
	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS - ANTIOQUIA





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.

Julio de 2014

Medellín – Colombia





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## TABLA DE CONTENIDO



<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>ASPECTOS URBANOS .....</b>	<b>3</b>
2.1.1	Perímetro Urbano y Áreas de Expansión.....	3
2.1.2	Estado de las vías urbanas y rurales .....	5
2.1.3	Perímetro Sanitario .....	6
<b>2.2</b>	<b>INFORMACIÓN DISPONIBLE .....</b>	<b>7</b>
2.2.1	Diagnósticos .....	7
2.2.2	Estudios anteriores .....	7
2.2.3	Planes Maestros .....	7
<b>2.3</b>	<b>VERIFICACIÓN ESTUDIOS EXISTENTES.....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EXISTENTE.....</b>	<b>9</b>
3.1.1	Descripción general del servicio de acueducto .....	9
3.1.2	Cobertura del servicio de acueducto .....	9
3.1.3	Descripción general servicio de Alcantarillado.....	9
3.1.4	Cobertura del servicio de alcantarillado .....	10
<b>3.2</b>	<b>PROBLEMAS MÁS FRECUENTES EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3</b>	<b>COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO .....</b>	<b>12</b>
3.3.1	Sistema San Francisco .....	13
3.3.2	Sistema Montenegro.....	21
3.3.3	Conducción (Planta – Red de distribución).....	29
3.3.4	Planta de potabilización de Agua (PPA) .....	30
3.3.5	Almacenamiento .....	32



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

3.3.6	Redes de distribución .....	33
3.3.7	Macro y Micromedición .....	34
<b>4.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA EXISTENTE Y A HORIZONTE DE DISEÑO .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>DATOS DE POBLACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>POBLACIÓN FLOTANTE PARA EL AÑO BASE.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>NIVEL DE COMPLEJIDAD ACTUAL.....</b>	<b>37</b>
<b>4.4</b>	<b>PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN.....</b>	<b>37</b>
4.4.1	Métodos de cálculo .....	38
4.4.2	Determinación de la tasa de crecimiento .....	40
<b>4.5</b>	<b>NIVEL DE COMPLEJIDAD DE ACUERDO A LA POBLACIÓN PROYECTADA.....</b>	<b>52</b>
<b>4.6</b>	<b>DOTACIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>4.7</b>	<b>ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA.....</b>	<b>55</b>
<b>4.8</b>	<b>EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO POR COMPONENTES....</b>	<b>58</b>
4.8.1	Evaluación del sistema San Francisco .....	58
4.8.2	Evaluación del sistema Montenegro .....	60
4.8.3	Conducción.....	63
<b>5.</b>	<b>EVALUACIÓN AMENAZAS Y RIESGOS DEL SISTEMA AFECTADO.....</b>	<b>64</b>
<b>6.</b>	<b>ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL SISTEMA DE ACUEDUCTO .....</b>	<b>66</b>
<b>6.1</b>	<b>ENFOQUE DE LA PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>66</b>
<b>6.2</b>	<b>ALTERNATIVAS .....</b>	<b>67</b>
6.2.1	Sistema San Francisco .....	67
6.2.2	Sistema Montenegro.....	70
6.2.3	Conducción de agua tratada.....	71
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>74</b>





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CRUDAS DE LA QUEBRADA SAN FRANCISCO .....	13
TABLA 2. AFORO SISTEMA SAN FRANCISCO.....	20
TABLA 3. AFORO SISTEMA MONTENEGRO .....	25
TABLA 4. AFORO SISTEMA MONTENEGRO .....	28
TABLA 5. CONSIDERACIONES PARA PROYECTAR LA POBLACIÓN .....	38
TABLA 6. TASAS ANUALES DE CRECIMIENTO PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS .....	40
TABLA 7. TASAS ANUALES DE CRECIMIENTO PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.....	43
TABLA 8. PROMEDIO DE TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS Y EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA (PROYECCIONES DANE).....	45
TABLA 9. CÁLCULO DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS, ANTIOQUIA.....	46
TABLA 10. CÁLCULO DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.....	47
TABLA 11. RESUMEN DE TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL PARA MUNICIPIO DE SAN PEDRO Y DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA .....	49
TABLA 12. PROYECCIONES DE POBLACIÓN PARA LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.....	50
TABLA 13. DEMANDAS ACTUALES Y FUTURAS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO (ABASTECIMIENTO CON AGUA POTABLE).....	57
TABLA 14. RESUMEN DE LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL DESARENADOR PARA LOS CAUDALES ACTUAL, AFORADO Y FUTURO.....	60
TABLA 15. RESUMEN DE LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL DESARENADOR PARA LOS CAUDALES ACTUAL, AFORADO Y FUTURO.....	62
TABLA 16. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS MATERIALES POLIÉSTER REFORZADO EN FIBRA DE VIDRIO (PRFV) VS CONCRETO .....	69





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LA VEREDA SAN FRANCISCO EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS - ANTIOQUIA.....	2
FIGURA 2. PERÍMETRO URBANO Y ÁREAS DE EXPANSIÓN.....	4
FIGURA 3. JERARQUÍA DE VÍAS DE LA VEREDA SAN FRANCISCO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.....	6
FIGURA 4. VEREDA SAN FRANCISCO Y SU RED DE DISTRIBUCIÓN DE ACUEDUCTO.....	34
FIGURA 5. PROYECCIONES DE POBLACIÓN PARA LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.....	51
FIGURA 6. TRAZADO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN ACUEDUCTO SAN FRANCISCO.....	73







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## LISTA DE FOTOS

FOTO 1. MOVIMIENTOS DE MASA CERCA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN..	11
FOTO 2. LUGAR DE INUNDACIÓN DE LA ZONA DE CAPTACIÓN SAN FRANCISCO.....	12
FOTO 3. BOCATOMA SAN FRANCISCO. ....	16
FOTO 4. REJILLA DE CAPTACIÓN BOCATOMA SAN FRANCISCO. ....	16
FOTO 5. SOCAVACIÓN EN LA BASE DE LA BOCATOMA DE LA QUEBRADA SAN FRANCISCO. ....	17
FOTO 6. ESTRUCTURA DE REGULACIÓN QUEBRADA SAN FRANCISCO.....	18
FOTO 7. DESARENADOR DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN SAN FRANCISCO..	20
FOTO 8. PANTALLA DEFLECTORA A LA SALIDA DEL DESARENADOR.....	21
FOTO 9. REJILLA DE CAPTACIÓN BOCATOMA MONTENEGRO.....	23
FOTO 10. LIMPIEZA DEL DIQUE QUEBRADA MONTENEGRO. ....	23
FOTO 11. BOCATOMA QUEBRADA MONTENEGRO .....	24
FOTO 12. ESTRUCTURA DE REGULACIÓN QUEBRADA MONTENEGRO.....	25
FOTO 13. DESARENADOR SISTEMA MONTENEGRO.....	27
FOTO 14. ZONA DE ENTRADA DESARENADOR QUEBRADA MONTENEGRO	27
FOTO 15. DESAGÜE EN LA ZONA DE SEDIMENTACIÓN .....	28
FOTO 16. TRAMO DE CONDUCCIÓN ELEVADO.....	30
FOTO 17. ENTRADA A LOS FILTROS DEL AGUA CAPTADA POR LAS DOS BOCATOMAS.....	31
FOTO 18. FILTROS PTAP VEREDA SAN FRANCISCO. ....	31
FOTO 19. TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y CASETA DE OPERACIONES...	32



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## LISTADO DE ANEXOS

### 1. CHEQUEO DE AGUAS CRUDAS SAN FRANCISCO

#### 1.1 BOCATOMA

#### 1.2 CAJA DE DERIVACIÓN

#### 1.3 DESARENADOR

### 2. CHEQUEO DE AGUAS CRUDAS MONTENEGRO

#### 2.1 BOCATOMA

#### 2.2 CAJA DE DERIVACIÓN

#### 2.3 DESARENADOR

### 3. SIMULACIÓN HIDRÁULICA CONDUCCIÓN

### 4. RESULTADOS SIMULACIÓN HIDRÁULICA CONDUCCIÓN

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO

### 6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 7. ESTUDIO GEOLÓGICO Y AMENAZAS NATURALES

### 8. INFORMACIÓN DE SOPORTE

#### 8.1 CONCESIÓN DE AGUAS

#### 8.2 RESULTADOS DE LABORATORIO DE AGUA CRUDA



#### 8.3 LECTURAS DE MACROMEDICIÓN

#### 8.4 CHEQUEO DE AGUAS CRUDAS EXISTENTE

### 9. TOPOGRAFÍA







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## LISTADO DE PLANOS

LISTADO DE PLANOS DEL PROYECTO						
DEPARTAMENTO ANTIOQUIA						
MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS						
VEREDA SAN FRANCISCO						
ABASTECIMIENTO	Localización general del proyecto (1/4)	SPM	VSF	DIG	ABT	1
	Levantamiento topográfico San Francisco y Montenegro (2/4)	SPM	VSF	DIG	ABT	2
	Bocatomas, Caja de derivación y desarenador de San Francisco y Montenegro. (3/4)	SPM	VSF	DIG	ABT	3
	Planta Perfil- Conducción existente (4/4)	SPM	VSF	DIG	ABT	4
CODIGOS	Total planos del proyecto	4				
	Iniciales del municipio	SPM				
	Vereda - Corregimiento	VSF				
	Etapas del proyecto	DIAGNÓSTICO			DIG	
	Estructuras de abastecimiento	ABT				



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



## 1. INTRODUCCIÓN

Mediante el Decreto 4819 del 29 de diciembre de 2010, se creó el FONDO ADAPTACIÓN (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 Nina", 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 No. 038 de 2014, 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. En este informe se presentan los estudios, diseños y optimizaciones de los sistemas que hacen parte del componente de acueducto, de la vereda San Francisco del municipio de San Pedro de los Milagros.

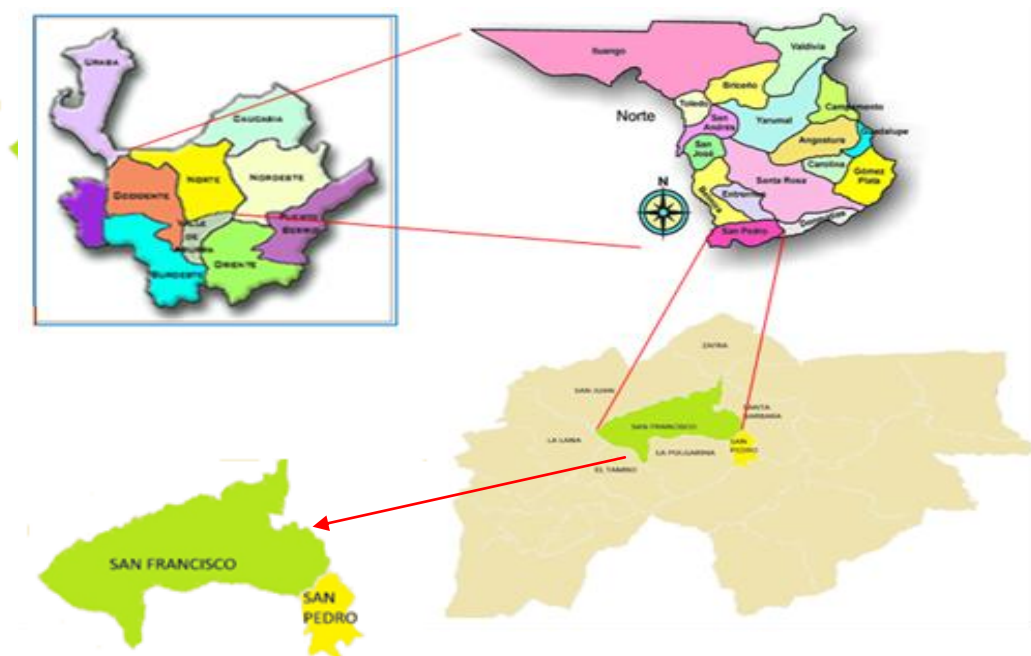


 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## 2. ANTECEDENTES



El Municipio de San Pedro de los Milagros, se encuentra localizado en la Región Norte, en la Subregión del Altiplano Norte, con una temperatura media de 16° C. y una altura sobre el nivel de 2.475 metros. A una distancia de 44 kilómetros del Municipio de Medellín, por la vía al mar, se encuentra ubicado a los 6°19'19" de latitud norte y a 1° 37' 40" de longitud occidental. El municipio tiene una extensión geográfica de 229 Kilómetros cuadrados, de los cuales 1,9 kilómetros cuadrados equivalen a su área urbana.

A su vez, la vereda San Francisco se encuentra localizada al Nor-occidente del Municipio de San Pedro de los Milagros, a una distancia aproximada de 7 km, desde la cabecera municipal hasta la ubicación del sistema de potabilización de agua. La vereda tiene una extensión de 12 kilómetros cuadrados, con una temperatura media de 14° C y una altura mínima sobre el nivel del mar de 2.396 metros y máxima de 2.808 metros



**Figura 1.** Localización de la vereda San Francisco en el Municipio de San Pedro de los Milagros - Antioquia.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



## 2.1 ASPECTOS URBANOS

### 2.1.1 Perímetro Urbano y Áreas de Expansión<sup>1</sup>

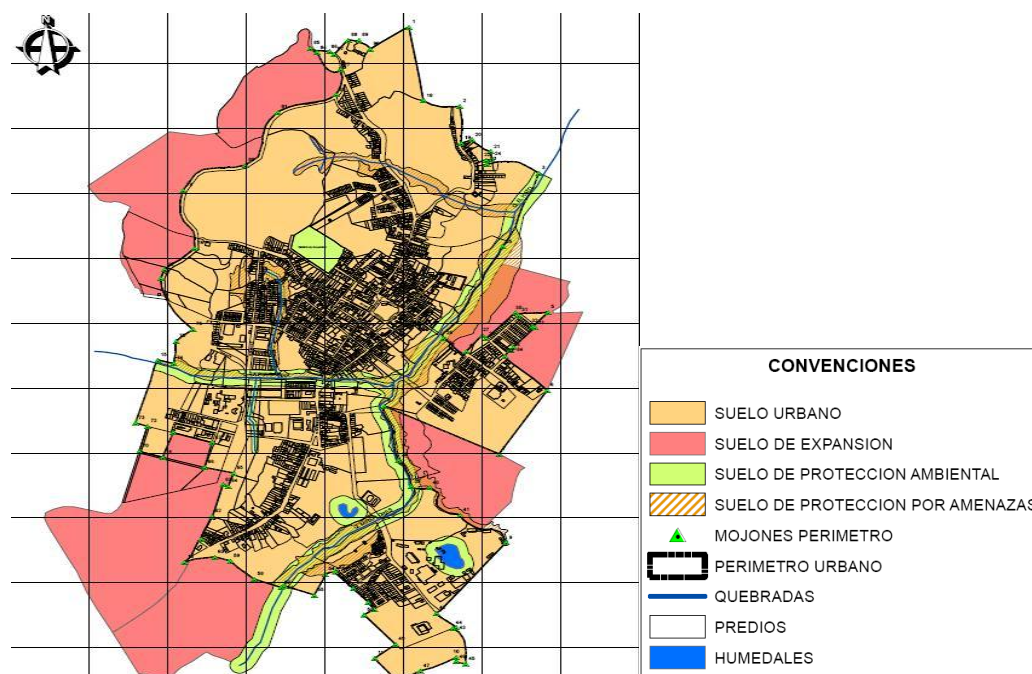
Los límites actualizados que conforman el perímetro urbano de acuerdo con las vías trazadas son los siguientes: Por el Sur del punto en el que se interceptan las vías: La vía principal que conduce de Medellín a San Pedro de los Milagros y (viceversa), con el trazado de vía que corresponde a la Circunvalar 47 y siguiendo en sentido Oriente por esta vía, continuando por el borde que delimita la parte urbana del Barrio el Milagro y volteando con proyección de sentido Sur Norte por la diagonal 40 hasta encontrarse con la Transversal 49 (salida a las Veredas Espinal y Alto Medina) y devolviéndose en un tramo hasta encontrar el cruce con la Diagonal 40 con la transversal 49, siguiendo el trazado hasta encontrar el cruce de la transversal 47, siguiendo nuevamente la proyección y girando en sentido Sur Norte por la circunvalar 46 atravesando las diagonales 41, 42 y calles 43, 44, 45, 46, 48, hasta encontrar el cruce de la calle 50 (Barrio Bellavista), desplazándose en sentido oriente hasta la parte urbanizada y siguiendo la extensión de este sector (Bellavista) en límite con la circunvalar 45 en sentido norte para devolverse nuevamente en sentido occidente hasta encontrar el cruce de la calle 50c con la construcción de la urbanización de las casas de la parroquia o Padre Mariano Eusse, siguiendo en sentido norte por la circunvalar 47 haciendo cruce con las calle 51, 51<sup>a</sup>, 52, 52<sup>a</sup>, 52b, 52c, 53, 54, 55 y continuando en sentido Noroccidente para convertirse en la circunvalar 48, cruzándose con las Carreras 48, 49, 49<sup>a</sup>, 49b, proyectándose hacia el Barrio los García, en su desarrollo lineal y continuando en el cruce con la circunvalar 47 en proyección Noroccidental en cruce con la diagonal 49c y las diagonales proyectadas hasta encontrarse en cruce con la parte final de la Carrera 50 para devolverse en sentido Norte Sur o salida a Entreríos y sobre la margen oriental teniendo como eje la Carrera Bolívar, en el recorrido de la circunvalar 55<sup>a</sup> paralela a la Variante y cruzando las demás vías proyectadas hasta cruzarse con transversal 55, 54, 53<sup>a</sup> 53, 52, 51, 50<sup>a</sup> y 50 calle 49b, 49<sup>a</sup>, 49, 48, 47, 46b, 46<sup>a</sup>, 46, 45d, 45c, 45b, pasando los retiros de la

<sup>1</sup> Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A (A.A.S.S.A). Actualización Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado Municipio de San Pedro de los Milagros. Año 2011.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

quebrada la Pulgarina hasta encontrar los trazados de la calle 44 sobre la carrera 54 y la proyección de esta última conformando el perímetro final del barrio Guamurú hasta encontrar la proyección de la calle 44 para seguir su curso en un tramo proyectado de la carrera 54 el cual atraviesa el trazado de las calles 43, 42<sup>a</sup>, 42, 41, 40, 39, hasta el trazado de la calle 38 donde voltea en sentido Occidente Oriente en cruce con las Carreras 53<sup>a</sup>, 53, 52<sup>a</sup>, hasta encontrarse con la Carrera 52 (Variante) y la cual se prolonga hasta encontrarse con la circunvalar 47, punto inicial del perímetro.





**Figura 2.** Perímetro urbano y áreas de expansión

*Fuente: PBOT San Pedro de los Milagros.*





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

### 2.1.2 Estado de las vías urbanas y rurales<sup>2</sup>

Se llega a la cabecera Municipal por la vía al mar, en un recorrido de 44 kilómetros pavimentados y en buen estado. A nivel regional está conectado con todos los Municipios limítrofes, por vías destapadas. El municipio cuenta con una buena infraestructura vial de carácter terciario conformado por 200 km aproximadamente en carreteras destapadas que permiten atender al 100% del área rural, y 57 km aproximadamente en carreteras primarias que unen al municipio con otros municipios colindantes.

En el sector rural se cuenta con 20 veredas las cuales poseen vías que permiten el acceso entre ellas y a la cabecera municipal. En este caso la vereda de interés, San Francisco cuenta con las siguientes vías de acceso:

La vereda tiene tres vías terciarias de mucha importancia para la movilidad de su actividad económica; la vía principal es la que recorre todo el centro de la vereda conocida como la de San Juan, la cual comunica desde la cabecera Municipal San Pedro hasta la vereda San Juan, la segunda vía es la del Alto del Herrero que inicia desde La Gorda de la misma vía de San Juan, pasa por todo el alto del Herrero, limitando con la vereda La Pulgarina hasta llegar por la misma de San Juan en el sector de La Matica y la tercera es la que comunica desde el sector de San Luis de la misma vía de San Juan hasta la vía secundaria que comunica con los municipios de Belmira y Entrerrios en la Vereda Santa Bárbara.

La vía San Pedro – San Juan, tiene una cobertura de población aproximada de 1.218 personas. Su sección es de 5 metros, su estado es regular, requiere obras de drenaje, protección y contención, mantenimiento y la construcción de puentes.



El ramal vereda San Francisco, comunica la vereda San Francisco con la carretera de la vía a San Juan, tiene una sección de 5 metros, su estado es malo, requiere obras de drenaje, protección y contención, mantenimiento y el tránsito es vehicular.

<sup>2</sup> Alcalde Jaime Echeverry Marín. Plan de desarrollo San Pedro de los Milagros. Años 2008 – 2011.







	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

En el 2011 el perímetro urbano superaba el perímetro sanitario, varios sectores incluidos en el perímetro urbano no tenían disposición ni redes de servicios públicos, por lo tanto en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del 2011 se propuso que el suelo urbano se ajustara al perímetro sanitario con redes de servicios públicos disponibles, donde se repondrían las redes de acueducto y alcantarillado faltantes, para lograr la ejecución total del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.

## 2.2 INFORMACIÓN DISPONIBLE

### 2.2.1 Diagnósticos

- Revisión y Ajuste Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de San Pedro de los Milagros. Fundación Universitaria Católica del Norte. Año 2011.
- Plan de desarrollo San Pedro de los Milagros 2008 – 2011.



### 2.2.2 Estudios anteriores

- Optimización del sistema de acueducto de la vereda San Francisco del Municipio de San Pedro de los Milagros. Año 2006.

### 2.2.3 Planes Maestros

- Actualización Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, Municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. Acueductos y Alcantarillados sostenibles S.A (A.A.S.S.A). Año 2011.





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## 2.3 VERIFICACIÓN ESTUDIOS EXISTENTES

Para la zona de estudio no se cuenta con estudios hidrológicos, geotécnicos ni topográficos.

Los componentes de los sistemas de captación de la vereda no poseen estudios estructurales, pero si las evaluaciones hidráulicas de algunas estructuras como lo son bocatomas y desarenadores, las cuales se muestran en el Anexo 8.4. Las evaluaciones fueron elaboradas por funcionarios de la Secretaría de Planeación del Municipio de San Pedro de los Milagros en el año 2006.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

### 3. SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EXISTENTE

##### 3.1.1 Descripción general del servicio de acueducto

Las gestiones del acueducto se iniciaron en el año 1988. En 1992 se efectuó el convenio para la financiación y la construcción del acueducto, y en 1995 se realizaron los trazos y diseños de los tanques. Finalmente en el año 1996 se inició la prestación del servicio a 85 usuarios, actualmente se presta el servicio para un total de 160 suscriptores.

La prestación del servicio de acueducto se realiza a través de la Junta Administradora del Acueducto de la Vereda San Francisco (ACUASFRAN), la cual realiza las labores de operación, mantenimiento, facturación y recaudo.

En la vereda San Francisco no se tiene una clasificación por estrato socioeconómico, por lo tanto todas las viviendas son consideradas estrato 3 y todas pagan una misma tarifa de cargo fijo por la prestación del servicio de acueducto. Dicho cargo para el año 2014 es de \$ 6.491. La tarifa para consumo básico de 0 a 20 m<sup>3</sup> es de \$ 790, complementarios de 21 a 40 m<sup>3</sup> de \$ 948 y el consumo suntuario mayor a 41 m<sup>3</sup>, de \$ 1.139. Las tarifas anteriores son suministradas por la ACUASFRAN y están actualizadas para el año 2014.



##### 3.1.2 Cobertura del servicio de acueducto

Actualmente, cerca del 70% de las viviendas de la vereda San Francisco cuentan con suministro de agua tratada, proveniente del sistema manejado, operado, mantenido y administrado por ACUASFRAN.

##### 3.1.3 Descripción general servicio de Alcantarillado

La vereda San Francisco no cuenta con sistema de alcantarillado, las aguas residuales son tratadas en sistemas independientes (pozos sépticos), en algunos casos son dispuestas a campo abierto y en otros casos son vertidas directamente a algunas fuentes superficiales de la zona.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

#### 3.1.4 Cobertura del servicio de alcantarillado



Aproximadamente el 80% de las viviendas de la vereda San Francisco cuentan con sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales, tipo pozos sépticos.

### 3.2 PROBLEMAS MÁS FRECUENTES EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO

El acueducto de la vereda San Francisco en épocas invernales se ve afectado en su infraestructura, debido al deterioro generado por las avenidas torrenciales y al arrastre de sedimentos en las fuentes, la gran cantidad de sedimentos colmatan el lecho de las quebradas generando represamientos y afectando el flujo normal de éstas. Por lo anterior se generan inundaciones en la zona, lo cual dificulta el acceso a las estructuras de captación para realizar las labores de limpieza y mantenimiento, además la calidad del agua captada desmejora considerablemente lo cual implica un mantenimiento más frecuente de las estructuras en la planta de potabilización de agua (PPA) existente.

Aparte de las afectaciones en la zona de captación, la línea de conducción se encuentra vulnerable debido a movimientos de masa en algunos de sus tramos (Ver Foto 1), las inundaciones y deslizamientos de tierra en fuertes temporadas invernales han llegado a destruir algunos tramos de la conducción dejando sin agua a la vereda. Como medida provisional se han realizado soportes artesanales en la tubería para poder continuar con la prestación del servicio.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	





**Foto 1.** Movimientos de masa cerca de la línea de conducción.

En la zona de captación de la quebrada Montenegro, en fuertes temporadas invernales, el agua ha llegado hasta un nivel de inundación de dos metros desde el lecho de la fuente aproximadamente, esto ha generado que las tapas de los desarenadores sean afectadas y levantadas de las estructuras por la fuerza del agua. En la zona de captación de la quebrada San Francisco, también se ha llegado a desbordar el agua de la fuente, inundando los terrenos aledaños como se muestra en la Foto 2, cabe anotar que la estructura de control de caudal de este sistema se encuentra en todo el cauce de la quebrada.





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Foto 2.** Lugar de inundación de la zona de captación San Francisco.



### 3.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

El sistema de acueducto de la vereda San Francisco fue construido en el año 1996 y está conformado por dos sistemas, los cuales son San Francisco y Montenegro.

El primer sistema de captación mencionado se abastece de la quebrada San Francisco, que consiste en una bocatoma de fondo tipo dique, una estructura de regulación de caudal, un desarenador convencional y la tubería de aducción hasta la planta de potabilización.

El segundo sistema capta el agua de la quebrada Montenegro, se encuentra cerca del primer sistema y posee las mismas estructuras del primero.



 <b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

El agua captada de las dos quebradas llega a la planta de potabilización, allí el agua es transportada por las unidades de filtración, desinfección y almacenamiento, para finalmente llegar a la red de distribución de la vereda.

### 3.3.1 Sistema San Francisco

#### 3.3.1.1 Fuente de abastecimiento

Una de las fuentes que abastece el sistema de potabilización de la vereda San Francisco, es la quebrada San Francisco. Respecto a la concesión de agua, el caudal otorgado para esta fuente es de 1,482 l/s más un 30% por pérdidas hidráulicas en el sistema de conducción que se estiman en 0,44 l/s, por lo tanto el caudal total es de 1,92 L/s, otorgado desde el 21 de Julio de 2008 según resolución NRO 130TH-6582 de la Dirección Territorial TAHAMÍES (CORANTIOQUIA), y cuya vigencia se extiende hasta el 21 de Julio de 2018.

#### Caracterización de aguas de abasto

Durante la realización del diagnóstico técnico, del sistema de acueducto de la vereda San Francisco del Municipio de San Pedro de los Milagros, la consultoría del proyecto realizó la caracterización de aguas crudas de la quebrada.



Dicho procedimiento se realizó el día 23 de abril de 2014; las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Calidad Ambiental de Acuazul Ltda. (Ver resultados en la Tabla 1).

**Tabla 1.** Resumen de la caracterización de aguas crudas de la quebrada San Francisco

Parámetro	Unidad	Valor máximo admisible (*)	Valor obtenido (agua cruda)
<b>Análisis fisicoquímico</b>			
Amonio	mg/L NH <sub>4</sub>	1.0	< 0,060
Barrio	mg/L Ba	1,0	< 0,900
Cianuro Libre	mg CN <sup>-</sup> /L	0,02	< 0,010
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	250	2,564







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

Parámetro	Unidad	Valor máximo admisible (*)	Valor obtenido (agua cruda)
Cobre	mg Cu/L	1,0	< 0,020
Color aparente	UPC	75	34
Detergentes	mg/L SAAM	0,5	0.318
Cromo Total	mg/L Cr	0,05	< 0,050
Fenoles	mg/L C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,002	< 0,001
Mercurio	mg/L Hg	0,002	< 0,0006
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10	1,469
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	10	< 0,050
Plata	mg Ag/L	0,05	< 0,030
Plomo	mg/L Pb	0,05	< 0,010
pH	UN	6,5 - 9,0	7,18
Selenio	mg Se/L	0,01	< 0,003
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	4400	1,894
Zinc	mg/L Zn	15	< 0,020
<b>Análisis microbiológico</b>			
Coliformes totales	NMP/100mL	20000	770
E. Coli	NMP/100mL	2000	>2420

Fuente: Resultados de los análisis de Laboratorio de Calidad Ambiental de Acuazul.  
(\*): De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007.

Obtenidos los resultados de la caracterización de aguas para consumo del sistema de acueducto de la vereda San Francisco y de acuerdo con el decreto 1594 de 1984 “Usos del agua y residuos líquidos”, los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso humano y doméstico son los que se relacionan en la tabla anterior, donde también se observan los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra de agua cruda de la quebrada. Según los límites de concentración expuestos en la tabla, la gran mayoría de los parámetros cumple con las concentraciones permitidas, lo cual indica que para la potabilización de esta agua se requiere solamente tratamiento convencional. El único parámetro que sobrepasa el límite admisible es el parámetro microbiológico E. Coli, lo que implica que aguas arriba de la fuente pueden existir asentamientos y ganadería,



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

los cuales realizan vertimientos a las fuentes abastecedoras de este sistema. Se aclara que la muestra analizada corresponde a agua cruda, y para su consumo debe ser tratada en la planta de potabilización existente, donde se encuentran las etapas de filtración rápida y desinfección utilizando hipoclorito de calcio.

### 3.3.1.2 Captación

#### Bocatoma

La captación sobre la quebrada San Francisco se realiza mediante una bocatoma de fondo tipo dique, construida en concreto reforzado, su rejilla de sección de 0,25m x 0,43m está ubicada en el centro de la estructura, donde se encuentra un vertedero de captación de  $L = 0,45\text{m}$ ;  $a = 0,45\text{m}$  y  $h = 0,02\text{ m}$ . La rejilla está compuesta por 16 varillas lisas de  $\varnothing 3/8"$ , espaciadas entre sí 1,5 cm (ver Foto 4), adicionalmente se observa que la rejilla no se sujeta a la estructura a través de la bisagra, por lo cual ésta puede removerse fácilmente especialmente en crecidas y permitir el ingreso de elementos grandes a la bocatoma, generando obstrucciones en la misma.



La conexión que conduce el agua cruda desde la bocatoma hacia la caja de derivación, la constituye una tubería de 3,4 m de longitud, en material PVC-P con un diámetro de 3 pulgadas, localizada al lado izquierdo de la estructura.

El dique de la estructura de captación posee un sistema de purga compuesto por una tubería de  $\varnothing 4"$  en PVC, el cual es utilizado para evacuar el agua represada cuando se va a realizar la limpieza del lecho de la fuente.

Esta bocatoma presenta una fuga en la parte inferior de su estructura, afectando la prestación del servicio a la comunidad por pérdidas de caudal, especialmente en temporada de sequía. La estructura ha sido debilitada por las avenidas torrenciales generadas en la temporada invernal, se ha socavado en su base como se observa en la Foto 5, para evitar que la estructura se siga deteriorando, ésta se debe reforzar e impermeabilizar adecuadamente.

Los detalles de la bocatoma se presentan en el Plano SPM\_VSF\_DIG\_AB\_T\_3.dwg.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	





**Foto 3.** Bocatoma San Francisco.



**Foto 4.** Rejilla de captación bocatoma San Francisco.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Foto 5.** Socavación en la base de la bocatoma de la quebrada San Francisco.

### Estructura de regulación



Es una estructura en concreto reforzado que se encuentra al lado izquierdo de la bocatoma (ver

Foto 6), a la cual llega el agua cruda a través de un tubería PVC- P RDE 21 de 3" de diámetro, las dimensiones internas son 2,00 m de largo x 0,80 m de ancho y una profundidad variable de 1,10 m a 1,30 m.

Los excesos de caudal en el tanque, son evacuados a la quebrada San Francisco por medio de un rebose de Ø 4" en tubería PVC-S, ubicado a 78 cm del fondo de la estructura.

La estructura de regulación posee un vertedero de aforo de escotadura triangular de 90 grados y un espesor de 1,00 cm, su sección es de 0,70 m x 0,80 m y el material de fabricación es fibra de vidrio. Este sistema de aforo se coloca sobre una guía en aluminio e=3,20 mm y se ubica a 1,20 m de la tubería de entrada.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

A 30 cm de la tubería de salida se encuentra un desagüe de Ø 4" en PVC-S, el cual es utilizado para vaciar el tanque y eliminar los sedimentos al momento de realizarle mantenimiento y limpieza a la estructura.

Finalmente el agua sale de la estructura y es conducida al desarenador a través de una tubería PVC-P RDE 21 de Ø 3" de 69,0 m de longitud.

Los detalles de la estructura de regulación se presentan en el Plano SPM\_VSF\_DIG\_AB\_T\_3.dwg.





**Foto 6.** Estructura de regulación  
Quebrada San Francisco

### 3.3.1.3 Aducción

En el sistema San Francisco, la aducción de aguas crudas en el tramo bocatoma-estructura de regulación, lo conforma una tubería PVC-P Ø3" con una longitud de 3,4 m y el tramo desde la caja de derivación hasta el desarenador es en tubería PVC- P Ø 3" de 69,0 m. La tubería se encuentra enterrada y no cuenta con válvulas.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

### 3.3.1.4 Desarenador

El desarenador se encuentra a 69 m de la caja de derivación y al lado derecho de la bocatoma, está construido en concreto reforzado y dividido en tres zonas: zona de entrada, zona de sedimentación y zona de salida. El agua llega a la cámara de entrada por una tubería de PVC-P Ø 3", esta zona del tanque no cuenta con una estructura que disipe la energía del agua entrante, ni tampoco que distribuya uniformemente el caudal, lo cual puede generar turbulencia.

Posteriormente el agua pasa a la zona de sedimentación la cual tiene profundidad útil de 1,20 m, largo útil 1,40 m y ancho útil de 0,8 m; en esta parte del desarenador se encuentra el rebose en tubería PVC-P Ø 4" y un sistema de desagüe, que consta de una tubería de fondo de 4" PVC-S y una válvula de purga tipo compuerta de Ø4".

En la parte final de la estructura, el agua sedimentada asciende y pasa a través de 42 orificios de Ø¾" de diámetro, que se encuentran distribuidos en una pantalla deflectora (ver Foto 8).



Finalmente, el agua sedimentada es conducida hacia la planta de potabilización de agua a través de una tubería de 43,0 m de longitud en material PVC-P Ø4", la tubería se encuentra ubicada a pocos centímetros de la pantalla perforada.

En el Plano SPM\_VSF\_DIG\_ABT\_3.dwg se presentan los detalles del desarenador.

### Aforo desarenador quebrada San Francisco

A la entrada del desarenador la consultoría realizó un aforo volumétrico el día 22 de abril de 2014, tomando como volumen de control 10 litros. Se realizaron los cálculos respectivos y se encontró que en el momento del aforo, al sistema de captación San Francisco estaba llegando un caudal de 2,10 L/s, como se observa en la Tabla 2.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

**Tabla 2.** Aforo Sistema San Francisco



CAPTACIÓN QUEBRADA SAN FRANCISCO		
Aforo en la caja de derivación		
Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal L/seg
10	4,9	2,0
10	4,9	2,0
10	4,7	2,1
10	4,9	2,0
10	5,0	2,0
<b>Caudal Promedio</b>		<b>2,1</b>



**Foto 7.** Desarenador del sistema de captación San Francisco.





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Foto 8.** Pantalla deflectora a la salida del desarenador.

#### 3.3.1.5 Conducción San Francisco (Desarenador – Planta)

La conducción del sistema San Francisco desde el desarenador hasta la planta de potabilización, tiene una longitud de 43,0 m en tubería PVC-P Ø 4”.



Antes de llegar a la planta de potabilización se encuentra una válvula de Ø4” con la cual se efectúa el By-Pass del agua captada de la fuente a la red de conducción cuando la PPA existente se encuentra en labores de limpieza y mantenimiento y no puede ser usada.

### 3.3.2 Sistema Montenegro

#### 3.3.2.1 Fuente de abastecimiento

La segunda fuente de abastecimiento del acueducto, se encuentra ubicada en la quebrada Montenegro, conocida ante la Autoridad Ambiental (CORANTIOQUIA) como Rio Negrito. Para requerimientos hídricos de la Junta Administradora Acueducto San Francisco queda pendiente un caudal por otorgar de 0,59 L/s de



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

esta fuente, según resolución NRO 130TH-6582 del 21 de Julio de 2008 de la Dirección Territorial TAHAMÍES (CORANTIOQUIA).

### 3.3.2.2 Captación

#### Bocatoma



La captación sobre la quebrada Montenegro también se realiza mediante una bocatoma de fondo tipo dique en concreto reforzado, su rejilla de sección de 0,25m x 0,43m está ubicada en el centro de la estructura, donde se encuentra un vertedero de captación de  $L = 0,45$  m;  $a = 0,40$  m y  $h = 0,04$  m. La rejilla está compuesta por 20 varillas de  $\varnothing 3/8"$ , espaciadas entre sí 1,0 cm y sobre estas se ubica una malla con finos orificios que evita el ingreso de sedimentos dentro de la bocatoma (ver Foto 9). Se observa que la rejilla no se sujeta a la estructura a través de la bisagra, por lo cual ésta puede removerse fácilmente especialmente en crecidas y permitir el ingreso de elementos grandes a la bocatoma, generando obstrucciones en la misma.

La tubería que conduce el agua cruda desde la rejilla hacia la caja de derivación es de  $\varnothing 3"$  y en material PVC-P y se localiza al lado derecho de la estructura.

La estructura de captación también posee un sistema de purga del dique el cual consiste en una tubería de  $\varnothing 4"$  en PVC, éste es utilizado para evacuar el agua represada cuando se va a realizar la limpieza del lecho de la fuente, como se observa en la Foto 10.

Los detalles de la bocatoma se pueden observar en el Plano SPM\_VSF\_DIG\_ABT\_3.dwg.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Foto 9.** Rejilla de captación bocatoma Montenegro





**Foto 10.** Limpieza del dique quebrada Montenegro.

En la bocatoma se evidencian fugas, lo cual significa pérdidas del caudal captado para el abastecimiento de la vereda. También se puede observar que la bocatoma capta todo el caudal de la quebrada y no deja el caudal ecológico exigido por la autoridad ambiental.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Foto 11.** Bocatoma quebrada Montenegro

### Estructura de regulación

Es una estructura en concreto reforzado que se encuentra al lado derecho de la bocatoma, a la cual llega el agua cruda a través de un tubería PVC- P RDE 21 de 3" de diámetro, las dimensiones internas son 2,00 m de largo x 0,80 m de ancho y una profundidad variable de 1,10 m a 1,30 m. (Ver detalles en el Plano SPM\_VSF\_DIG\_AB\_T\_3.dwg).



Los excesos de caudal en el tanque son evacuados a la quebrada Montenegro por medio de un rebose de Ø 4" en tubería PVC-S ubicado a 78 cm del fondo y a 55 cm del muro de entrada.

La caja de regulación posee un vertedero de aforo de escotadura triangular de 90° y un espesor de 1,00 cm, su sección es de 0,70 m x 0,80 m y el material de fabricación es fibra de vidrio. Este sistema de aforo se coloca sobre una guía en aluminio e=3,20 mm y se ubica a 1,20 m de la tubería de entrada.

A 30 cm de la tubería de salida se encuentra un desagüe de Ø 4" en PVC-S, el cual es utilizado para vaciar el tanque o eliminar los sedimentos al momento de realizarle mantenimiento y limpieza a la estructura.

Finalmente el agua sale de la estructura y es conducida al desarenador a través de una tubería PVC-P RDE 21 de Ø3".



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Foto 12.** Estructura de regulación quebrada Montenegro.



### Aforo estructura de regulación quebrada Montenegro

A la entrada de la caja de derivación, la consultoría realizó un aforo volumétrico el día 22 de abril de 2.014, tomando como volumen de control 10 litros. Se realizaron los cálculos respectivos y se encontró que en el momento del aforo al sistema de captación San Francisco, estaba llegando un caudal de 3.8 L/s como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Aforo sistema Montenegro

CAPTACIÓN QUEBRADA MONTENEGRO		
Aforo en la caja de derivación		
Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal L/seg
10	2,8	3,6
10	2,6	3,8
10	2,6	3,8
10	2,5	4,0
10	2,7	3,7
<b>Caudal Promedio</b>		<b>3,8</b>



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

### 3.3.2.3 Aducción

En el sistema Montenegro, la aducción de aguas crudas en el tramo bocatoma-estructura de regulación, lo conforma una tubería PVC-P Ø3" con una longitud de alrededor de 8,0 m y el tramo desde la caja de derivación hasta el desarenador es en tubería PVC- P Ø 3" de 1,5 m aproximadamente. La tubería está enterrada y en él último tramo mencionado se cuenta con una válvula de paso de diámetro Ø 3".

### 3.3.2.4 Desarenador



El desarenador del sistema de captación de la quebrada Montenegro (ver Foto 13) se encuentra construido en concreto reforzado y está dividido en tres zonas, zona de entrada (ver Foto 14), zona de sedimentación (ver Foto 15) y zona de salida. El agua llega a la cámara de entrada por una tubería de aducción de PVC-P Ø3", en esta zona se encuentra una pantalla disipadora de energía de sección 0,60 m x 0,80 m con 15 perforaciones de Ø ¾" en niple de PVC-P, esto con el fin de aquietar el flujo de agua y distribuir el caudal. En la segunda etapa, zona de sedimentación, la estructura tiene una profundidad útil de 1,50 m, un largo útil 0,9 m y un ancho útil de 0,8 m, allí se encuentra ubicado un rebose en tubería PVC-P Ø 4" y un sistema de desagüe, que consiste en una tubería de fondo de Ø 4" PVC-S y una válvula de purga tipo compuerta de Ø 4".

En la parte final de la estructura se tiene otra pantalla deflectora con igual número de orificios y sección que la pantalla de la zona de entrada, por donde el agua sedimentada asciende.

La tubería de salida que conduce el agua sedimentada hacia la planta de potabilización de agua (PPA), se encuentra ubicada a 13 cm de la superficie de la pantalla deflectora, dicha tubería es de material PVC-P Ø4".

El desarenador y la caja de derivación del sistema de captación Montenegro, están semienterrados. La tubería que los comunica es de PVC-P Ø 3" RDE 21. Los detalles del desarenador se presentan en el Plano SPM\_VSF\_DIG\_AB\_T\_3.dwg.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	





**Foto 13.** Desarenador Sistema Montenegro



**Foto 14.** Zona de entrada desarenador quebrada Montenegro





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Foto 15.** Desagüe en la zona de sedimentación



### Aforo desarenador quebrada Montenegro

A la entrada del desarenador la consultoría realizó un aforo volumétrico el día 22 de abril de 2.014, tomando como volumen de control 10 litros. Se realizaron los cálculos respectivos y se encontró que en el momento del aforo, al sistema de captación Montenegro estaba llegando un caudal de 3.6 L/s como se observa en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Aforo sistema Montenegro

CAPTACIÓN QUEBRADA MONTENEGRO		
Aforo en el desarenador		
Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal L/seg
10	3,0	3,3
10	2,8	3,6
10	2,7	3,7



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

CAPTACIÓN QUEBRADA MONTENEGRO		
Aforo en el desarenador		
Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal L/seg
10	2,6	3,8
10	2,8	3,6
Caudal Promedio		3,6

Finalmente al promediar el caudal hallado en los dos aforos, se tiene que la bocatoma está captando 3,7 L/s de agua cruda de la quebrada Montenegro.

### 3.3.2.5 Conducción sistema Montenegro (Desarenador – Planta)

La conducción del sistema Montenegro desde el desarenador hasta la planta de potabilización, tiene una longitud aproximada de 80,0 m en tubería PVC-P Ø 4”.

Antes de llegar a la planta de potabilización de agua (PPA) se encuentra una válvula de Ø 4” con la cual se efectúa el By-Pass del agua captada de la fuente a la red de conducción, cuando la PPA existente se encuentra en labores de limpieza y mantenimiento y no puede ser usada.



### 3.3.3 Conducción (Planta – Red de distribución)

La conducción del agua tratada desde la planta de potabilización hasta la red de distribución es en tubería PVC-P de Ø4”, con una longitud de 1.030 m aproximadamente.

El alcance de la consultoría tiene como objeto la línea de conducción desde la planta de tratamiento de agua hasta la vía de la vereda San Francisco, esta tubería es de 502 metros aproximadamente.

En temporadas invernales fuertes, la zona donde se encuentra el sistema de acueducto se ha visto afectada por deslizamientos e inundaciones que han destruido algunos tramos de la línea de conducción, por lo tanto una parte de ésta línea, tuvo que trasladarse a la otra orilla de la quebrada, para lo cual se instaló un tramo elevado de tubería de 10.84 m cruzando la quebrada, dicho tramo se encuentra apoyado en soportes de concreto de sección 0,30m x 0,36m y altura



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

promedio de 2,90 m. Se observa que el tramo de conducción anteriormente mencionado está un poco deflectado, por lo tanto se requiere de otro tipo de soporte que evite posteriores fisuras y daños en la tubería. (Ver Foto 16 ).



**Foto 16.** Tramo de conducción elevado.



### 3.3.4 Planta de potabilización de Agua (PPA)

En la planta de potabilización del acueducto de la vereda San Francisco, se realizan los procesos de filtración directa y desinfección, a continuación se describen las estructuras que la componen.

Dos sistemas de filtración convencional con lecho filtrante de grava, arena y antracita, la capa de grava es utilizada como material de soporte para las demás capas, su espesor es de 0,40 m, seguido por arena con 0,40 m de espesor y finalmente una capa de 0,20 m de antracita. La altura del material filtrante incluidos los soportes y la canaleta de recolección es de 1,30 m.





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

A cada filtro llega el agua sedimentada de las dos quebradas a través de dos tuberías independientes (ver Foto 17), en material PVC-P de Ø 4". Cada filtro tiene un ancho de 1,40 m, una longitud de 2,30 m y una profundidad de 3,48 m. La tubería de rebose de los filtros es en material PVC Ø 4".





**Foto 17.** Entrada a los filtros del agua captada por las dos bocatomas.



**Foto 18.** Filtros PTAP vereda San Francisco.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

Después de los dos filtros se encuentra un tanque de retrolavado con capacidad de 20 m<sup>3</sup>, en éste tanque se cuenta con dos compuertas a nivel tipo guillotina que dejan pasar el agua hacia los filtros a través de tubería PVC-P de Ø 6”.

La caseta de operaciones de la PPA existente, cuenta con un sistema de dosificación de hipoclorito de calcio y el almacenamiento de los registros de desinfección realizados en el proceso. La caseta de operaciones tiene fluido eléctrico y sus dimensiones son de 2.50 m x 2.50 m, esta se encuentra fabricada en ladrillo ranurado, sin revoque, con losa de techo y losa de piso.

### 3.3.5 Almacenamiento



Una vez filtrada el agua captada de las dos fuentes, pasa al tanque de almacenamiento de 75 m<sup>3</sup> de capacidad, donde el agua es desinfectada con hipoclorito de calcio. El tanque se encuentra localizado en la parte inferior de la caseta de operaciones, está construido en concreto reforzado y posee dos respiraderos en tubería PVC Ø 4”, su estado actual es adecuado. La tubería que sale del tanque hacia la red de distribución es de PVC-P de Ø4”.



**Foto 19.** Tanque de almacenamiento y caseta de operaciones.





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

### 3.3.6 Redes de distribución



La red de distribución inicia en el tanque de agua tratada y termina en la vivienda del usuario del sistema. Consta de: Tuberías principales, secundarias y terciarias. Su longitud desde la planta de potabilización hasta los diferentes sectores de abastecimiento es de 12,8 km aproximadamente y la longitud de toda la red de distribución es de 18 kilómetros en tubería de PVC-P, con diámetros variables de 4" a 1/2". El porcentaje de pérdidas que se presentan en la red es alrededor del 20% del caudal tratado en la planta de potabilización.

El sistema cuenta con macromedición, que cumple la función de contabilizar la cantidad total de agua que ha sido tratada en la planta de potabilización y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores. También se utiliza la micromedición para conocer la cantidad de agua consumida por el suscriptor del sistema de acueducto en un determinado periodo de tiempo.

La red de distribución abastece la vereda San Francisco en los sectores La Matica, San Luis, La María y El Herrero; además de dos veredas cercanas, la vereda San Juan en el sector Currucutú y La María, y la vereda La Pulgarina en el sector del Herrero. Actualmente la red está cristalizada y es poco resistente; dicha red no resiste una presión superior a 80 psi.







	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

En cuanto a la macromedición en el periodo de Enero de 2013 a Febrero de 2014, los datos fueron suministrados por la Junta Administradora del Acueducto San Francisco (ACUASFRAN), los cuales fueron tabulados y procesados por la consultoría, se elaboraron los cálculos correspondientes para hallar el promedio del consumo mensual durante este periodo de tiempo, arrojando un valor de **2,06 L/s** de agua tratada y lista para distribuir. (Ver Anexo 8.3).

En el capítulo 4 con los datos de macro y micromedición se realizarán los cálculos para las dotaciones y pérdidas actuales del sistema.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## 4. PLANTEAMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA EXISTENTE Y A HORIZONTE DE DISEÑO

### 4.1 DATOS DE POBLACIÓN ACTUAL

La estimación de la población, es un elemento fundamental para evaluar la capacidad actual y futura de los sistemas de acueducto y alcantarillado, ya que a partir de la misma, se establecen y evalúan las demandas de los sistemas en relación a su dotación.

Se estableció que la población base que se abastece del acueducto veredal San Francisco, corresponde al dato suministrado por la Junta Administradora del Acueducto San Francisco (ACUASFRAN). La población consolidada a Marzo de 2014, es de **800 habitantes**.<sup>4</sup>



### 4.2 POBLACIÓN FLOTANTE PARA EL AÑO BASE

Adicional a lo antes citado, se tiene que otra población significativa a tener en cuenta para los estimativos del proyecto lo constituye la población flotante que llega a la localidad, la cual corresponde a personas originarias del municipio que actualmente viven en otras localidades o visitantes ocasionales, que para eventos o fechas importantes del municipio se desplazan hasta éste. Tales fechas corresponden básicamente a semana santa, fiestas patronales, temporada de vacaciones y festividades navideñas a final de cada año, las cuales si se suman en conjunto representan cerca de dos (2) meses de los doce del año, lo que equivale a decir que dicha población flotante no permanece durante todo el tiempo en la localidad.

El hecho de contar con población flotante en la localidad, requiere que los sistemas de acueducto y alcantarillado tengan capacidad suficiente para cubrir las demandas tanto de la población fija, como de la población flotante (visitantes, vacacionistas); por tal motivo, la consultoría considera necesario incluir en los

<sup>4</sup> Datos suministrados Junta Administradora del Acueducto San Francisco (ACUASFRAN).



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

cálculos de proyecciones de población y estimación de demandas de agua, ambas poblaciones, para lo cual se estima que para establecer el crecimiento de la población a lo largo del período de diseño, es conveniente dicha población.

Teniendo en cuenta que esta población corresponde solo a temporadas de vacaciones o visitantes, la consultoría escoge un 3% de la población total. De acuerdo con lo anterior, se tiene que la población flotante para el año base o año cero del proyecto (año 2.014) equivale a **24 habitantes**.

Se tiene entonces que la población base para el año cero del proyecto (año 2.014), asentada en la Vereda San Francisco Municipio de San Pedro de los Milagros - Antioquia, corresponde a **824 habitantes**.

#### 4.3 NIVEL DE COMPLEJIDAD ACTUAL

De acuerdo con lo establecido en el literal A.3.1 del Título A del RAS/2000, y considerando que la población obtenida para el año base (800 habitantes) es menor a 2.500 habitantes, se concluye que el nivel de complejidad actual del sistema corresponde a **NIVEL DE COMPLEJIDAD BAJO**.

#### 4.4 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN



A partir del nivel de complejidad actual se seleccionó el período de diseño, e igualmente, se seleccionaron los métodos de proyección correspondientes para realizar las proyecciones hasta el horizonte del proyecto. En resumen, las proyecciones se realizaron bajo las siguientes consideraciones:

El período de diseño para el cual se realizaron las proyecciones de población se determinó de acuerdo al nivel de complejidad actual, se seleccionaron de la Tabla B.2.1, del Título B del RAS/2000, lo cual indica que deben usarse los métodos aritmético, geométrico y exponencial (acorde al nivel de complejidad actual).

En la Tabla 5 se resumen las consideraciones para la proyección de la población.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

**Tabla 5.** Consideraciones para proyectar la población

Aspectos	Consideraciones
Población actual	824 habitantes
Nivel de complejidad actual	Bajo
Métodos de proyección	Aritmético, geométrico y exponencial

#### 4.4.1 Métodos de cálculo

**Método Aritmético:** Éste método supone que la población aumenta linealmente con una tasa constante de crecimiento o decrecimiento uniforme, a la misma velocidad y con incrementos anuales constantes. Asume que la población tiene un crecimiento balanceado por la emigración y la mortalidad. Es aplicable sólo a pequeñas comunidades, en especial rurales y a ciudades grandes con crecimiento muy estabilizado con dificultad de expansión y escaso desarrollo económico. El método utiliza la ecuación 1:

$$P_2 = P_1 + \frac{n}{m} * (P_1 - P_0) \quad (1)$$

Dónde:

$P_2$  = Población en el último año del período de diseño

$P_1$  = Población del último censo

$P_0$  = Población del penúltimo censo

$n$  = Período intercensal entre  $P_2$  y  $P_1$ ,  $n = t_2 - t_1$



$m$  = Período intercensal entre  $P_1$  y  $P_0$ ,  $m = t_1 - t_0$

$t_2$  = Último año del período de diseño

$t_1$  = Año del censo  $P_1$

$t_0$  = Año del censo  $P_0$



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

**Método Geométrico:** Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que generan un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión, las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación planteada para el método es la ecuación 2:

$$P_2 = P_1 * (1 + r)^n \quad (2)$$

Dónde:

$P_2$  = Población en el último año del período de diseño

$P_1$  = Población del último censo

$P_0$  = Población del penúltimo censo

$r$  = Tasa de crecimiento geométrico

$n$  = Período intercensal entre  $P_2$  y  $P_1$ ,  $n = t_2 - t_1$

$m$  = Período intercensal entre  $P_1$  y  $P_0$ ,  $m = t_1 - t_0$

$t_2$  = Último año del periodo de diseño

$t_1$  = Año del censo  $P_1$

$t_0$  = Año del censo  $P_0$

**Método Exponencial:** la utilización de éste método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y que posean abundantes áreas de expansión. La ecuación 3 es la empleada por éste método:

$$P_3 = P_2 * e^{n(2K_2 - K_1)} \quad (3)$$

$$K_2 = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad K_1 = \frac{\ln P_1 - \ln P_0}{t_1 - t_0} \quad n = t_2 - t_1$$



Dónde:

$P_3$  = Población en el último año del período de diseño.

$P_2$ ,  $P_1$  y  $P_0$  = Poblaciones respectivas del último, penúltimo y antepenúltimo censo.

$t_2$ ,  $t_1$  y  $t_0$  = Años respectivos del último, penúltimo y antepenúltimo censo.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

Una vez descritos los métodos de proyección, estos se aplicaron a la población de referencia para la localidad, con la finalidad de establecer la población al final del horizonte de diseño del proyecto, y de esta manera determinar el nivel de complejidad del sistema; así como el dimensionamiento de las nuevas unidades a proyectar.

#### 4.4.2 Determinación de la tasa de crecimiento



Debido que el área de estudio no cuenta con datos consolidados de la población, la consultoría considera la ampliación del análisis de la obtención de la tasa de crecimiento para el presente proyecto, considerando el comportamiento de la población a nivel regional y departamental, con el fin de determinar una tasa de crecimiento anual acorde con las condiciones demográficas y socioeconómicas de la vereda, así como de las localidades vecinas; incluida el área urbana y rural del municipio de San Pedro de los Milagros.

A continuación, se presentan las tasas anuales obtenidas para el Municipio San Pedro de los Milagros, con base en las proyecciones realizadas por el DANE. La información se indica discriminada para la zona urbana, zona rural y total del municipio, para el período 2005-2020.

**Tabla 6.** Tasas anuales de crecimiento para el Municipio de San Pedro de los Milagros

POBLACIÓN ÁREA URBANA (MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.005	10.765	3,38	0,0333
2.006	11.129	3,23	0,0318
2.007	11.489	2,99	0,0295
2.008	11.833	2,92	0,0287
2.009	12.178	2,74	0,0271
2.010	12.512	2,64	0,0260
2.011	12.842	2,48	0,0245
2.012	13.160	2,39	0,0236





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

POBLACIÓN ÁREA URBANA (MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.013	13.474	2,21	0,0219
2.014	13.772	2,11	0,0209
2.015	14.063	2,01	0,0199
2.016	14.346	1,85	0,0183
2.017	14.611	1,75	0,0174
2.018	14.867	1,63	0,0161
2.019	15.109	1,50	0,0149
2.020	15.336		
<b>PROMEDIO TASAS</b>		<b>2,39</b>	<b>0, 00236</b>

POBLACIÓN ÁREA RURAL (MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.005	11.566	0,74	0,0074
2.006	11.585	0,83	0,0082
2.007	11.604	0,79	0,0079
2.008	11.622	0,92	0,0092
2.009	11.639	0,96	0,0095
2.010	11.655	1,06	0,0105
2.011	11.671	1,15	0,0114
2.012	11.686	1,25	0,0125
2.013	11.700	1,28	0,0127
2.014	11.713	1,38	0,0137
2.015	11.725	1,47	0,0146
2.016	11.737	1,49	0,0148
2.017	11.748	1,62	0,0161
2.018	11.758	1,66	0,0165
2.019	11.767	1,77	0,0176



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

POBLACIÓN ÁREA RURAL (MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.020	11.776		
<b>PROMEDIO TASAS</b>		<b>1.23</b>	<b>0, 0012</b>



POBLACIÓN TOTAL (MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.005	22.066	2,03	0,0201
2.006	22.514	2,02	0,0200
2.007	22.968	1,89	0,0188
2.008	23.403	1,93	0,0191
2.009	23.855	1,87	0,0185
2.010	24.301	1,87	0,0186
2.011	24.756	1,84	0,0182
2.012	25.211	1,84	0,0183
2.013	25.676	1,77	0,0175
2.014	26.130	1,77	0,0175
2.015	26.592	1,76	0,0174
2.016	27.059	1,68	0,0166
2.017	27.513	1,69	0,0168
2.018	27.978	1,64	0,0163
2.019	28.438	1,63	0,0161
2.020	28.901		
<b>PROMEDIO TASAS</b>		<b>1,82</b>	<b>0, 0180</b>

Fuente: (1): Proyecciones de población realizadas por el DANE, tomado de la página [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)

(2): Tasa de crecimiento anual calculadas por la consultoría del proyecto Conhydra S.A E.S.P







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

De manera similar, se presentan las tasas anuales obtenidas para el Departamento de Antioquia (base en las proyecciones del DANE). La información se indica discriminada para la zona urbana, zona rural y total del municipio, para el período 2005-2020.

**Tabla 7.** Tasas anuales de crecimiento para el Departamento de Antioquia

ÁREA URBANA (DEPTO. DE ANTIOQUIA)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.005	4.324.035	1, 69	0, 0167
2.006	4.396.939	1, 66	0, 0164
2.007	4.469.850	1, 63	0, 0162
2.008	4.542.821	1, 60	0, 0159
2.009	4.615.675	1, 58	0, 0157
2.010	4.688.529	1, 55	0, 0154
2.011	4.761.383	1, 53	0, 0151
2.012	4.833.995	1, 50	0, 0149
2.013	4.906.327	1, 47	0, 0146
2.014	4.978.361	1, 44	0, 0143
2.015	5.049.966	1, 41	0, 0140
2.016	5.121.277	1, 38	0, 0137
2.017	5.192.059	1, 35	0, 0134
2.018	5.262.135	1, 32	0, 0131
2.019	5.331.426	1, 28	0, 0128
2.020	5.399.916		
<b>PROMEDIO</b>		<b>1, 49</b>	<b>0, 0148</b>





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

ÁREA RURAL (DEPTO. DE ANTIOQUIA)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.005	1.358.241	0, 24	0, 0024
2.006	1.361.539	0, 27	0, 0027
2.007	1.365.158	0, 25	0, 0025
2.008	1.368.509	0, 31	0, 0031
2.009	1.372.783	0, 33	0, 0033
2.010	1.377.317	0, 36	0, 0036
2.011	1.382.326	0, 39	0, 0039
2.012	1.387.747	0, 42	0, 0042
2.013	1.393.559	0, 44	0, 0044
2.014	1.399.708	0, 47	0, 0047
2.015	1.406.241	0, 52	0, 0051
2.016	1.413.487	0, 53	0, 0053
2.017	1.421.004	0, 55	0, 0055
2.018	1.428.842	0, 57	0, 0056
2.019	1.436.936	0, 57	0, 0057
2.020	1.445.141		
<b>PROMEDIO</b>		<b>0, 41</b>	<b>0, 0041</b>

TOTAL (DEPTO. DE ANTIOQUIA)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.005	5.682.276	1, 34	0, 0133
2.006	5.758.478	1, 33	0, 0132
2.007	5.835.008	1, 31	0, 0130
2.008	5.911.330	1, 30	0, 0130
2.009	5.988.458	1, 29	0, 0128
2.010	6.065.846	1, 28	0, 0128
2.011	6.143.709	1, 27	0, 0126
2.012	6.221.742	1, 26	0, 0125



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

TOTAL (DEPTO. DE ANTIOQUIA)			
PROYECCIONES DANE <sup>(1)</sup>		TASAS DE CRECIMIENTO <sup>(2)</sup>	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
2.013	6.299.886	1, 24	0, 0123
2.014	6.378.069	1, 23	0, 0122
2.015	6.456.207	1, 22	0, 0121
2.016	6.534.764	1, 20	0, 0119
2.017	6.613.063	1, 18	0, 0117
2.018	6.690.977	1, 16	0, 0115
2.019	6.768.362	1, 13	0, 0113
2.020	6.845.057		
<b>PROMEDIO</b>		<b>1, 25</b>	<b>0, 0124</b>

Fuente: (1): Proyecciones de población realizadas por el DANE, tomado de la página [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)



(2): Tasa de crecimiento anual calculadas por la consultoría del proyecto Conhydra S.A E.S.P

De la Tabla 6 y Tabla 7 del presente documento, se presenta a continuación el resumen de las tasas de crecimiento anual obtenidas para el Municipio de San Pedro de los Milagros y el Departamento de Antioquia, con base en las proyecciones del DANE (años 2005 a 2020).

**Tabla 8.** Promedio de tasas de crecimiento anual para el Municipio de San Pedro de los Milagros y el Departamento de Antioquia (proyecciones DANE)

PROMEDIO DE LAS TASAS ANUALES CON BASE EN PROYECCIONES DANE		
MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS		
Zona de análisis	Geométrico (r)	Exponencial (k)
Área urbana	2,39	0,0236
Área rural	1,23	0,0122
Total	1,82	0,0180



 <b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

### PROMEDIO DE LAS TASAS ANUALES CON BASE EN PROYECCIONES DANE



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA		
Zona de análisis	Geométrico (r)	Exponencial (k)
Área urbana	1,49	0,0148
Área rural	0,41	0,0041
Total	1,25	0,0124

Otro ejercicio realizado por la consultoría del proyecto, lo constituye la obtención de las tasas de crecimiento intercensal para el Municipio de San Pedro de los Milagros y el Departamento de Antioquia. Los resultados se presentan a continuación.

**Tabla 9.** Cálculo de las tasas de crecimiento intercensal para el Municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia

ÁREA URBANA (MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS)			
CENSOS DANE		TASAS DE CRECIMIENTO	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
1.964	3.214	3,23	0,0318
1.973	4.279	1,89	0,0187
1.985	5.354	1,64	0,0162
1.993	6.096	4,85	0,0474
2.005	10.765		
<b>PROMEDIO</b>		<b>2,90</b>	<b>0, 0285</b>



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

ÁREA RURAL (MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS)			
CENSOS DANE		TASAS DE CRECIMIENTO	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
1.964	6.782	1,23	0,0122
1.973	7.572	1,56	0,0154
1.985	9.114	3,70	0,0363
1.993	12.188	-0,63	-0,0063
2.005	11.301		
PROMEDIO		2,16	-0, 0016



TOTAL (MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS)			
CENSOS DANE		TASAS DE CRECIMIENTO	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
1.964	9.996	1,91	0,0189
1.973	11.851	1,68	0,0166
1.985	14.468	2,97	0,0293
1.993	18.284	1,58	0,0157
2.005	22.066		
PROMEDIO		0, 31	0, 0031

**Tabla 10.** Cálculo de las tasas de crecimiento intercensal para el Departamento de Antioquia

ÁREA URBANA (DEPTO. DE ANTIOQUIA)			
CENSOS DANE		TASAS DE CRECIMIENTO	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
1.964	58.209	1,15	0,0114
1.973	64.517	0,61	0,0061
1.985	69.418	2,22	0,0220







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

ÁREA URBANA (DEPTO. DE ANTIOQUIA)			
CENSOS DANE		TASAS DE CRECIMIENTO	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
1.993	82.755	1,80	0,0179
2.005	102.562		
<b>PROMEDIO</b>		<b>1,45</b>	<b>0, 0143</b>

ÁREA RURAL (DEPTO. DE ANTIOQUIA)			
CENSOS DANE		TASAS DE CRECIMIENTO	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
1.964	132.430	0,30	0,0029
1.973	135.989	0,36	0,0036
1.985	142.040	0,86	0,0086
1.993	152.123	-0,98	-0,0099
2.005	135.094		
<b>PROMEDIO</b>		<b>0, 13</b>	<b>0, 0013</b>

TOTAL (DEPTO. DE ANTIOQUIA)			
CENSOS DANE		TASAS DE CRECIMIENTO	
Año	Población (hab)	Geométrico (r)	Exponencial (k)
1.964	190.639	0,56	0,0056
1.973	200.506	0,44	0,0044
1.985	211.458	1,32	0,0131
1.993	234.878	0,10	0,0010
2.005	237.656		
<b>PROMEDIO</b>		<b>0,61</b>	<b>0, 0060</b>



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

**Tabla 11.** Resumen de tasas de crecimiento intercensal para Municipio de San Pedro y Departamento de Antioquia



PROMEDIO DE LAS TASAS INTERCENSALES CON BASE EN CONSOLIDADOS CENSOS DANE		
MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS		
Zona de análisis	Geométrico (r)	Exponencial (k)
Área urbana	1,45	0,61
Área rural	0,13	
Total	0,61	0,0031
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA		
Zona de análisis	Geométrico (r)	Exponencial (k)
Área urbana	2,90	0,0286
Área rural	0,47	0,0047
Total	2,06	0,0203

Una vez realizado el análisis de los diferentes ejercicios para definir la adopción de la tasa de crecimiento anual, con lo que posteriormente se procedería a calcular las proyecciones de población de la Vereda San Francisco, se tiene que:

De las anteriores tablas, se identifica que para la zona urbana y total, tanto a nivel municipal, como departamental, las tasas de crecimiento anual (con base en proyecciones del DANE), como las tasas de crecimiento intercensal (con base en los consolidados de los censos DANE), presentan valores positivos; es decir, la población esperada en un ejercicio de proyección será creciente en el tiempo.

De otro lado, se tiene que para el caso de la zona rural, la tasa de crecimiento anual con base en las proyecciones del DANE arrojan un valor de 1,23% para el Municipio de San Pedro de los Milagros, y del 0,42% para el Departamento de Antioquia. A su vez, para el caso de las tasas intercensales calculadas con base en los censos DANE, se obtuvo, para el Municipio de San Pedro de (2,90%), mientras que para el Departamento de Antioquia se obtuvo una tasa positiva baja (1,16%). Se concluye que dichas tasas presentan un comportamiento similar, a excepción de la tasa de 0.42% calculada para el área rural del departamento.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

Es decir, los datos de población de cada censo indica los habitantes efectivamente asentados en las localidades encuestadas, la consultoría encargada del proyecto considera que la tasa de crecimiento para los fines prácticos del proyecto debe adoptarse de acuerdo con cálculos realizados para el área rural del municipio de San Pedro de los Milagros calculada con base en los censos DANE.

❖ **Tasa de crecimiento anual para el método geométrico,  $r = 1,23\%$ .**



❖ **Tasa de crecimiento anual para el método exponencial,  $k = 0.0122\%$ .**

Una vez definida la tasa de crecimiento para el estudio, se presentan los resultados de las proyecciones de población obtenidas por los diferentes métodos. Ver resultados en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Proyecciones de población para la zona urbana del Municipio de San Pedro de los Milagros.

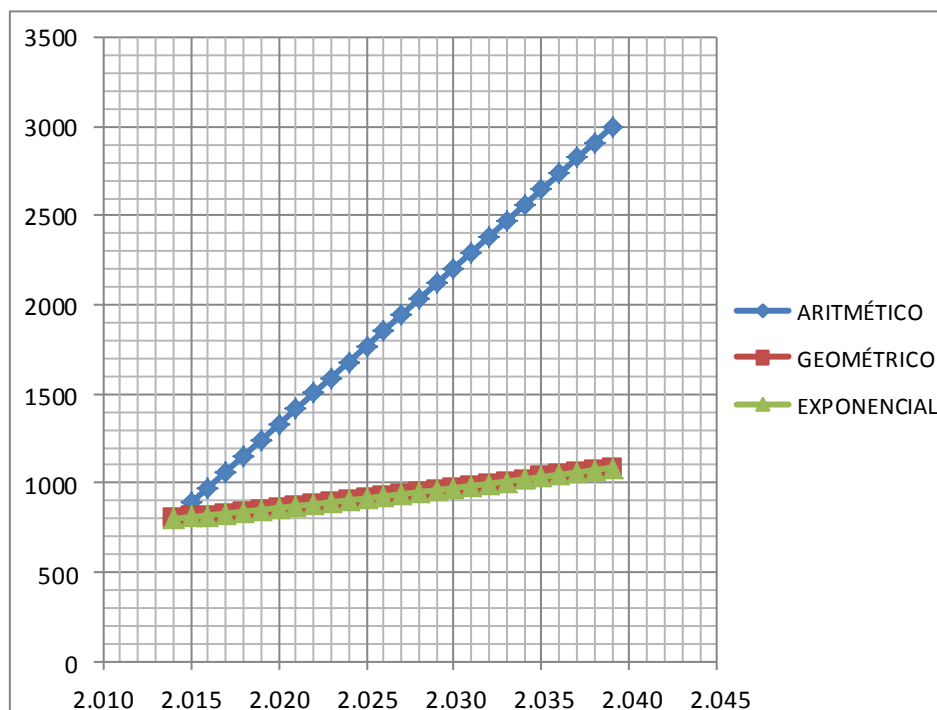
AÑO	PROYECCIÓN ARITMÉTICA	PROYECCIÓN GEOMÉTRICA	PROYECCIÓN EXPONENCIAL	PROYECCIÓN POR WAPPAUS	POBLACIÓN FLOTANTE	POBLACION TOTAL
	(hab.)	(hab.)	(hab.)	(hab.)	(hab.)	(hab.)
		1,23	0,0123			
<b>2.014</b>	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>24</b>	<b>824</b>
2.015	888	810	810	807	89	899
2.016	976	820	820	814	98	917
2.017	1.064	830	830	821	106	936
2.018	1.152	840	840	828	115	955
2.019	1.240	850	851	835	124	974
2.020	1.328	861	861	842	133	993
2.021	1.416	871	872	849	142	1.013
2.022	1.504	882	882	856	150	1.032
2.023	1.592	893	893	863	159	1.052
2.024	1.680	904	904	871	168	1.072
2.025	1.768	915	915	878	177	1.091
2.026	1.856	926	927	885	186	1.111
2.027	1.944	937	938	893	194	1.132
2.028	2.032	949	950	901	203	1.152
<b>2.029</b>	<b>2.120</b>	<b>960</b>	<b>961</b>	<b>908</b>	<b>212</b>	<b>1.172</b>
2.030	2.208	972	973	916	221	1.193



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



AÑO	PROYECCIÓN ARITMÉTICA (hab.)	PROYECCIÓN GEOMÉTRICA (hab.)	PROYECCIÓN EXPONENCIAL (hab.)	PROYECCIÓN POR WAPPAUS (hab.)	POBLACIÓN FLOTANTE (hab.)	POBLACION TOTAL (hab.)
2.031	2.296	984	985	924	230	1.214
2.032	2.384	996	997	932	238	1.234
2.033	2.472	1.008	1.010	940	247	1.255
<b>2.034</b>	<b>2.560</b>	<b>1.021</b>	<b>1.022</b>	<b>948</b>	<b>256</b>	<b>1.277</b>
2.035	2.648	1.033	1.035	956	265	1.298
2.036	2.736	1.046	1.048	964	274	1.319
2.037	2.824	1.059	1.060	972	282	1.341
2.038	2.912	1.072	1.074	981	291	1.363
<b>2.039</b>	<b>3.000</b>	<b>1.085</b>	<b>1.087</b>	<b>989</b>	<b>300</b>	<b>1.385</b>

Fuente: Información procesada por la consultoría del proyecto (Conhydra).



**Figura 5.** Proyecciones de población para la zona urbana del Municipio de San Pedro de los Milagros



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

A manera de aclaración, se tiene que los datos presentados para las proyecciones de población por los métodos geométrico y exponencial son similares debido a que la tasa de crecimiento anual adoptó el mismo valor (1,23%), lo que da como resultado que la población año por año difiera en pocos habitantes.

#### ▪ **Determinación de la población proyectada**

De acuerdo con la Figura 5, el método geométrico presenta una tendencia totalmente igual a la del método exponencial ya que ambos métodos manejan la misma tasa de crecimiento, por el contrario, el método de proyección aritmético estima poblaciones por encima de las obtenidas con los otros métodos, ya que el mismo, está adaptado para proyectar un crecimiento lineal con incrementos constantes.



Teniendo en cuenta que el método de proyección aritmético es aplicable a pequeñas comunidades, en especial rurales y a ciudades grandes con crecimiento muy estabilizado (caso contrario para la vereda San Francisco), se descartaron los resultados de éste método. Por otro lado, los métodos geométrico y exponencial se consideran válidos para éste tipo de poblaciones, y que adicionalmente la tasa de crecimiento anual es similar para ambos métodos, se tiene que para los fines prácticos del estudio, se adoptan los resultados del método geométrico; por lo tanto, la población proyectada para el final del período de diseño (25 años) es de **1.385 habitantes**.

#### **4.5 NIVEL DE COMPLEJIDAD DE ACUERDO A LA POBLACIÓN PROYECTADA**

Teniendo en cuenta las proyecciones de población presentadas en la Tabla 12, se observa que al año 2039 la población proyectada es de 1.385 habitantes, de acuerdo con lo expuesto en el literal A.3.1. del RAS/2000, para éste número de habitantes el nivel de complejidad corresponde a un **NIVEL DE COMPLEJIDAD BAJO**.





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## 4.6 DOTACIÓN

### ▪ Dotación neta actual del sistema

Teniendo en cuenta que el sistema cuenta con micromedición, y que el operador del sistema de acueducto (ACUASFRAN), proporcione datos de lectura, como se mencionó en el numeral 3.3.7, es posible determinar la dotación neta actual de la localidad. Se aclara que los datos de micromedición permiten calcular la dotación neta debido a que lo leído por el operador corresponde a la cantidad de agua real que cada usuario consume por período.

A continuación se realiza el cálculo de ésta dotación:

Dot. Neta calculada (Dnc) = Consumo total (Ct) / Población atendida (Po)

$Dnc = ((1,65 \text{ L/seg}) * 86400) / 824 \text{ habitantes} = 173 \text{ L/hab-día}$

De acuerdo con lo anterior, se tiene que la dotación neta actual del sistema de acueducto de la vereda San Francisco, es de **173,0 L/hab-día**.

Debe aclararse, que dicha dotación neta se encuentra por encima de la referida por el RAS para el nivel de complejidad bajo con clima frío o templado (90 L/hab-día), de acuerdo con lo establecido en la Tabla 9 del Artículo 1°, de la Resolución 2320 de 2009, emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).



Ésta dotación (173,0 l/hab-día) debe ser reducida en corto plazo (5 años) hasta llegar al valor exigido por la normatividad vigente.

### ▪ Dotación bruta actual del sistema

Como se mencionó en el numeral 3.3.7 el sistema cuenta con lecturas de macromedición que permiten determinar la dotación bruta actual de la localidad. A continuación se realiza el cálculo de ésta dotación:

Dot. Bruta calculada (Dnc) = Consumo total (Ct) / Población atendida (Po)



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

$$D_{bc} = ((2,06 \text{ L/seg}) * 86400) / 824 \text{ habitantes} = 216,0 \text{ L/hab-día}$$

De acuerdo con lo anterior, se tiene que la dotación bruta actual del sistema de acueducto de la vereda San Francisco, es de **216,0 L/hab-día**.

#### ▪ Evaluación de las pérdidas

Debido a que en la vereda existe micromedición y macromedición, el porcentaje de pérdidas técnicas del sistema se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\%P = \frac{\text{Agua Producida} - \text{Agua Facturada}}{\text{Agua Producida}} * 100\% \quad (4)$$

Dónde:

% P= Porcentaje de pérdidas técnicas.

Agua producida= Cantidad de agua contabilizada por macromedición.



Agua Facturada= Cantidad de agua contabilizada por micromedición.

Aplicando la fórmula anterior, se tiene que las pérdidas actuales del sistema de acueducto de la vereda San Francisco, son del **20%**.

$$\%P = \frac{2,06 \text{ l/s} - 1,65 \text{ l/s}}{2,06 \text{ l/s}} * 100\% = 20 \%$$

Las pérdidas del sistema 20 % están por debajo de las pérdidas teóricas, de acuerdo a la resolución 2320 de 2009 para el nivel de complejidad del sistema.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

#### ▪ Dotación neta futura del sistema

La dotación neta futura según el RAS/2000, al finalizar el horizonte de diseño, corresponde a la del nivel de complejidad bajo con clima frío o templado (poblaciones con altitud superior a 1.000 msnm); es decir, que dicho valor corresponde a **90 L/hab-día**.

Para efectos del proyecto la dotación neta será aplicada a partir del año 2.020. se recomienda chequeo de la red en el corto plazo (3 a 5 años), con el fin de optimizar las redes y sensibilizar a la comunidad de disminuir los consumos.

#### ▪ Dotación bruta futura del sistema

Teniendo en cuenta que el área de estudio al final del horizonte de diseño se clasifica en el nivel de complejidad bajo, la dotación bruta futura se estimó teniendo en cuenta las consideraciones que establece el RAS (2000) para éste nivel de complejidad, y en especial en lo establecido en el Artículo 1 de la Resolución 2320 del 27 de noviembre de 2009.

Para la obtención de la dotación bruta futura del sistema, se utiliza la fórmula presentada en el numeral correspondiente a la dotación bruta actual, el resultado es como sigue:

$$Db = (90 \text{ L/hab-día}) / (1 - 25\%) = 120 \text{ L/hab-día}$$



El anterior cálculo indica que la dotación bruta futura para el sistema de acueducto de la vereda San Francisco, es de **120 L/hab-día**.

### 4.7 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA

#### ▪ Estimación de la demanda actual

**Caudal medio diario (Qmd):** El caudal medio diario (Qmd) corresponde al caudal calculado para la población teniendo en cuenta para ello la dotación bruta. El Qmd se calculó de la siguiente manera (ecuación 4):



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

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

**Caudal máximo diario (QMD):** Éste caudal corresponde al consumo máximo durante 24 horas en un período de un año. Para estimar el caudal máximo diario se estimó el coeficiente  $K_1$ , el cual para el nivel de complejidad bajo corresponde a  $K_1 = 1,30$  de acuerdo con el numeral B.2.7.4 y la Tabla B.2.5 del RAS (2000).

$$QMD = Qmd \times K_1$$

**Caudal máximo horario (QMH):** Corresponde al consumo máximo durante una hora en un período de un año. Para estimar el caudal máximo diario se estimó el coeficiente  $K_2$ , el cual para el nivel de complejidad bajo corresponde a  $K_2 = 1,60$  de acuerdo con el numeral B.2.7.5 y la Tabla B.2.6 del RAS (2000).



#### ▪ Almacenamiento requerido actual y futuro

Los tanques de almacenamiento son estructuras que tienen como finalidad compensar o “amortiguar” los picos de consumo durante el día. Dichas estructuras deben tener capacidad para compensar las variaciones entre el caudal de entrada a los sistemas de potabilización y el caudal demandado (de consumo) en el área de cubrimiento.

Según lo anterior, y de acuerdo con el numeral B.9.4.4 incluido en el RAS (2000), la capacidad de regulación de los tanques de almacenamiento está en función del nivel de complejidad definido para el sistema. Para el caso de la vereda San Francisco, cuyo nivel de complejidad actual y futuro es bajo, el volumen de almacenamiento requerido equivale a 1/3 del caudal máximo diario (QMD) distribuido en la zona a abastecer.

Bajo las anteriores consideraciones, las demandas de caudal y almacenamiento actuales y futuras se presentan a continuación, discriminadas en los dos escenarios de interés para el sistema de acueducto.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Tabla 13.** Demandas actuales y futuras del sistema de acueducto (abastecimiento con agua potable)

AÑO	VIGENCIA	POBLACIÓN	DOTACIÓN NETA (DN)	PÉRDIDAS TOTALES	DOTACIÓN BRUTA (DN)	CAUDAL MEDIO DIARIO (Qmd)	CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)	CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH)	VOL. ALMAC.
		(hab)	(L/hab-d)	(%)	(L/hab-d)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(m³)
<b>0</b>	<b>2.014</b>	<b>824</b>	<b>173,0</b>	<b>20,0</b>	<b>216,3</b>	<b>2,1</b>	<b>3</b>	<b>4,3</b>	<b>77</b>
1	2.015	899	173,0	20,0	216,3	2,2	2,9	4,7	84
2	2.016	917	173,0	20,0	216,3	2,3	3,0	4,8	86
3	2.017	936	173,0	20,0	216,3	2,3	3,0	4,9	88
4	2.018	955	173,0	20,0	216,3	2,4	3,1	5,0	90
<b>5</b>	<b>2.019</b>	<b>974</b>	<b>90,0</b>	<b>25,0</b>	<b>120,0</b>	<b>1,4</b>	<b>1,8</b>	<b>2,8</b>	<b>51</b>
6	2.020	993	90,0	25,0	120,0	1,4	1,8	2,9	52
7	2.021	1.013	90,0	25,0	120,0	1,4	1,8	2,9	53
8	2.022	1.032	90,0	25,0	120,0	1,4	1,9	3,0	54
9	2.023	1.052	90,0	25,0	120,0	1,5	1,9	3,0	55
10	2.024	1.072	90,0	25,0	120,0	1,5	1,9	3,1	56
11	2.025	1.091	90,0	25,0	120,0	1,5	2,0	3,2	57
12	2.026	1.111	90,0	25,0	120,0	1,5	2,0	3,2	58
13	2.027	1.132	90,0	25,0	120,0	1,6	2,0	3,3	59
14	2.028	1.152	90,0	25,0	120,0	1,6	2,1	3,3	60
<b>15</b>	<b>2.029</b>	<b>1.172</b>	<b>90,0</b>	<b>25,0</b>	<b>120,0</b>	<b>1,6</b>	<b>2</b>	<b>3,4</b>	<b>61</b>
16	2.030	1.193	90,0	25,0	120,0	1,7	2,2	3,4	62
17	2.031	1.214	90,0	25,0	120,0	1,7	2,2	3,5	63
18	2.032	1.234	90,0	25,0	120,0	1,7	2,2	3,6	64
19	2.033	1.255	90,0	25,0	120,0	1,7	2,3	3,6	65
<b>20</b>	<b>2.034</b>	<b>1.277</b>	<b>90,0</b>	<b>25,0</b>	<b>120,0</b>	<b>1,8</b>	<b>2,3</b>	<b>3,7</b>	<b>66</b>
21	2.035	1.298	90,0	25,0	120,0	1,8	2,3	3,7	67
22	<b>2.036</b>	1.319	90,0	25,0	120,0	1,8	2,4	3,8	69
23	2.037	1.341	90,0	25,0	120,0	1,9	2,4	3,9	70
24	<b>2.038</b>	1.363	90,0	25,0	120,0	1,9	2,5	3,9	71
<b>25</b>	<b>2.039</b>	<b>1.385</b>	<b>90,0</b>	<b>25,0</b>	<b>120,0</b>	<b>1,9</b>	<b>2,5</b>	<b>4,0</b>	<b>72</b>

Fuente: Información procesada por la consultoría del proyecto CONHYDRA S.A E.S.P





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

Retomando lo indicado en la Tabla 13, se tiene que el sistema de acueducto de la vereda San Francisco al final del horizonte de diseño (año 2.039), demanda un caudal máximo diario (QMD) de 2,5 L/s, mientras que requiere una capacidad de almacenamiento de 72 m<sup>3</sup>.

## 4.8 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO POR COMPONENTES

### 4.8.1 Evaluación del sistema San Francisco

#### 4.8.1.1 Bocatoma

De acuerdo con los cálculos obtenidos para la bocatoma, indicados en el Anexo 1.1, se tiene que la estructura de captación posee una capacidad máxima de 68,9 L/s, pero que al ser consecuente con la conformación de los dispositivos de captación (rejilla, derivación, aducción), se tiene que finalmente la bocatoma puede captar hasta un caudal de 1,7 l/s.

Adicionalmente, y con base en los estimativos de demanda de agua indicados en la Tabla 13, la población al final del horizonte de diseño, requiere un caudal total de agua cruda de 2,5 L/s (como QMD).



Con relación a los requerimientos del RAS/2000, en su Numeral B.4.4.2, la capacidad de captación de las estructuras para el nivel de complejidad bajo (caso del presente proyecto), debe garantizar el QMD, más las pérdidas en el sistema. Según lo anterior, la captación existente tiene una capacidad mayor que la mínima exigida por el RAS/2000; por tanto, la bocatoma puede seguir en uso hasta el final del período de diseño del proyecto.

#### 4.8.1.2 Estructura de regulación

Según los cálculos obtenidos para el dispositivo de aforo de la caja de derivación, mostrados en el Anexo 1.2 se tiene que para una lámina de agua de 25 cm, el caudal que pasa por el vertedero es de 44,7 L/s.

La tubería de rebose de 4" de diámetro de la estructura de regulación, permite evacuar 5.0 L/s, en caso de que se supere la capacidad que tienen las estructuras posteriores.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

#### 4.8.1.3 Aducción

La tubería de aducción existente de 3" de diámetro tiene una capacidad máxima de transporte de 1,7 l/s. Según los requerimientos del RAS/2000 en su Numeral A.11.1.12, la capacidad de transporte de las aducciones para el nivel de complejidad bajo (caso del presente proyecto), debe garantizar el QMD, siempre y cuando se cuente con almacenamiento. Según lo anterior, la aducción existente tiene una capacidad menor a la mínima exigida por el RAS/2000; por lo tanto se recomienda ampliar el diámetro de la tubería de aducción para aumentar el caudal transportado y cumplir con las demandas actuales y futuras de la población, en caso de que solo se fuera a captar agua por la bocatoma del sistema San Francisco.



#### 4.8.1.4 Desarenador

Retomando lo obtenido en el Anexo 1.3 del presente documento, se realizó la evaluación hidráulica al desarenador existente, siguiendo las indicaciones del RAS/2000, específicamente en el Numeral B.4.4.6.5, donde se indica que el agua con tratamiento posterior (aplica para el caso del presente proyecto, ya que existe planta de potabilización en el área rural de la localidad), se deben remover partículas con diámetro superior a 0,20 mm, con una eficiencia superior al 75%.

Lo anterior, se basa en el hecho de que con la geometría de la estructura existente, y teniendo un tiempo de retención de 20 minutos, para partículas de diámetro 0,20 mm, el desarenador tiene capacidad de tratar hasta 1,10 L/s; es decir, esta sola unidad no posee capacidad para tratar el caudal actual (3,0 L/s) y futuro demandado por la población (2,5 L/s, para el año 2039).

La consultoría elaboró el chequeo hidráulico del desarenador del sistema San Francisco para tres caudales diferentes, el análisis se realizó considerando el mismo porcentaje de eficiencias de remoción y el mismo tamaño de partícula, en este caso partículas con un diámetro de 0,02 cm ya que este sistema posee planta de potabilización de agua y dichas partículas pueden ser removidas en tratamientos posteriores. En la evaluación hidráulica también se calculó tiempos de retención, velocidades y número de Reynolds, para determinar el comportamiento del flujo dentro de la estructura. En la Tabla 14 se presenta un resumen de la evaluación efectuada.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

**Tabla 14.** Resumen de la evaluación hidráulica del desarenador para los caudales actual, aforado y futuro

Parámetros	Q (L/s)		
	Actual	Aforado	Futuro
	3,0	2,1	2,5
Øp (cm)	0,02	0,02	0,02
Ef (%)	87,5	87,5	87,5
a (min)	7,4	10,6	9,1
Vs (cm/s)	2,78	2,78	2,78
Vh (m/s)	0,003	0,002	0,003
Re	4,85	4,85	4,85
Rv	0,10	0,10	0,10

Según los datos mostrados en la tabla anterior y evaluando los diferentes caudales, se tiene como resultado que para esta estructura los únicos parámetros que no cumplen con lo especificado en el RAS 2000, son el tiempo de retención hidráulica (a) y número de Reynolds (Re).

Se observa que para el menor caudal evaluado, el aforado en la estructura, el tiempo de retención hidráulico es mayor a diferencia de los otros dos caudales, sin embargo no se logra cumplir con lo estipulado en la resolución 1096, artículo 109 del RAS 2000, donde se plantea que el tiempo de retención del agua en la estructura del desarenador no será menor a 20 minutos en cualquier nivel de complejidad.



El comportamiento del agua dentro de la estructura según el número de Reynolds corresponde a flujo en transición, pero para el tamaño de partícula analizado no se cumple con este valor para ningún caudal, ya que en estas condiciones debe ser inferior a 4.

## 4.8.2 Evaluación del sistema Montenegro

### 4.8.2.1 Bocatoma

De acuerdo con los cálculos obtenidos para la bocatoma, indicados en el Anexo 2.1, se tiene que la estructura de captación posee una capacidad máxima de



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

51,5 L/s, pero que al ser consecuente con la conformación de los dispositivos de captación (rejilla, derivación, aducción), se tiene que finalmente la bocatoma puede captar hasta un caudal de 5,4 L/s.

Adicionalmente, y con base en los estimativos de demanda de agua indicados en la Tabla 13, la población al final del horizonte de diseño, requiere un caudal total de agua cruda de 2,5 L/s (como QMD).

Con relación a los requerimientos del RAS/2000, en su Numeral B.4.4.2, la capacidad de captación de las estructuras para el nivel de complejidad bajo (caso del presente proyecto), debe garantizar el QMD más las pérdidas en el sistema. Según lo anterior, la captación existente tiene una capacidad mayor que la mínima exigida por el RAS/2000; por tanto, la bocatoma puede seguir en uso hasta el final del período de diseño del proyecto.

#### 4.8.2.2 Estructura de regulación



Según los cálculos obtenidos para el dispositivo de aforo de la caja de derivación, mostrados en el Anexo 2.2, se tiene que para una lámina de agua de 20 cm el caudal que pasa por el vertedero es de 25,6 L/s.

La tubería de rebose de 4" de diámetro, de la estructura de regulación, permite evacuar 5,0 L/s, en caso de que se supere la capacidad que tienen las estructuras posteriores.

#### 4.8.2.3 Aducción

La tubería de aducción existente de 3" de diámetro tiene una capacidad máxima de transporte de 5,4 l/s. Según los requerimientos del RAS/2000 en su Numeral A.11.1.12, la capacidad de transporte de las aducciones para el nivel de complejidad bajo (caso del presente proyecto), debe garantizar el QMD, siempre y cuando se cuente con almacenamiento. Según lo anterior la aducción existente tiene una capacidad mayor a la mínima exigida por el RAS/2000, por lo tanto esta tubería puede transportar el caudal máximo diario para el año horizonte del proyecto (2039) al igual que el caudal demandado actualmente.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

#### 4.8.2.4 Desarenador

Retomando lo obtenido en el Anexo 2.3 del presente documento, se realizó la evaluación hidráulica al desarenador existente siguiendo las indicaciones del RAS/2000, específicamente en el Numeral B.4.4.6.5, donde se indica que agua con tratamiento posterior (aplica para el caso del presente proyecto, ya que existe planta de potabilización en el área rural de la localidad), se deben remover partículas con diámetro superior a 0,20 mm, con una eficiencia superior al 75%.

Lo anterior, se basa en el hecho de que con la geometría de la estructura existente, y teniendo un tiempo de retención de 20 minutos, para partículas de diámetro 0,20 mm, el desarenador tiene capacidad de tratar hasta 0,90 L/s; es decir, está sola unidad no posee capacidad para tratar el caudal actual (3,0 L/s) y futuro demandado por la población (2,5 L/s, para el año 2039).



La consultoría elaboró el chequeo hidráulico del desarenador del sistema Montenegro para tres caudales diferentes, el análisis se realizó considerando el mismo porcentaje de eficiencias de remoción y el mismo tamaño de partícula, en este caso partículas con un diámetro de 0,02 cm ya que este sistema posee planta de potabilización de agua y dichas partículas pueden ser removidas en tratamientos posteriores. En la evaluación hidráulica también se calculó tiempos de retención, velocidades y número de Reynolds para determinar el comportamiento del flujo dentro de la estructura. En la Tabla 15 se presenta un resumen de la evaluación efectuada.

**Tabla 15.** Resumen de la evaluación hidráulica del desarenador para los caudales actual, aforado y futuro

Parámetros	Q (L/s)		
	Actual	Aforado	Futuro
	3,0	3,7	2,5
Øp (cm)	0,02	0,02	0,02
Ef (%)	87,5	87,5	87,5
a (min)	6,1	4,8	7,1
Vs (cm/s)	2,78	2,78	2,78
Vh (m/s)	0,003	0,003	0,002
Re	4,85	4,85	4,85
Rv	0,09	0,11	0,08





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

Según los datos mostrados en la tabla anterior y evaluando los diferentes caudales, se tiene como resultado que para esta estructura los únicos parámetros que no cumplen con lo especificado en el RAS 2000 son el tiempo de retención hidráulica (a) y número de Reynolds (Re).

Se observa que para el caudal de consumo futuro el tiempo de retención hidráulico es mayor y el caudal menor a diferencia de los otros dos caudales, sin embargo no cumple con lo estipulado en la resolución 1096, artículo 109 del RAS 2000, donde se plantea que el tiempo de retención del agua en la estructura del desarenador no será menor a 20 minutos en cualquier nivel de complejidad.

El comportamiento del agua dentro de la estructura según el número de Reynolds corresponde a flujo en transición, pero para el tamaño de partícula analizado no se cumple con este valor para ningún caudal, ya que en estas condiciones debe ser inferior a 4.



#### 4.8.3 Conducción

La tubería de conducción de aguas crudas de 4" de diámetro para el sistema San Francisco desde el desarenador hasta la planta de potabilización de agua, tiene una capacidad máxima de transporte de 15,4 l/s. Para el mismo tramo, con tubería de conducción de igual diámetro, el sistema Montenegro tiene una capacidad de transporte de 16,8 l/s.

La capacidad hidráulica de la red de conducción de agua tratada desde la planta de potabilización de acuerdo con la simulación es de 11 l/s para una tubería PVC-P de 4" de diámetro. La simulación de la conducción y los resultados de la misma se presentan en el Anexo 3 y 4 del presente informe.

Según los requerimientos del RAS/2000 en su Numeral A.11.1.12, la capacidad de transporte de las conducciones para el nivel de complejidad bajo (caso del presente proyecto), debe garantizar el QMD, siempre y cuando se cuente con almacenamiento. Según lo anterior, las conducciones de agua cruda existentes en el acueducto cumplen con la capacidad exigida por el RAS/2000, ya éstas son mayores a las demandas actuales y futuras del sistema.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## 5. EVALUACIÓN AMENAZAS Y RIESGOS DEL SISTEMA AFECTADO

Según el anexo técnico del Fondo de Adaptación, Conhydra requiere realizar estudios hidrológicos y geotécnicos de los corredores definidos para aducciones, conducciones y estructuras del sistema de acueducto. La consultoría ejecutó éstos estudios para la etapa de diagnóstico con los respectivos especialistas.

La captación de agua para el abastecimiento de algunas veredas en el municipio de San Pedro de los Milagros, se realiza de las corrientes denominadas Montenegro y San Francisco. Las fuentes de agua carecen de información de caudales, por lo tanto es necesario realizar estudio hidrológico que permita conocer el comportamiento del ciclo hidrológico asociado a dichas corrientes, con el fin de estimar mediante información primaria y modelación matemática y estadística, los caudales medios, mínimos y máximos, cuyo proceso y resultados se describen en el anexo 6 del presente informe.



Del estudio geotécnico se tiene información acerca de la geología de la zona, geomorfología y procesos morfodinámicos al igual que las amenazas geológicas presentes en el área de estudio. A continuación se mencionan las características más relevantes del estudio, la cuales se pueden ver de forma más detallada en el anexo 7 del presente informe de diagnóstico.

El fenómeno de La Niña 2010, produjo por primer vez en muchos años (decenas de miles de años), afectación en esta cuenca, de manera similar a eventos de lluvia ocurridos en otras partes del mundo que se atribuyen al cambio climático, aunque de acuerdo con el criterio geológico, son estos fenómenos los que han modelado el paisaje desde hace millones de años. Se considera que fenómenos de baja recurrencia como éste deben ser tenidos en cuenta para efectos de la planeación en el uso del suelo, lo que se conoce como ordenamiento territorial.

El municipio de San Pedro es una localidad atípica del territorio colombiano, pues no se encuentra en las bases de datos disponibles referencia a ningún desastre natural reportado en él; esto no quiere decir que no hayan ocurrido eventos, sino que seguramente sus consecuencias han sido leves y por lo tanto no hay reportes de ellos.

Para el caso de un sistema de acueducto como en este caso, al menos la bocatoma y las primeras decenas de metros siempre estarán en zona de amenaza alta, gracias a que necesariamente se encuentran en zonas fácilmente inundables, por lo tanto el criterio no es externo a la estructura sino inherente a ella, es decir,



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

ésta debe ser construida bajo un diseño compatible con la exigencia (solicitud o fuerza del fenómeno), generada con caudales pico de esos intervalos de recurrencia. Las velocidades pico de flujos de escombros y lodo semejantes a los de 2010, pueden ser del orden de 3 m/seg, con densidades del fluido de 1.4 a 1.6 g/cm<sup>3</sup>.

De acuerdo con este estudio, la cuenca de la quebrada San Francisco puede estar sujeta a movimientos en masa, avenidas torrenciales y sismos.

La creciente que afectó las bocatomas de las quebradas San Francisco y Montenegro en 2010 es un fenómeno que se puede presentar en la zona con recurrencia menor a 100 años y muy probablemente menor a 500 años, lo que se puede calificar como de Amenaza Baja.



Los daños causados tienen más relación con el bajo perfil de ingeniería del sistema que con la creciente que los afectó, por ejemplo las aletas laterales de las bocatomas no tienen inclinación para centrar la corriente en crecientes importantes y por eso socavan las márgenes, al igual que no tienen disipadores inmediatamente debajo de la estructura de bocatoma por lo que socavan el lecho que es susceptible de lavado.

Existen unas pocas zonas inestables que muestran coronas de deslizamientos que se deben tratar a corto plazo con lechada de cal para coser sus suelos.

De acuerdo con lo observado en campo, no hay mayores ventajas en cambiar la conducción a la margen derecha de la quebrada, pues los procesos erosivos son marcadamente similares en ambas márgenes.

El estudio geológico y amenazas naturales se encuentra en el Anexo 7.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## 6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL SISTEMA DE ACUEDUCTO

### 6.1 ENFOQUE DE LA PROBLEMÁTICA

Con base en los resultados obtenidos en las simulaciones hidráulicas y los análisis de la infraestructura existente en el sistema de acueducto San Francisco, Municipio de San Pedro de los Milagros - Antioquia, se realizará el planteamiento de las soluciones a los inconvenientes y dificultades encontradas en el citado sistema.



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, emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), teniendo en cuenta el horizonte de diseño y el nivel de complejidad del proyecto.

Las estructuras de los sistemas San Francisco y Montenegro que componen el acueducto de la vereda San Francisco, en general se encuentran en buenas condiciones físicas y se recomienda que dichas estructuras se sigan utilizando, siempre y cuando se realicen las respectivas obras y medidas tendientes a su optimización que propendan por el mejoramiento del servicio.

Las captaciones de los dos sistemas requieren obras de optimización e impermeabilización de las estructuras, tendientes a soportar crecientes que se presenten en la fuente y evitar la socavación de éstas. Adicionalmente, se debe aumentar la capacidad hidráulica de uno de los desarenadores para que pueda cumplir con las demandas actuales y futuras del sistema de acueducto.

Debido a las afectaciones que se han presentado en la línea de conducción de agua tratada, se requiere un nuevo trazado de la tubería sobre la margen derecha de la quebrada San Francisco, ya que en el trazado actual (margen izquierda) se presentan varios tramos de tubería expuestos debido a deslizamientos y a la socavación presente en las laderas de la quebrada.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## 6.2 ALTERNATIVAS

### 6.2.1 Sistema San Francisco

#### 6.2.1.1 Bocatoma

En la actualidad la rejilla de esta bocatoma no posee bisagra, por lo cual este dispositivo es propenso a ser removido en avenidas torrenciales que se presenten en la fuente durante temporadas invernales fuertes, facilitando de esta manera obstrucciones en la estructura con ramas, árboles y sedimentos arrastrados por la corriente, por lo tanto se debe realizar un buen anclaje del dispositivo al sistema de captación y aplicarle anticorrosivo para evitar su oxidación.

Además de las obras en la rejilla, la estructura requiere ser revocada por toda su superficie, y posteriormente se le debe aplicar un material impermeabilizante para solucionar el problema de fugas existentes en la base de la misma.

Para adaptar la estructura a las crecientes que se pueden generar en la fuente, es necesario realizar un realce de muro (vertedero de crecidas) y construir losas de piso en concreto reforzado en la zona de entrada y salida de la bocatoma, las losas de piso tendrán el debido anclaje al terreno donde se encuentra la estructura de captación. Además, es necesario extender una aleta de la estructura ubicada a su lado izquierdo, para que la bocatoma tenga mayor adherencia al terreno y no presente volcamiento cuando se generen fuertes corrientes.



El lecho de la fuente es susceptible a lavado y a ser socavado, por lo tanto a la salida de la bocatoma, sobre la losa de piso se dispondrán disipadores de energía, en este caso se utilizarán sobretamaños de piedra de 4" a 6".

#### 6.2.1.2 Estructura de regulación

La caja de derivación del sistema San Francisco se encuentra en el cauce de la quebrada, en temporadas invernales fuertes cuando se desborda la fuente e inunda la zona, las tapas de esta estructura son levantadas y arrastradas por la corriente. Como la caja de derivación se encuentra en el cauce de la quebrada esta estructura debe ser reubicada.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



Por la diferencia de altura tan pequeña entre la salida de la tubería de la caja y la entrada al desarenador, actualmente para la operación se requiere colocar un tubo de PVC en desagüe, con el fin de que el nivel del agua suba lo suficiente y genere una carga adecuada, para que el agua pueda pasar a la siguiente estructura.

Por lo anterior, la caja de derivación deberá ser reubicada cerca al desarenador, para que haya un correcto transporte del agua y la estructura no se deteriore a causa de las inundaciones que se presentan en el lugar.

La estructura de regulación proyectada estará ubicada aproximadamente 1.0 m antes del desarenador y tendrá las siguientes dimensiones internas: largo 0.60 m, ancho 0.60 m y profundidad de 0.60 m. La caja de derivación estará dividida por un vertedero de triangular de aforo de 90 grados y contará con una tubería de rebose de caudales excedentes de 4" de diámetro en la entrada de la caja antes de la estructura de aforo. En la parte posterior de la caja se ubicará una tubería de salida al desarenador en PVC Ø 3", adicionalmente se instalará un desagüe en PVC Ø 2" en los dos compartimentos de la estructura, los cuales finalmente se unirán en una sola tubería para evacuar el agua a la quebrada y realizar las respectivas labores de mantenimiento y limpieza.

Para determinar el material en el cual se elaborará la nueva caja de derivación se realizará una descripción cualitativa desde el punto de vista técnico, económico y ambiental. A continuación, se presenta la Tabla 16 en la cual se observan las diferencias al utilizar los materiales de concreto reforzado o poliéster reforzado en fibra de vidrio (PRFV) para la construcción de la estructura.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

**Tabla 16.** Evaluación cualitativa de los materiales Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV) vs Concreto

EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS MATERIALES PRFV vs CONCRETO			
ASPECTO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
		PRFV	CONCRETO
TÉCNICO	Influencia del material en la capacidad hidráulica de la estructura.	NO	NO
	Practicidad del proceso constructivo en el lugar de instalación	SI	NO
	Facilidad de transporte e instalación.	SI	NO
ECONÓMICO	Valor unitario (suministro, transporte e instalación) (\$)	648.400	920.560
AMBIENTAL	Generación de material de excavación en el sitio	NO	SI
	Generación excedentes del proceso constructivo	NO	SI
	Necesidad de agregados para la construcción	NO	SI
	Afectación por cambios climáticos durante su instalación y transporte.	NO	SI

Según la tabla anterior, el material que tiene mayores ventajas para la construcción de la estructura de regulación de caudal es el poliéster reforzado en fibra de vidrio, ya que es un material práctico, liviano y de fácil instalación, y por las dimensiones de la caja puede ser transportado por una sola persona hasta el sitio, sin necesidad de utilizar transporte mular. La construcción e instalación de esta estructura es más económica en PRFV que en concreto y por su pequeño tamaño es más fácil construirla en este material, pues no se requieren elementos adicionales como lo son formaleas y aditivos para su construcción.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

### 6.2.1.3 Desarenador

Según lo estipulado en el RAS 2000, este desarenador no cumple con el tiempo de retención mínimo de 20 minutos, adicionalmente la estructura no posee la capacidad hidráulica suficiente para tratar el caudal concesionado por la autoridad ambiental (1,92 L/s) y cumplir con las demandas actuales y futuras del sistema, por lo cual para ampliar su capacidad, es necesario demoler las cámaras existentes en la zonas de entrada y salida y en su lugar construir o instalar nuevos dispositivos diseñados técnicamente, adicionalmente se debe reubicar la tubería de rebose en la zona de entrada del desarenador. La cámara de salida funcionará como un vertedero invertido, y en el fondo de ésta se tendrá un orificio sumergido que finalmente será conectado a la tubería de salida del tanque desarenador. Además de ampliar la capacidad hidráulica de la estructura, se realizará tratamiento de impermeabilización al interior del tanque para evitar fugas, garantizar la durabilidad de la estructura y prolongar su vida útil.

### 6.2.2 Sistema Montenegro



#### 6.2.2.1 Bocatoma

En esta bocatoma, la rejilla no se encuentra anclada a la estructura debido a que tiene dañada la bisagra, por lo cual este dispositivo es propenso a ser removido en avenidas torrenciales que se presenten en la fuente durante temporadas invernales fuertes, facilitando de esta manera obstrucciones en la estructura con ramas, árboles y sedimentos arrastrados por la corriente. Por lo anterior, la rejilla debe ir anclada adecuadamente a la estructura y se le debe realizar un tratamiento con anticorrosivo para evitar su deterioro.

Además de las obras en la rejilla, la estructura requiere ser revocada por toda su superficie, y posteriormente se le debe aplicar un material impermeabilizante para solucionar el problema de fugas existentes en la base de la misma.

Para adaptar la estructura a las crecientes que se pueden generar en la fuente, es necesario realizar un realce de muro (vertedero de crecidas) y construir losas de piso en concreto reforzado al acceso y salida de la bocatoma, las losas de piso tendrán el debido anclaje al terreno donde se encuentra la estructura de captación.



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

El lecho de la fuente es susceptible a lavado y a ser socavado, por lo tanto a la salida de la bocatoma, sobre la losa de piso se dispondrán disipadores de energía, en este caso se utilizarán sobretamaños de piedra de 4" a 6".

#### 6.2.2.2 Estructura de regulación

La caja de derivación se encuentra en buenas condiciones, sólo se requiere reubicar la tubería de rebose para disminuir la lámina de agua dentro de la estructura y por lo tanto el caudal que entra al sistema, pues actualmente se capta mucho más del demandado. Esta estructura también será revocada e impermeabilizada en su interior, ya que ésta se encuentra desgastada por la socavación.

#### 6.2.2.3 Desarenador

Este desarenador tiene la capacidad máxima de tratar 0,9 L/s teniendo un tiempo de retención de 20 minutos, por lo tanto la estructura posee la capacidad hidráulica suficiente para tratar el caudal concesionado por la autoridad ambiental (0,59 L/s) y cumplir con las demandas actuales y futuras del sistema en conjunto con el caudal tratado en el sistema San Francisco, por lo tanto no se requiere ampliar la capacidad de estructura, sólo necesita obras de adecuación.



El tanque desarenador del sistema Montenegro se encuentra ubicado muy cerca de la ladera derecha de la quebrada del mismo nombre, la cual tiene alta pendiente, por lo que se recomienda la construcción de un muro en gaviones, con el cual se logre estabilizar el talud y evitar daños en la estructura.

#### 6.2.3 Conducción de agua tratada

En cuanto a la línea de conducción que sale de la planta de potabilización de agua hacia la red de distribución, se realizará un nuevo trazado de ésta sobre la margen derecha de la quebrada, ya que actualmente varios tramos de tubería se encuentran descubiertos y podrían ser afectados por nuevas crecientes.

Aunque las dos laderas de la quebrada presentan procesos erosivos muy similares, la margen derecha presenta mayores ventajas para el traslado de la tubería, ya que por el nuevo trazado se tiene servidumbre de paso y la tubería quedaría enterrada y protegida, en los tramos donde la tubería no pueda ir enterrada, se utilizarán viaductos para el soporte de la conducción.





	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

El nuevo trazado de la conducción tendrá una longitud de 475 metros en tubería PVC Ø 4", desde la planta de tratamiento hasta la vía de la vereda San Francisco. En la Figura 6, se observa que el trazado de la línea de conducción proyectada, después de pasar cerca al tramo elevado o viaducto, sigue por el trazado actual de la tubería, por lo tanto la tubería a instalar tendrá una longitud aproximada de 383 metros desde la planta al lugar donde empalma con la conducción actual (agua abajo del viaducto existente), para seguir su recorrido por la margen derecha de la quebrada; además, se instalarán válvulas de purga y ventosas en los lugares estratégicos de la conducción.

Adicionalmente, y para complementar el tratamiento que se debe dar a las grietas y fisuras que en la actualidad se presentan en el recorrido de la conducción, y siguiendo las recomendaciones del especialista en riesgos y geología, en los lugares donde se presenta inestabilidad por movimiento de masa, especialmente cerca al nuevo trazado de la conducción, se deben tratar las superficies de falla con el vaciado sobre las grietas de lechada de cal cálcica (cal comercial que tenga más de 90% de  $\text{CaCO}_3$ ), en lechada espesa a razón de 1 balde por metro de longitud de la grieta y posteriormente llenar con suelo y apisonar, de tal manera que se pueda apreciar días después si se ha abierto, lo que indica que ha seguido el movimiento y en este caso se repite el tratamiento.







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	



**Figura 6.** Trazado de la línea de conducción Acueducto San Francisco



	INFORME DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			
	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 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Julio de 2014	Versión 1	

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A (A.A.S.S.A). Actualización Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado Municipio de San Pedro de los Milagros. Año 2011.

Alcalde Jaime Echeverry Marín. Plan de desarrollo San Pedro de los Milagros. Años 2008 – 2011.

Fundación Universitaria Católica del Norte. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Memoria Justificativa. Municipio de San Pedro de los Milagros. Año 2011.

Fundación Universitaria Católica del Norte. Revisión y Ajuste Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de San Pedro de los Milagros. Año 2011.

Optimización del sistema de acueducto de la vereda San Francisco del Municipio de San Pedro de los Milagros. Año 2006.

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

MATERON MUÑOZ, Hernán. Obras hidráulicas rurales. Cuarta edición, Universidad del Valle, Colombia. 1991.

CORCHO Freddy, DUQUE Ignacio. Acueducto, teoría y diseño. Universidad de Medellín. 2005.

PEREZ PARRA, Jorge Arturo. Acueducto y Alcantarillado. Facultad de Minas, Univ. Nacional. Primera edición, 2002.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Bogotá, 2000.

