANE "Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCP)" que para el año 2015 es de 2,82% y con éste se calculará el incremento de las actividades proyectadas.

**Tabla 5. Cálculo del incremento anual para ajuste de costo directo**

Año	mes	TOTAL ICCP	Diferencia (%)
2013	Diciembre	139.85	2.82
2014	Diciembre	142.67	

Con el incremento calculado para el año 2015 (2,82%), se ajustan los costos directos del proyecto y se presenta a continuación la tabla resumen de la inversión para el sistema de acueducto.



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Tabla 6. Resumen de costos**

INVERSIÓN ACUEDUCTO VIGENCIA 2015		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO DIRECTO (2015)
A	BOCATOMA LA BERRIONDA	\$8,534,308
B	BOCATOMA LA BERRIONDITA	\$8,642,656
C	ESTRUCTURA DE REGULACION	\$3,496,974
B	DESARENADOR	\$13,200,879
F	LÍNEA DE CONDUCCIÓN AGUAS CRUDAS	\$199,065,101
	<b>Subtotal costos directos obra civil e inst.</b>	<b>\$232,939,918</b>
	<b>Ajuste a costo directo por cambio de vigencia (Variación según ICCP)</b>	<b>2.82</b>
	<b>Subtotal costo directo ajustado vigencia 2015</b>	<b>\$239,508,823</b>
	<b>AIU (Obra civil e instalación) (AIU =30.69%)</b>	<b>\$73,505,258</b>
	<b>TOTAL COSTO DEL PROYECTO</b>	<b>\$313,014,082</b>

Según la anterior tabla, para la optimización del sistema de acueducto del Corregimiento Cestillal, Municipio de Cañasgordas, se requiere una inversión de **\$313.014.082**.

Los análisis de precios unitarios y presupuestos de las obras de optimización se presentan en el Anexo 13.





	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

Para la ejecución del proyecto la consultoría estima una duración de cuatro (4) meses, en el Anexo 14 se presenta el cronograma de ejecución de obra con las actividades más relevantes.





	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Según lo retomado en el capítulo 3.3.1, el corregimiento cuenta con concesión de agua de 6,39 L/s hasta el año 2029, después de analizar la demanda de caudales actual y futura se concluye que la concesión cumple con el caudal requerido hasta el horizonte del proyecto, pero la junta administradora debe realizar los trámites de ampliación hasta el año 2039.
- Después de estudiar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado en laboratorio y según el decreto 1594 de 1984, se concluye que el agua de la quebrada La Berriondita debe tener un tratamiento convencional, ya que ésta es de uso humano y doméstico.
- Según los resultados obtenidos de los chequeos presentados en el anexo 1, las bocatomas cumplen con la capacidad requerida de captación, según el nivel de complejidad del proyecto, pero estas estructuras requieren obras de optimización como son las cajas de derivación para cumplir con el requerimiento de la autoridad ambiental (CORPOURABA), que cumplen la función de regular el caudal que ha sido concesionado, ya que actualmente se está captando un caudal mayor a este. Por otro lado estas estructuras requieren obras de impermeabilización que repotencialicen la estructura y alarguen su vida útil, adicional a esto se requieren obras de optimización como son cambio de rejilla e instalación de sistema de purga.
- De acuerdo con el análisis realizado, el desarenador existente no cumple para las condiciones exigidas por el RAS 2000 A.11.2.4. La consultoría del proyecto propone el diseño y construcción de una nueva estructura de desarenación, que cumpla con las demandas actuales y futuras del sistema e incluya sistemas hidráulicos que permitan un adecuado funcionamiento.
- Según los chequeos realizados a los caudales del numeral 4.2.4 y la Tabla 13, se determina que para todos los caudales (actual, aforado y futuro) no se cumple el parámetro de Tiempo de retención hidráulica





	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

(a) ya que según el RAS 2000 debe ser mayor a 20 minutos, tampoco cumplen con el parámetro del número de Reynolds (Re) para un flujo en transición que debe ser menor de 4 y los resultados mostraron un valor mayor. Por otro lado todos los caudales chequeados cumplieron con los parámetros de Velocidad Horizontal (Vh), que según RAS 2000 debe ser menor a 0.25 m/s y la relación entre la velocidad horizontal y la velocidad de asentamiento vertical (Rv) que debe ser inferior a 20.



- Para la línea de aducción desde las bocatomas hasta el desarenador, se requiere instalación de válvulas de control que permitan la interrupción de flujo para labores de mantenimiento y limpieza en las estructuras, así mismo la instalación de válvulas de purga para la limpieza de la tubería.
- Para la línea de conducción las obras de optimización propuestas son la reposición de tubería en aquellos tramos en que esté en mal estado y realizar obras de protección para las tuberías que se encuentran en los puntos críticos que fueron identificados en la etapa de diagnóstico.
- Se debe realizar la calibración del equipo de macromedición y realizar lecturas diarias que permitan llevar un control del agua producida del sistema de acueducto del corregimiento.
- Según la visita de campo al corregimiento Cestillal, se identificó que algunos micromedidores se encuentran en mal estado y en algunos casos, los usuarios desvían el flujo para evitar la lectura real del consumo en las viviendas, por lo que se requiere que la junta administradora, adelante la reposición y reconexión de micromedidores, con el fin de contabilizar el agua demandada por los usuarios y así realizar un balance entre el agua producida y el agua facturada, para conocer las pérdidas en el sistema y cumplir así con los requerimientos de las resolución 2320 del 2009.
- Se requiere que la junta administradora realice la reparación de los daños en la red, con el fin de reducir las pérdidas físicas del sistema y realizar inspecciones para eliminar las conexiones fraudulentas.



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

- Teniendo en cuenta los análisis obtenidos del estudio geológico realizado por el especialista, se concluye que la zona de estudio tiene una amenaza sísmica alta y una amenaza por movimientos en masa intermedia. Se tiene además, que en las zonas desestabilizadas a causa de los movimientos en masa, y que permanecen sin vegetación, haciéndolas más susceptibles a la formación de cárcavas, que siguen afectando el sistema de conducción, se recomienda la realización de un tratamiento con cal para estimular el crecimiento de vegetación protectora.
- No hay en zonas cercanas alternativas viables diferentes al bombeo, para surtir de agua la zona desde el fondo de la quebrada ya que por su diferencia de cota se hace inviable.
- Teniendo en cuenta los análisis obtenidos del estudio hidrológico se concluye que con relación al caudal ecológico, es necesario que se diseñe una estructura de control en bocatoma, de tal manera que se mantenga como mínimo en el cauce un caudal de 59 litros/s. Dicha estructura puede ser de tipo vertedero o de compuerta. Es importante instalar estación de medición de caudales, limnímetro o limnógrafo, aguas arriba de la bocatoma.
- Por otro lado existe un riesgo potencial por desabastecimiento de agua entre cada cinco a siete años, por lo que deberán tomarse medidas y acciones de recuperación de cuencas y de ahorro y uso eficiente del agua.
- Se recomienda para el diseño de obras hidráulicas en bocatoma y análisis de riesgo hidrológico de caudales extremos, utilizar el caudal con periodo de retorno de 100 años, esto es  $5.284 \text{ m}^3/\text{s}$ , que equivale a un 87% más del caudal medio multianual de  $0.654 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- De acuerdo con las afectaciones observadas en la fase de diagnóstico y teniendo en cuenta las opciones planteadas en la fase de alternativas se realizarán obras de optimización en las dos captaciones entre las que comprende impermeabilización de toda la estructura, protección del lecho de la quebrada por medio de losas de concreto aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma, disipadores de





	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

energía y estabilidad de la estructura por medio de aletas con llaves de anclaje reforzadas.

- Según lo observado en la fase de diagnóstico y lo planteado en la fase de alternativas, la línea de aducción (desde la bocatoma hacia el desarenador) no tiene ningún sistema de control y aforo de caudal por lo tanto se diseña una estructura de regulación para cada una de las captaciones, en material PRFV (ambas estructuras de características iguales) que contendrán un vertedero triangular para aforos y conectarán directamente con la unidad de desarenación.
- Para la línea de aducción desde las bocatomas hasta el desarenador, se requiere instalación de válvulas de control que permitan la interrupción de flujo para labores de mantenimiento y limpieza en las estructuras.
- De acuerdo con el análisis realizado, el desarenador existente no cumple para las condiciones exigidas por el RAS 2000 A.11.2.4. La consultoría del proyecto propone el diseño y construcción de una nueva estructura de desarenación en material PRFV, tendrá la capacidad de tratar 5 L/s cumpliendo con las demandas actuales y futuras del sistema e incluirá sistemas hidráulicos que permitan un adecuado funcionamiento.
- En general observando los puntos identificados en el recorrido de la conducción de agua cruda (Desarenador –PP) se concluye que muchos de los proceso de afectación de las estructuras de conducción se han generado en zonas de vertiente, en discontinuidades, en puntos de contacto litológico y suelo residual, como también se ha observado una caracterización de flujos de escombros y de lodos, en combinación por la denudación del terreno que ocasiona que la línea de conducción de acueducto pierda soporte en las estructuras de apoyo inicial ocasionando desplomes y pérdida del lineamiento de la red.
- A través de la construcción de estructuras en viaducto, pendientes combinadas acompañadas de un efectivo sistema de evacuación de





	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

aguas, una correcta revegetación, se minimizaría la continuidad de los procesos erosivos.

- Al enfocar el problema en la falta de apoyo de la estructura de la conducción, y debido al problema de inestabilidad geomorfológica y geotécnica de algunos de los sectores, se plantea como posible solución, la construcción de un viaducto (para longitudes muy extensas) y apoyos con pedestales anclados a la roca o suelos muy densos, rígidos o roca blanda (para longitudes cortas y zonas de afloramiento rocoso).
- Para la ejecución del proyecto la consultoría estima una duración de cuatro (4) meses y un valor de \$313.014.082 pesos. Se presenta un cronograma de ejecución de obra con las actividades más relevantes.



	INFORME EJECUTIVO			
	Consultoría para la elaboración de tres (3) estudios y diseños, que incluyen los componentes de riesgos y/o amenaza, de proyectos del sector Agua potable y Saneamiento básico, localizados en tres (3) municipios del departamento Antioquia			
	Corregimiento Cestillal - Municipio Cañasgordas - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Gobernación de Antioquia, Corpourabá, Municipio de Cañasgordas. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Cañasgordas, Antioquia. 2010.

Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A ESP. Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, Cañasgordas, Antioquia. 2007

URREGO USUGA, Aicardo Antonio. Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015, Cañasgordas, Antioquia. 2012

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE.  
<http://www.dane.gov.co/>

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. Manual de Hidráulica, 8va edición, Sao Paulo, Brasil. 1998

Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Santafé de Bogotá D.C, Colombia. 2000

