

**METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE ACUEDUCTOS
RURALES COMO COMPLEMENTO A LOS INSTRUMENTOS BÁSICOS PARA
GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO
ESTABLECIDOS EN EL DECRETO 1575 DE 2007.**

MARIA ALEJANDRA DUQUE BUENO.

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES.
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
MANIZALES**

2019.

**METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE ACUEDUCTOS
RURALES COMO COMPLEMENTO A LOS INSTRUMENTOS BÁSICOS PARA
GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO
ESTABLECIDOS EN EL DECRETO 1575 DE 2007.**

MARIA ALEJANDRA DUQUE BUENO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE:

Ingeniera Ambiental.

Tutor:

Javier Mauricio Naranjo.

Ing. Químico, Mtr.Ingenieria Química, PhD Ingeniería.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES.

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

MANIZALES

2019.

RESUMEN.

El presente trabajo de grado tiene como objetivo principal el desarrollo de una metodología de diagnóstico que permita conocer la problemática de infraestructura y potabilización existente en los acueductos rurales, especialmente aquellos que cuentan con PTAP.

Lo anterior se realizó partiendo de las limitaciones encontradas respecto a información específica de factores incidentes del problema central identificado: el suministro de agua no potable; surgiendo así la necesidad de crear e implementar actividades de diagnóstico que complementen las actividades de inspección, vigilancia y control que ejerce la autoridad competente, pues la normativa es desequilibrada para la evaluación en los niveles de baja complejidad a los que pertenecen estos acueductos.

Como resultado se obtuvo una guía metodológica que permite el diagnóstico integral de los acueductos y que es elaborada para desarrollarse por medio de 6 etapas: 4 de estas directamente relacionadas con la evaluación del diseño, operación y mantenimiento de los elementos de infraestructura, 1 de las etapas dedicada especialmente a la capacitación técnica de la persona prestadora en cuanto a las limitaciones de funcionamiento encontradas en las fases anteriores y la última de las etapas abarca específicamente el análisis de los criterios: calidad del agua y continuidad del servicio y su posible relación con problemas de salud pública en el territorio abastecido por el acueducto.

TABLA DE CONTENIDO.

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2. HIPÓTESIS.....	13
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. METODOLOGÍA.....	15
4. INSTRUMENTOS LEGALES.....	16
5. MARCO TEÓRICO.....	18
5.1. SISTEMA DE ACUEDUCTO.....	18
5.1.1. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO.....	18
5.1.1.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	18
5.1.1.2. OBRAS DE CAPTACIÓN.....	20
5.1.1.3. LÍNEA DE ADUCCIÓN.....	21
5.1.1.4. DESARENADORES.....	21
5.1.1.5. LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....	23
5.1.1.6. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP).....	23
5.1.1.7. TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	24
5.1.1.8. REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	24
5.2. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO UTILIZADAS CON MAYOR FRECUENCIA EN LAS PTAP VEREDALES.....	24
5.2.1. FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FiMeS).....	25
5.2.1.1. Filtración Gruesa Dinámica (GGDi).....	26
5.2.1.2. Filtración Gruesa Ascendente.....	26
5.2.1.3. Filtración Lenta en Arena (FLA).....	27
5.2.1.4. LIMITACIONES Y DESVENTAJAS DEL PROCESO DE FILTRACIÓN LENTA DE ARENA.....	28
5.2.2. PROCESO DE DESINFECCIÓN.....	29
5.2.2.1. Desinfección solar.....	30
5.2.2.2. Calentadores solares.....	30
5.2.2.3. Cocinas solares.....	31
5.2.2.4. Concentradores solares.....	31
5.2.2.5. Desinfección en botellas y recipientes pequeños.....	32
5.2.2.6. REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS EQUIPOS PARA DESINFECCIÓN SOLAR.....	33
5.3. CONSIDERACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	35
5.4. CONDICIONES PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE.....	39
5.4.1. COBERTURA.....	39
5.4.2. CANTIDAD.....	39
5.4.3. CALIDAD.....	39
5.4.4. CONTINUIDAD.....	40
5.4.5. EQUIDAD.....	40
5.5. MORBILIDAD Y MORTALIDAD ASOCIADA A LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE MANIZALES.....	41
6. RESULTADOS.....	43

6.1. IDENTIFICAR, CUANTIFICAR Y RECONOCER LOS ACUEDUCTOS RURALES DEL MUNICIPIO DE MANIZALES Y LOS USUARIOS A LOS QUE CADA ACUEDUCTO ABASTECE.....	43
6.2. ACTUALIZAR MAPA DE RIESGO DE MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE LOS ACUEDUCTOS OBJETO DE ESTUDIO.	45
6.3. ESTABLECER Y ANALIZAR CRITERIOS EXISTENTES QUE PERMITAN CONOCER EL ESTADO DE LOS ACUEDUCTOS RURALES.	47
6.3.1. ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD PARA CONSUMO HUMANO (IRCA).....	47
6.3.2. ÍNDICE DE RIESGO POR ABASTECIMIENTO DE AGUA Y EVALUACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS SANITARIAS POR PERSONA PRESTADORA.....	51
6.3.3. PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS DE ACUEDUCTOS VEREDALES.....	52
6.3.3.1. OBJETIVO.....	52
6.3.3.2. CONCEPTOS ASOCIADOS A LOS COMPONENTES.....	54
6.3.3.3. FASE GENERAL: GESTIÓN DEL RIESGO.....	56
6.3.3.3.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	56
6.3.3.3.2. HERRAMIENTAS.....	57
6.3.3.4. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL DESARROLLO DE LAS ETAPAS.....	59
6.3.3.5. ETAPA 1: EVALUACIÓN DE COMPONENTES FUENTE ABASTECEDORA Y OBRAS DE CAPTACIÓN.....	59
6.3.3.5.1. FASE #1: IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS BÁSICOS DE LA MICROCUENCA.....	59
6.3.3.5.1.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	60
6.3.3.5.1.2. HERRAMIENTAS.....	60
6.3.3.5.2. FASE # 2: COMPONENTE OBRAS DE CAPTACIÓN Y LÍNEA DE ADUCCIÓN.....	63
6.3.3.5.2.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	63
6.3.3.5.2.2. HERRAMIENTAS.....	64
6.3.3.5.3. RECOMENDACIONES PARA LOS COMPONENTES MICROCUENCA Y OBRAS DE CAPTACIÓN.....	66
6.3.3.6. ETAPA 2: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO (DESARENADOR-PLANTA DE TRATAMIENTO).....	66
6.3.3.6.1. FASE 1: COMPONENTE DESARENADOR.....	66
6.3.3.6.1.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	66
6.3.3.6.1.2. HERRAMIENTAS.....	67
6.3.3.6.2. FASE 2: COMPONENTE: PLANTA DE TRATAMIENTO.....	69
6.3.3.6.2.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	69
6.3.3.6.2.2. HERRAMIENTAS.....	71
6.3.3.7. ETAPA 3: EVALUACIÓN DE COMPONENTES TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	73
6.3.3.7.1. FASE 1: COMPONENTE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	73
6.3.3.7.1.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	73
6.3.3.7.1.2. HERRAMIENTAS.....	74
6.3.3.7.2. FASE 2: COMPONENTE REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	75
6.3.3.7.2.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	75
6.3.3.7.2.2. HERRAMIENTAS.....	75
6.3.3.8. ETAPA 4: EVALUACIÓN COMPONENTE PERSONA PRESTADORA DEL SERVICIO.....	75
6.3.3.9. ETAPA 5: EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONTINUIDAD DEL SERVICIO.....	76
6.3.3.10. ETAPA RESULTANTE: DIAGNÓSTICO DE PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA COMO PRIORITARIA.....	77
6.4. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	78

6.4.1. SELECCIÓN DEL ACUEDUCTO OBJETO DE ANÁLISIS.....	78
6.4.2. CASO DE ESTUDIO: ACUEDUCTO LA CRISTALINA.....	79
6.4.3. ETAPA 1: EVALUACIÓN DE COMPONENTES FUENTE ABASTECEDORA Y OBRAS DE CAPTACIÓN.....	80
6.4.3.1. FASE #1: IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS BÁSICOS DE LA MICROCUENCA.....	80
6.4.3.2. USO DE SUELOS EN LA MICROCUENCA.....	81
6.4.3.3. FASE 2: OBRAS DE CAPTACIÓN Y LÍNEA DE ADUCCIÓN.....	85
6.4.3.3.1. BOCATOMA 1.....	85
6.4.3.3.2. LÍNEA DE ADUCCIÓN 1.....	88
6.4.3.3.3. BOCATOMA 3.....	89
6.4.3.3.4. LÍNEA DE ADUCCIÓN 3.....	92
6.4.3.3.5. CALIDAD DEL AGUA CAPTADA EN BOCATOMAS 1 Y 3.....	93
6.4.3.3. DIAGNOSTICO DE PROBLEMÁTICA: ETAPA 1.....	94
6.4.3.4. RECOMENDACIONES GENERALES “ETAPA 1”.....	94
6.4.4. ETAPA 2: EVALUACIÓN SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	96
6.4.4.1. FASE 1: COMPONENTE DESARENADOR.....	96
6.4.4.2. FASE 2: COMPONENTE PLANTA DE TRATAMIENTO.....	97
6.4.4.3. DIAGNOSTICO DE PROBLEMÁTICA: ETAPA 2.....	101
6.4.5. FASE GESTIÓN DEL RIESGO.....	102
6.4.6. LIMITACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA METODOLOGIA.....	104
6.5. ANALIZAR CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA VIGENTE POR PARTE DE LA ENTIDAD COMPETENTE DE ACTIVIDADES DE IVC.....	105
7. CONCLUSIONES.....	107
8. RECOMENDACIONES.....	108

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano.	12
Tabla 2 Comparación entre sistemas de acueducto urbanos y rurales.	20
Tabla 3 Ventajas y desventajas de las fuentes de agua superficial.....	21
Tabla 4 Criterios de diseño a tener en cuenta para la FGD _i y FGA.....	28
Tabla 5 Granulometría del lecho filtrante	30
Tabla 6 Consideraciones generales para la FiMeS	31
Tabla 7 Requerimientos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos para desinfección solar.	35
Tabla 8 Ventajas y desventajas de equipos para desinfección solar.	36
Tabla 9 Periodo y caudal de diseño de componentes del sistema de acueducto	37
Tabla 10 Consideraciones técnicas generales para las obras de captación.	37
Tabla 11 Consideraciones técnicas generales para las líneas de aducción.....	38
Tabla 12 Consideraciones técnicas generales para el desarenador	38
Tabla 13 Consideraciones técnicas generales para la planta de tratamiento de agua.	39
Tabla 14 Consideraciones técnicas generales para la línea de conducción.....	40
Tabla 15 Consideraciones técnicas generales para los tanques de almacenamiento.	40
Tabla 16 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.	41
Tabla 17 Valores máximos aceptables para características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo humano.....	41
Tabla 18 Ocurrencia de enfermedades asociadas a la calidad del agua	43
Tabla 19 Morbilidad por EDA (Periodo mayo 2016-2018)	44
Tabla 20 Acueductos veredales del Municipio de Manizales (año base 2017).....	45
Tabla 21 Información de microcuencas abastecedoras.	47
Tabla 22 Información general y calificación del IRCA de acueductos veredales con PTAP.	50
Tabla 23 Valores de IRABApp y BPSpp. (Año 2017).	53
Tabla 24 Elementos que conforman el sistema de acueducto.....	58
Tabla 25 Objetivos y metodología fase gestión del riesgo.....	58
Tabla 26 Modelo de calificación de riesgos.	59
Tabla 27 peligros típicos que afectan la microcuenca y las obras de captación.....	60
Tabla 28 Peligros típicos en las plantas de tratamiento.....	60
Tabla 29 Objetivos y metodología fase: microcuenca.....	62
Tabla 30 Contenido necesario para la descripción económica y ambiental de la microcuenca.	63
Tabla 31 Nivel de calidad de la fuente según caracterización del agua.	63
Tabla 32 Valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, físicas y químicas de la calidad del agua potable.....	64
Tabla 33 Puntaje de riesgo para cálculo de IRCA	64
Tabla 34 : Objetivos y metodología fase: obras de captación y línea de aducción.....	65
Tabla 35 acciones claves para el mantenimiento preventivo de las obras de captación.	66
Tabla 36 Acciones claves para el mantenimiento de la línea de aducción.	67
Tabla 37 Objetivos y metodología: componente desarenador	68
Tabla 38 Viscosidad cinemática del agua según la temperatura	70

Tabla 39	Actividades recomendadas para el mantenimiento de los desarenadores	71
Tabla 40	Objetivos y metodología PTAP	72
Tabla 41	Actividades periódicas de mantenimiento y operación para FGD	72
Tabla 42	Procedimientos a tener en cuenta para limpiar el filtro de arena	73
Tabla 43	Procedimiento para rearenar un filtro lento de arena	74
Tabla 44	Objetivos y metodología: Tanque de almacenamiento	75
Tabla 45	Acciones claves para el mantenimiento de los tanques de almacenamiento	76
Tabla 46	Objetivos y metodología: Redes de distribución	77
Tabla 47	Ejemplo de resultados para parámetros de color y turbiedad	78
Tabla 48	Resultados de selección del acueducto a diagnosticar	80
Tabla 49	Elementos que conforman el acueducto La Cristalina	82
Tabla 50	Ubicación de las bocatomas presentes en el acueducto LA CRISTALINA	87
Tabla 51	Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos para el agua captada en Bocatomas 1-3	94
Tabla 52	Gestión del riesgo- Sistema de acueducto La Cristalina	104
Tabla 53	Actividades de IVC en sistemas de acueductos	107

LISTA DE GRÁFICAS.

Gráfica 1 Clasificación de acueductos del municipio de Manizales según el IRCA	14
Gráfica 2 Comportamiento del IRCA urbano y rural del Municipio de Manizales.....	14
Gráfica 3 Importancia de las cuencas hidrográficas.	22
Gráfica 4 Bocatoma combinada.	23
Gráfica 5 Componentes de un desarenador.....	24
Gráfica 12 Tanque de almacenamiento enterrado	26
Gráfica 6 Esquema para ilustrar la aplicación de los conceptos de múltiples etapas, tratamiento integrado y desinfección de seguridad, en el tratamiento de agua.....	27
Gráfica 7 Unidad de Filtración Lenta de Arena	29
Gráfica 8 Esquema de un termosifón para calentamiento de agua	33
Gráfica 9 Cocina solar.....	33
Gráfica 10 Concentradores solares.	34
Gráfica 11 Desinfección en botellas	34
Gráfica 13 Morbilidad por EDA.....	44
Gráfica 15 % de cobertura por aguas de Manizales y acueductos veredales.....	45
Gráfica 16 Porcentaje de acueductos veredales con PTAP	47
Gráfica 17 Comparación del IRCA de acueductos con PTAP y sin PTAP (2017).....	50
Gráfica 18 Valores obtenidos para E.coli y coliformes totales.	51
Gráfica 19 Valores obtenidos por los acueductos con PTAP para turbiedad y color aparente.....	52
Gráfica 20 Etapas que conforman la metodología propuesta.....	55
Gráfica 21 Valores de turbiedad y color	79
Gráfica 22 Corregimiento La Cristalina.....	81

LISTA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1 Afloramiento Barroblanco - Afloramiento Eucaliptus.....	83
Ilustración 2 Presencia de Ganado en zona alta del afloramiento Eucaliptus.....	84
Ilustración 3 Presencia de ganado en los alrededores del afloramiento Barroblanco..	84
Ilustración 4 Erosión en la parte alta de la microcuenca - Afloramiento Eucaliptus....	85
Ilustración 5 Residuos encontrados en los alrededores del afloramiento Barroblanco.	85
Ilustración 6 Cambios en la cobertura vegetal debido al sobrepastoreo en la zona.....	86
Ilustración 7 Cultivos de café en zona aledaña a los afloramientos.....	86
Ilustración 8 Zona de acceso bocatoma 1	88
Ilustración 9 BOCATOMA 1.	88
Ilustración 10 Rejilla- Bocatoma 1.....	89
Ilustración 11 Compuerta caja de derivación -Bocatoma 1.....	89
Ilustración 12 Delimitación por franja amarilla -Bocatoma 1.	90
Ilustración 13 Línea de aducción Bocatoma 1- Desarenador.....	91
Ilustración 14 Zona de acceso Bocatoma 3.....	92
Ilustración 15 Bocatoma 3	92
Ilustración 16 Rejilla de captación bocatoma 3.....	93
Ilustración 17 Riesgo de daño en tubería de aducción por caída de árbol.....	93
Ilustración 18 Línea de aducción Bocatoma 3- Desarenador.....	94

Ilustración 19 Tanque Desarenador.....	98
Ilustración 20 Presencia de lama en paredes interiores del tanque de salida.....	99
Ilustración 21 Entrada PTAP - Acueducto La Cristalina.....	100
Ilustración 22 Tanque de entrada de agua a la PTAP.....	100
Ilustración 23 Panorama general de unidades que componen PTAP.....	101
Ilustración 24 Color del agua en la cámara de salida del FLA.....	102
Ilustración 25 Caseta de instrumentos PTAP- La Cristalina.....	103
Ilustración 26 Cámara de desinfección.....	103

LISTA DE ANEXOS.

Anexo 1 FORMULARIO GESTIÓN DEL RIESGO.....	115
Anexo 2 FORMULARIO PARA EL DIAGNOSTICO DE MICROCUENCA.....	115
Anexo 3 ASPECTOS A EVALUAR EN OBRAS DE CAPTACIÓN Y LINEA DE ADUCCIÓN.....	117
Anexo 4 ASPECTOS A EVALUAR EN EL DESARENADOR.....	121
Anexo 5 ASPECTOS A EVALUAR EN LA PTAP.....	125
Anexo 6 ASPECTOS A EVALUAR EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	128
Anexo 7 ASPECTOS A EVALUAR EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	130
Anexo 8 FORMULARIO DE DIAGNOSTICO DE MICROCUENCA LA GREGORITA.....	132
Anexo 9 FORMULARIO DE DIAGNOSTICO DE BOCATOMA 1 - ACUEDUCTO LA CRISTALINA.....	134
Anexo 10 FORMULARIO DE DIAGNOSTICO DE BOCATOMA 3 - ACUEDUCTO LA CRISTALINA.....	137

LISTA DE ABREVIATURAS.

BPS: Buenas Practicas Sanitarias.

FIMES: Filtración en Múltiples Etapas

FLA: Filtración Lenta en Arena

IC: Índice de Continuidad

INS: Instituto Nacional de Salud.

IRABAm: Índice de Riesgo por Abastecimiento Municipal.

IRABApp: Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua de Persona Prestadora.

IRCA: Índice de Riesgo de la Calidad del Agua.

IT: Índice de Tratamiento.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial.

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable.

QMD: Caudal máximo diario

Qmd: Caudal medio diario

SIVICAP: Subsistema de Información de la Vigilancia de Calidad del Agua Potable.

USA: Unidad de Saneamiento Ambiental.

UNT: Unidades Nefelométricas de turbiedad.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Según la OMS en el año 2015, 2100 millones de personas en el mundo carecían de agua potable en el hogar y a pesar de que la cifra muestra una disminución con relación a la obtenida en 1990 se conservan grandes disparidades entre zonas urbanas y rurales en términos de acceso a agua potable. El informe de cumplimiento de los ODS permitió conocer que cuatro de cada cinco personas que viven en zonas urbanas tienen acceso a agua corriente potable, en comparación a una de cada tres personas en las zonas rurales ⁽¹⁾.

En Colombia, aunque la cobertura general de acueducto es superior al 92,3%, se identifican diferencias considerables entre la cobertura urbana y rural: en las cabeceras esta es de 97,3%, mientras que en los centros poblados rurales y dispersos es de 74,2% ⁽²⁾. En términos de calidad del agua y continuidad del servicio se presentan incumplimientos en normativa nacional, reflejada específicamente en la información recopilada por la autoridad sanitaria competente mediante la implementación y evaluación de los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano establecidos en el Decreto 1575 de 2007, los cuales se exponen en la tabla 1.

Tabla 1 Instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano.

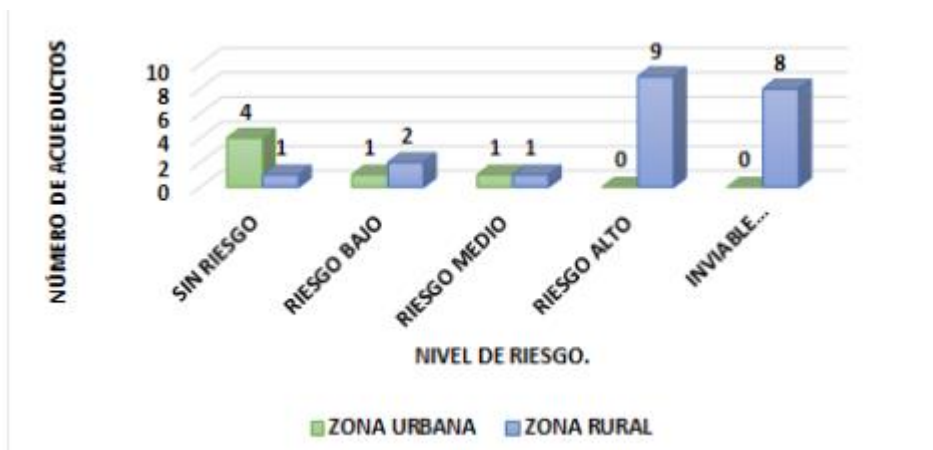
INSTRUMENTO	DEFINICIÓN.	CLASIFICACIÓN.	
IRCA	Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano. Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.	PUNTAJE	NIVEL DE RIESGO
		0- 5%	Sin riesgo: agua apta para consumo humano
		5.1 - 14%	Riesgo bajo: agua no apta para consumo humano
		14.1- 35%	Riesgo medio: agua no apta para consumo humano.
		35.1 - 80%	Riesgo alto.
		80.1 - 100%	Inviabile sanitariamente.

<p style="text-align: center;">IRABAm</p>	<p>Índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua.</p> <p>Es la ponderación de los factores de: tratamiento, continuidad del servicio de los sistemas de acueducto, y la distribución del agua en el área de jurisdicción del municipio correspondiente.</p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PUNTAJE.</th> <th style="text-align: center;">NIVEL DE RIESGO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0- 10%</td> <td style="text-align: center;">Sin Riesgo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10.1- 25%</td> <td style="text-align: center;">Riesgo Bajo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">25.1 - 40</td> <td style="text-align: center;">Riesgo Medio</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">40.1 - 70%</td> <td style="text-align: center;">Riesgo Alto</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">70.1 - 100%</td> <td style="text-align: center;">Riesgo Muy Alto</td> </tr> </tbody> </table>	PUNTAJE.	NIVEL DE RIESGO.	0- 10%	Sin Riesgo	10.1- 25%	Riesgo Bajo	25.1 - 40	Riesgo Medio	40.1 - 70%	Riesgo Alto	70.1 - 100%	Riesgo Muy Alto
PUNTAJE.	NIVEL DE RIESGO.													
0- 10%	Sin Riesgo													
10.1- 25%	Riesgo Bajo													
25.1 - 40	Riesgo Medio													
40.1 - 70%	Riesgo Alto													
70.1 - 100%	Riesgo Muy Alto													
<p style="text-align: center;">Mapa de riesgo.</p>	<p>Instrumento que define las acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de las fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, que puedan generar riesgos graves a la salud humana si no son adecuadamente tratadas independientemente de si provienen de una contaminación por eventos naturales o antrópicos.</p>													

Elaboración propia a partir de: Res. 2115/ Res. 4716 de 2010.

Durante años, a nivel nacional el IRCA ha sido el determinante de la vigilancia de la calidad del agua para las Direcciones Territoriales de Salud. En términos de este indicador en el año 2016, el país obtuvo como resultado un IRCA consolidado de **21,6%** asociado a un nivel de riesgo **medio**. La calidad del agua en la zona urbana presentó un IRCA de **8,6 %**, correspondiente a riesgo **bajo** y en zona rural, alcanzó un IRCA de **39,7 %** clasificado en **riesgo medio** ⁽³⁾. Lo anterior deja en evidencia el riesgo en cuanto a problemas de salud pública al que se encuentra expuesta parte de la población del área rural en donde el agua suministrada no es apta para consumo humano.

Para el municipio de Manizales la situación no es diferente; según la unidad de saneamiento ambiental en el 2017 el área urbana de la ciudad presentaba un IRCA ponderado de 0,5 clasificado en un **nivel sin riesgo**; mientras que de 21 acueductos veredales que operan en la zona rural se registraron 17 que se encuentran en un nivel de **riesgo alto o inviable sanitariamente**, es decir que alrededor de 653 conexiones de acueducto rural están siendo abastecidas con agua no apta para consumo humano. Por medio de la gráfica 1 se contextualiza la situación actual de los sistemas de acueducto urbanos y rurales.

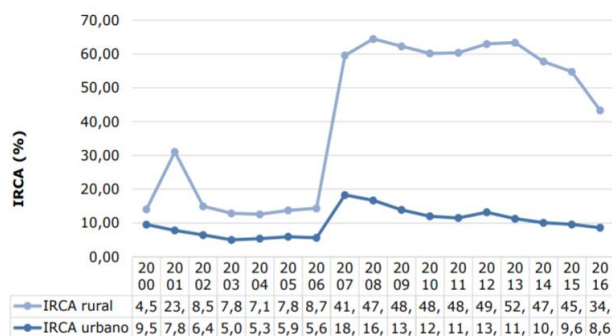


Gráfica 1 Clasificación de acueductos del municipio de Manizales según el IRCA

Elaboración propia a partir de Consolidado IRCA- Unidad de Saneamiento Ambiental.

Las deficiencias presentadas a nivel rural en los sistemas de acueductos veredales son el resultado de la carencia de personal para el total cubrimiento y cumplimiento de las labores competentes y establecidas en la normativa vigente, la poca implementación de metodologías que evalúen acorde al nivel bajo de complejidad en el que se encuentran estos acueductos y que permiten el análisis integral de cada uno de los elementos que conforman los conforman, al igual que la baja asignación de recursos para el sostenimiento de las plantas de tratamiento existentes.

A pesar de que las administraciones municipales de salud ejercen procesos de control y vigilancia que principalmente corresponde a toma de muestras de agua, evaluación de los índices de riesgo de calidad de agua y por abastecimiento municipal e inspecciones sanitarias, el indicador en la zona rural no muestra un comportamiento diferente en los últimos años. La gráfica 2 muestra el comportamiento del indicador.



Gráfica 2 Comportamiento del IRCA urbano y rural del Municipio de Manizales.

Fuente: SIVICAP, Instituto Nacional de Salud

Teniendo en cuenta lo anterior es evidenciable que aunque los procedimientos reglamentados y llevados a cabo por las autoridades de salud del país permiten tener indicadores que informan sobre la calidad del servicio, es necesario que exista una metodología alterna en la que se integren los instrumentos existentes para lograr evaluar todo el sistema de abastecimiento de agua principalmente en los niveles de baja complejidad (población menor a 2.500) y en donde las actividades de inspección, vigilancia y control se dan con menor frecuencia.

La metodología propuesta comprende el análisis del cumplimiento en elementos de diseño en cada uno de los componentes, la identificación de riesgos y las posibles medidas a implementar para su prevención y reducción, además reconoce la importancia del papel que cumple la persona prestadora del servicio brindando herramientas básicas y necesarias para dar un adecuado manejo al sistema, de forma que se planifiquen acciones destinadas a una mejora en el servicio de acueducto que abastece gran parte de la zona rural.

1.2. HIPÓTESIS.

La ausencia de metodologías de evaluación y diagnóstico acordes al nivel de complejidad de los acueductos, la poca inversión de recursos económicos en la zona rural y la poca disponibilidad de recursos humanos para realizar actividades de inspección, vigilancia y control son catalogadas como las causas generales de los problemas de infraestructura y potabilización en los acueductos veredales.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El correcto funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua comprende un rol de vital importancia en las comunidades, tener acceso a agua continua y segura es un derecho establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas y en cuanto al tema respecta todos los países del mundo han dictado medidas encaminadas a cumplir con los objetivos propuestos para lograr dar cumplimiento a lo anterior.

Según la OMS ⁽⁴⁾ “los servicios de agua inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud. El agua contaminada está relacionada con la transmisión de enfermedades como el cólera, diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Se calcula que unas 842.000 personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de las manos.”

En Colombia las actividades de inspección, vigilancia y control a los acueductos abastecedores tienen como objetivo principal garantizar agua segura y continua a la población pues es claro que el acceso a agua potable y en suficiente cantidad

evitará problemas de salud pública, proporcionará mayor seguridad en la producción de alimentos y permitirá a los usuarios el cubrimiento satisfactorio de sus necesidades básicas.

Implementar una metodología alterna en la que se evalúen a fondo las causas relacionadas directamente con el mal funcionamiento de los sistemas de acueducto veredal servirá de insumo a entidades a quienes les compete realizar actividades de inspección, vigilancia y control de la calidad del agua y a quienes deben de garantizar el acceso a abastecimientos seguros de agua, logrando que se haga una planeación con base en prioridades que surgen de un diagnóstico actualizado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL.

- Proponer una metodología que permita tener un diagnóstico integral del funcionamiento y operación de los acueductos rurales, como complemento a los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Identificar, cuantificar y reconocer los acueductos rurales del Municipio de Manizales y los usuarios a los que cada acueducto abastece.
- Actualizar mapas de riesgo de microcuencas abastecedoras de los acueductos objeto de estudio.
- Establecer criterios para analizar el estado de los acueductos rurales.
- Analizar cumplimiento de legislación vigente por parte de persona prestadora y entidad competente.

3. METODOLOGÍA.

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS
<p>Identificar, cuantificar y reconocer los acueductos rurales del Municipio de Manizales</p>	<p>Solicitud, recopilación y revisión de la información sobre acueductos rurales que poseen las entidades a quienes compete realizar actividades de inspección, vigilancia y control. (USA, CORPOCALDAS, DIRECCIÓN TERRITORIAL DE SALUD, AGUAS DE MANIZALES)</p>	<p>-Información general de los acueductos. -Resultados de análisis de tomas de muestras de agua a acueductos rurales -CONSOLIDADO IRCA 2015 A 2017</p>
<p>Establecer criterios para analizar el estado de los acueductos rurales.</p>	<p>-Recopilación de lineamientos técnicos generales para el servicio de acueducto. -Análisis de lineamientos que se adaptan a los niveles de acueducto de baja complejidad. -Elaboración de guía metodológica y su respectiva validación mediante visitas de campo a los acueductos rurales objeto de estudio.</p>	
<p>Actualizar mapas de riesgo de microcuencas abastecedoras de los acueductos objeto de estudio.</p>	<p>-Solicitud de información a CORPOCALDAS, DIRECCIÓN TERRITORIAL DE SALUD, UNIDAD DE SANEAMIENTO AMBIENTAL sobre mapas de riesgo existentes. -Visitas en coordinación con Unidad de Saneamiento Ambiental a las microcuencas abastecedoras.</p>	<p>-Mapas de riesgo existentes. -Actividades desarrolladas por parte de CORPOCALDAS para conservación de microcuencas.</p>

Elaboración propia.

4. INSTRUMENTOS LEGALES.

La Constitución Política de Colombia de 1991 mediante el **artículo 365** establece la responsabilidad del estado frente a la prestación eficiente de servicios públicos en el territorio nacional, otorgando como funciones la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios. El **artículo 366** determina como objetivos fundamentales de las actividades del estado la solución de las necesidades insatisfechas de salud, educación, saneamiento ambiental y agua potable; “estipula que, para tales efectos, en los planes y presupuestos de la nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.” Así, el **artículo 367** fija al municipio como entidad administrativa directamente responsable en la prestación de servicios frente a los criterios de cobertura, calidad y financiación. Para el desarrollo de lo anterior el **artículo 370** expone que “corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten”

Siguiendo lo estipulado en la constitución, en el país se reglamenta la **Ley 142 de 1994** que establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, aplica a los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija y telefonía local móvil en el sector rural; esta dicta las competencias de la nación, los departamentos y los municipios en relación a la prestación de dichos servicios. También abarca los derechos de los usuarios y las funciones de los prestadores de servicios públicos. El **Decreto 421 de 2000** “reglamenta el numeral 4 del artículo 15 de la Ley 142 de 1994, en relación con las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas” estableciendo que las comunidades organizadas constituidas como personas jurídicas sin ánimo de lucro podrán prestar dichos servicios.

Por medio de la **Resolución 330 de 2017** (Deroga las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009) se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS que establece los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.

En materia de agua potable el **Decreto 1575 de 2007** establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Por medio de este se definen los

instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua (IRCA, IRABA, Mapa de Riesgo), los procesos de control y vigilancia y a quienes les compete realizar dichas actividades. Seguido a este surge la **Resolución 2115 de 2007** “por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”.

Resolución 4716 de 2010: Por medio de la cual se reglamenta el párrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007 referente a mapas de riesgo. En esta se establecen las condiciones, recursos y obligaciones mínimas que deben cumplir las autoridades sanitaria departamental, distrital y municipal categoría especial, 1, 2 y 3 y ambiental competente, para elaborar los Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

5. MARCO TEÓRICO.

5.1. SISTEMA DE ACUEDUCTO.

Un sistema de acueducto comprende un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales hasta los hogares de los usuarios. ⁽⁵⁾

Los componentes del sistema pueden variar dependiendo de ciertos factores entre los que se encuentra la topografía del terreno, el tipo de fuente a utilizar, la capacidad económica y el tipo de usuarios. La tabla 2 muestra la comparación entre el servicio de acueducto urbano y rural.

Tabla 2 Comparación entre sistemas de acueducto urbanos y rurales.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA URBANO.	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL.
Tiene mayor cantidad de usuarios.	Tiene menor cantidad de usuarios dado a que la densidad poblacional es baja en comparación a la urbana.
El servicio es prestado por empresas públicas que cuentan con personal constante y calificado para su operación y mantenimiento.	Generalmente las labores de operación y mantenimiento son realizadas por un habitante de la zona que no cumple con las certificaciones exigidas por la normativa.
Cuentan con planta potabilizadora de agua que opera de forma adecuada. Siempre se realizan procesos de desinfección.	Pocos acueductos veredales cuentan con planta potabilizadora y las existentes tienen un funcionamiento deficiente. El proceso de desinfección no se lleva a cabo.
El acueducto generalmente cumple con los parámetros de calidad, continuidad y accesibilidad. El IRCA del agua suministrada se encuentra clasificada SIN RIESGO.	La mayor parte de los acueductos veredales no cumplen con los parámetros de calidad, continuidad y accesibilidad. El IRCA del agua suministrada se encuentra clasificada en un nivel de RIESGO MEDIO Y ALTO.

Elaboración propia.

5.1.1. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO.

Generalmente los sistemas de acueducto se componen de los siguientes elementos:

5.1.1.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Los tipos de fuentes de agua pueden ser: agua superficial, agua lluvia y agua subterránea. Actualmente los acueductos veredales se abastecen principalmente de agua superficial y por esta razón se centrará este componente en este tipo de fuente.

Las aguas superficiales proceden en su mayor parte de la lluvia y son una mezcla del agua que corre por el suelo y de la que brota del subsuelo. Están constituidas por

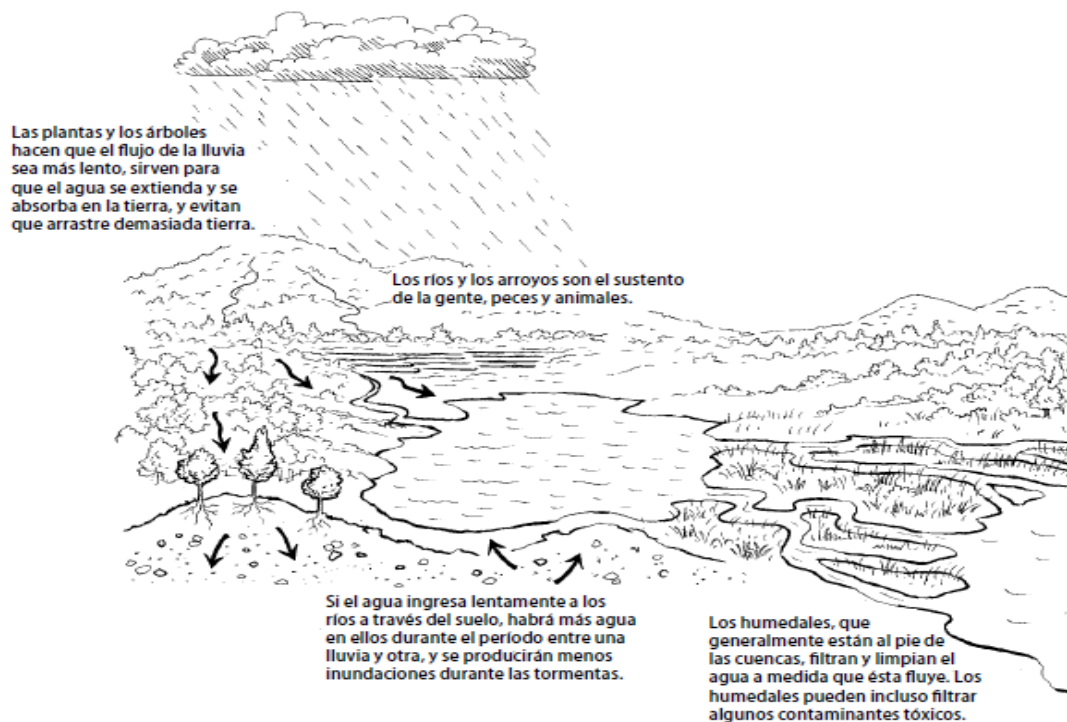
los ríos, lagos y embalses, su volumen depende principalmente de la intensidad de las precipitaciones, clima y vegetación ⁽⁶⁾. La tabla 3 contextualiza sobre las ventajas y desventajas de este tipo de fuente abastecedora.

Tabla 3 Ventajas y desventajas de las fuentes de agua superficial.

Ventajas	Desventajas
Para usarlas no se requieren procesos exploratorios de gran complejidad	Presenta fuertes variaciones en verano respecto al invierno
	La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos, y otros.
	Su captación y distribución representa altos costos.

Fuente: Guía de orientación en Saneamiento Básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades ⁽⁷⁾
Elaboración propia.

Las aguas superficiales conforman áreas geográficas que deben protegerse ambientalmente de modo que se logre la preservación del recurso hídrico pues el estado de las fuentes tendrá gran relación con el acueducto, si esta se encuentra libre de actividades contaminantes se protegerá la calidad de los cuerpos de agua, ver gráfica 3, además de permitir que perduren las plantas y la vida silvestre en sus alrededores. Los cambios grandes y abruptos que ocurren dentro de las microcuencas pueden dar lugar a alteración de la cantidad y calidad del recurso hídrico, problemas de salud pública e incluso grandes pérdidas económicas para la comunidad.



Gráfica 3 Importancia de las cuencas hidrográficas.

Fuente: Guía Comunitaria para la salud ambiental ⁽⁸⁾

La protección de las fuentes es siempre la primera manera de contribuir a la seguridad de este servicio. En efecto, el mayor impacto de las aguas residuales sobre la salud pública sucede a través de los sistemas de abastecimiento de agua, cuyas cuencas están siendo degradadas con descargas que incluyen desechos domésticos, escorrentía superficial de aguas lluvias, excedentes de sistemas de riego y desechos del procesamiento de alimentos y en algunas circunstancias, hasta efluentes de procesos industriales. La contaminación con excretas de humanos y animales contribuye con gran variedad de virus, bacterias, protozoarios y helmintos. Fallas en la protección de las fuentes o en el tratamiento del agua captada, pone a la comunidad en riesgo de sufrir enfermedades transmisibles, particularmente, los niños, ancianos o, en general, la población con deficiencias en su sistema inmunológico ⁽⁹⁾.

5.1.1.2. OBRAS DE CAPTACIÓN.

Nombre que reciben aquellas estructuras que se colocan directamente sobre las fuentes superficiales que se han seleccionado para surtir al acueducto ⁽¹⁰⁾. Los trabajos de bocatoma tienen que incorporar características de diseños estándar que permitan un control adecuado del agua, oportunidad de sedimentación y prevención de futura contaminación ⁽¹¹⁾.

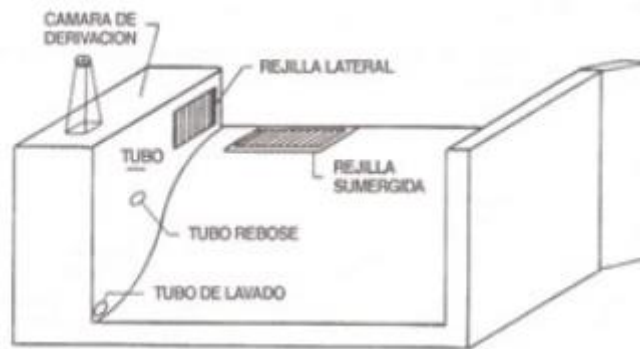
Cuando el agua se capta de una fuente superficial, la obra de captación recibe normalmente el nombre de **Bocatoma**, Según López Herrera ⁽¹⁰⁾ los elementos que generalmente la componen son:

- una presa para almacenar el agua
- una rejilla para ingresar el agua a la presa

- una caja de derivación que sirve para orientar el agua hacia el siguiente elemento del sistema.

El número de posibles formas de diseño de una bocatoma para una fuente es infinito, y está influenciado por factores como, material disponible, caudal de fuente, nivel de creciente, estabilidad del suelo, topografía de la zona, etc. ⁽¹⁰⁾.

El tipo de toma que se usa con mayor frecuencia en los acueductos que abastecen el municipio en el sector rural son las bocatomas de fondo, estas se utilizan en ríos muy pequeños o quebradas, en donde la profundidad del cauce no es muy grande.



Gráfica 4 Bocatoma combinada.

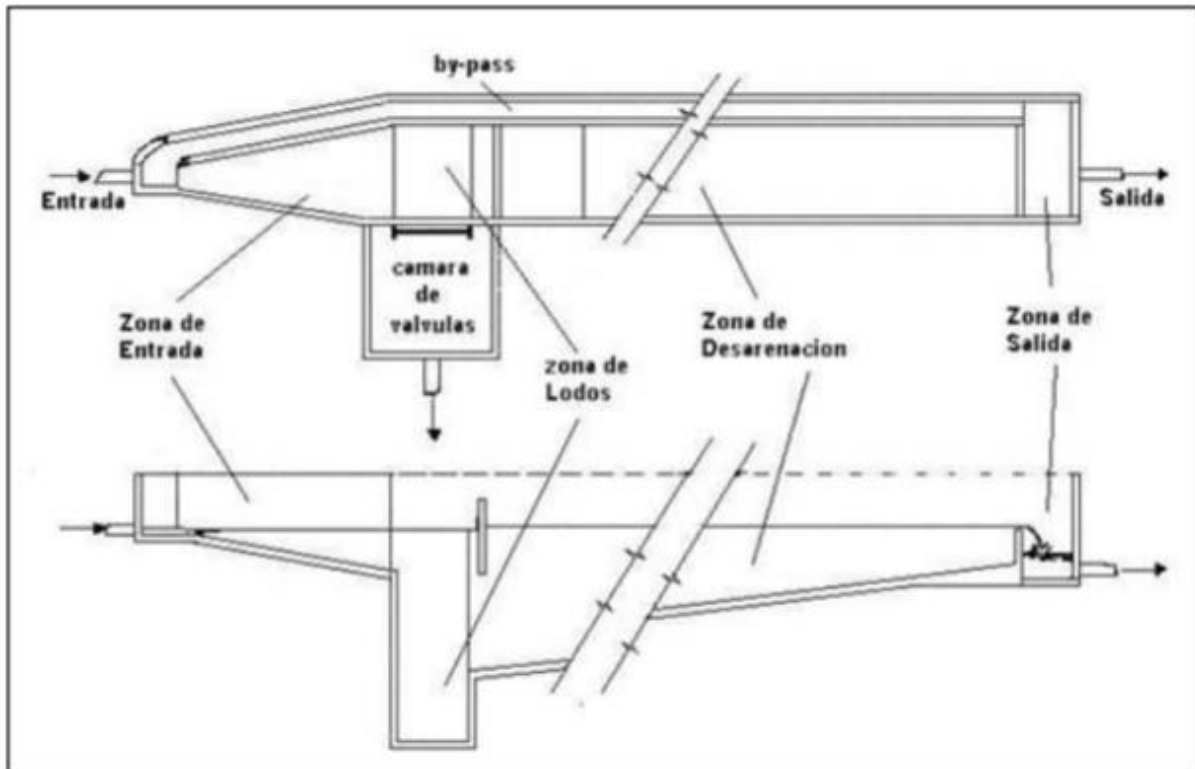
Fuente: SENA ⁽¹²⁾

5.1.1.3. LÍNEA DE ADUCCIÓN.

Se define línea de aducción en un sistema de acueducto al conducto que transporta el agua de la bocatoma, desde la cámara de derivación, hasta el desarenador. Puede ser un canal abierto o un canal cerrado (tubería) ⁽¹⁰⁾.

5.1.1.4. DESARENADORES.

Son estructuras que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite pasar. Normalmente los desarenadores encontrados en acueductos rurales son de tipo convencional. López Herrera ⁽¹⁰⁾ afirma que un desarenador consta de cuatro zonas, ver gráfica 5, y se debe proveer de dispositivos que hagan eficiente el proceso de sedimentación.



Gráfica 5 Componentes de un desarenador.

Fuente: OPS-OMS ⁽¹³⁾

-Zona de entrada: es la cámara donde se disipa la energía del agua que llega con alguna velocidad de la captación. En esta zona se orientan las líneas de corriente mediante un dispositivo denominado **pantalla deflectora**, a fin de eliminar turbulencias en la zona de sedimentación.

-Zona de sedimentación: las características presentes de régimen de flujo permiten la remoción de los sólidos del agua.

-Zona de lodos: recibe y almacena los lodos sedimentados.

-Zona de salida: la cual recoge el agua clarificada mediante un vertedero de salida.

Según López Herrera ⁽¹⁰⁾ los dispositivos necesarios en un desarenador son

-Vertedero de exceso: se coloca generalmente en una de las paredes paralelas a la dirección de entrada del flujo y tiene como función evacuar el caudal de excedente, por continuidad, aumenta el régimen de velocidad en la zona de sedimentación y con ello se disminuye la eficiencia del reactor.

-Pantalla deflectora: este elemento separa la zona de entrada y la zona de sedimentación, en ella se practican ranuras y orificios de acuerdo con el diseño, a través de las cuales el agua pasa con un régimen de velocidades adecuado para que ocurra la sedimentación.

-Cortina para sólidos flotantes: es una vigueta que se coloca en la zona de sedimentación. Su función es producir la precipitación al fondo del desarenador de las

partículas o sólidos como hojas, palos que pueden escapar a la acción desarenadora del reactor.

-Vertedero de salida: El desarenador se provee de un vertedero que separa la zona de sedimentación de la zona de salida.

-Tubería de rebose: para controlar el nivel normal del agua en el reactor.

-Cámara de inspección: que recibe la tubería de rebose y la tubería que evacua los lodos de la zona de lodos.

5.1.1.5. LÍNEA DE CONDUCCIÓN.

Es el componente a través del cual se transporta el agua desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, al tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

5.1.1.6. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP).

Estructuras que en conjunto permiten llevar a cabo procesos destinados a la potabilización del agua antes de ser suministrada a la población.

Según los tipos de procesos, una PTAP puede ser clasificada en: plantas convencionales (o de tipo completo), plantas de filtración en múltiples etapas, plantas de filtración directa, plantas de filtración en línea y plantas compactas ⁽¹²⁾.

5.1.1.7. TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Según López Herrera ⁽¹⁰⁾ los tanques de almacenamiento en un sistema de abastecimiento de agua tienen como funciones:

-Atender las variaciones del consumo de agua, almacenando está en los periodos en los cuales el suministro de agua al tanque es mayor que el consumo, y suministrar parte del caudal almacenado, en los periodos en los cuales el consumo es mayor que el suministro, para suplir así la deficiencia.

-Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia como incendios, o interrupciones por daños en bocatoma, aducción, desarenador o conducción.

Existen diferentes tipos de tanques según el soporte:

-Tanque enterrado: Estos tanques se construyen bajo el nivel del suelo. Se emplean preferentemente cuando existe terreno con una cota adecuada para el funcionamiento de la red de distribución y de fácil excavación. Los tanques enterrados tienen como principal ventaja el proteger el agua de las variaciones de temperatura y una perfecta adaptación al entorno. Tienen el inconveniente de requerir importantes excavaciones tanto para el propio

tanque como para todas sus instalaciones de conexión con la red de distribución y la línea de conducción además la dificultad de control de posibles filtraciones que se presenten ⁽¹⁰⁾.



Gráfica 6 Tanque de almacenamiento enterrado

Figura: Fuente: Servicios Públicos de Florencia (SERVAF) ⁽²⁰⁾

-Tanque semienterrado: Los tanques semienterrados tienen parte de su estructura bajo el nivel del terreno y parte sobre el nivel del terreno. Se emplean generalmente cuando la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente y el terreno presenta dificultad de excavación. Permite un fácil acceso a las instalaciones del propio tanque ⁽¹⁰⁾.

-Tanques elevados: Los dos primeros se proyectan cuando en la proximidad de la localidad se encuentran terrenos con suficiente altura para proyectar el tanque en la superficie. El último se proyecta cuando en las proximidades de la localidad no existen terrenos a suficiente altura que permitan presiones de servicio adecuadas.

5.1.1.8. REDES DE DISTRIBUCIÓN.

Es un conjunto de conductos cerrados a través de los cuales se transporta el agua bajo presión a los diferentes puntos de consumo.

5.2. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO UTILIZADAS CON MAYOR FRECUENCIA EN LAS PTAP VEREDALES.

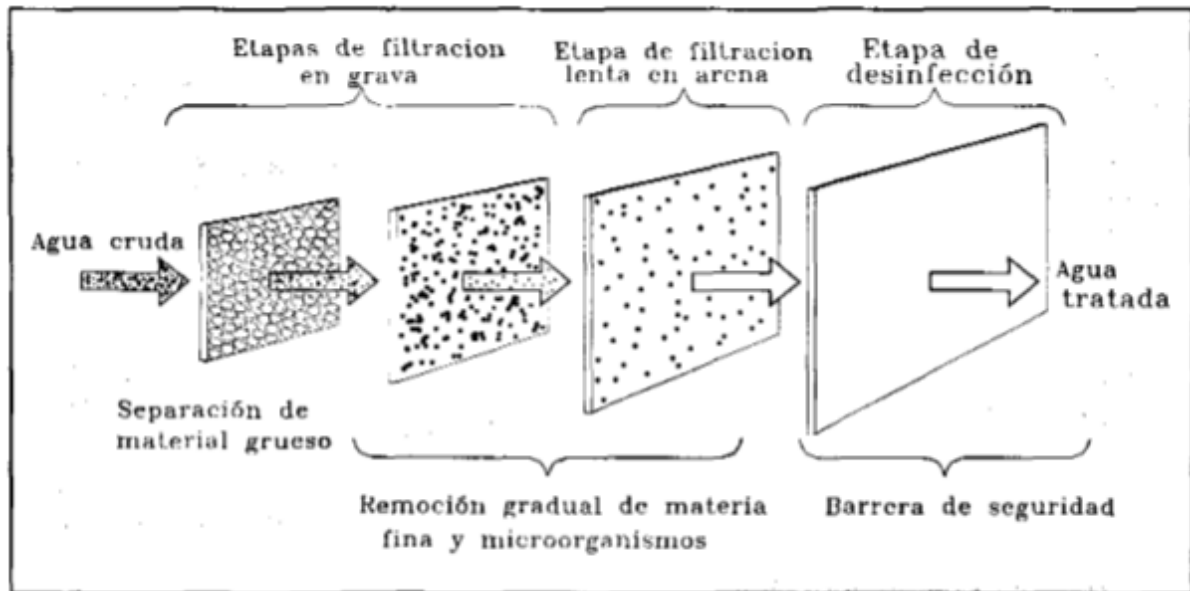
Según datos recopilados de la Unidad de Saneamiento Ambiental: 5 de las PTAP existentes en los acueductos veredales del municipio llevan a cabo procesos de filtración en múltiples etapas, 2 manejan procesos convencionales y una de estas presta el servicio mediante una planta compacta de agua.

Al identificarse que la mayoría de las plantas funcionan con tecnología FiMes, la contextualización se basa principalmente en este tipo de proceso.

5.2.1. FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FiMeS).

La filtración en múltiples etapas es una combinación de dos tipos de pre-tratamiento con filtración en grava y tratamiento con filtración lenta en arena. Estas etapas remueven progresivamente los contaminantes para producir agua de buena calidad. Idealmente, se debe tener agua de bajo nivel de contaminación fecal antes de la etapa final de tratamiento, la cual se convierte entonces en una barrera de seguridad ⁽⁹⁾.

La gráfica 6 ilustra el proceso mencionado.



Gráfica 7 Esquema para ilustrar la aplicación de los conceptos de múltiples etapas, tratamiento integrado y desinfección de seguridad, en el tratamiento de agua.

Fuente: CINARA ⁽⁹⁾

Lo ideal en este tipo de procesos es que primero se separe el material más pesado o de mayor tamaño y gradualmente ir avanzando en la remoción del más pequeño que incluye microorganismos, para finalizar en la desinfección. La FiMeS es una técnica de depuración de aguas superficiales que permite remover organismos patógenos del agua cruda hasta un 99.9% a través de una capa de arena fina que tiene un diámetro de 0.15- 0.30 mm y a una profundidad de 0.5 -1m colocada sobre una camada de grava, que constituye el medio de soporte y de transición ⁽⁹⁾.

En la parte superficial de los filtros de arena se forma una capa biológica sobre el lecho; conteniendo millones de microorganismos encargados de realizar la limpieza biológica, purificando así el agua de consumo. La turbiedad del agua a tratar no debe exceder los 10 NTU ⁽¹⁴⁾.

Después de que el filtro ha estado produciendo agua de buena calidad durante varias semanas o meses, los primeros centímetros del lecho se colmatan debido a la acumulación de material inorgánico y orgánico, incluyendo biomasa, lo cual da origen a una especie de membrana. En ella sucede la gran mayoría del incremento de pérdida de energía hidráulica del lecho de arena durante una carrera de filtración, de tal manera que su raspado permite

recuperar la conductividad hidráulica que tenía el lecho al inicio de la carrera. Esto se hace retirando 1 o 2 cm de la parte superior del medio filtrante. Después de diferentes raspados, cuando se llegue a 50 cm, altura mínima recomendable del lecho de arena, se requiere el rearenamiento, actividad mediante la cual, se repone la arena retirada previamente del filtro, una vez lavada, colocándola debajo de la arena que no se había removido durante los raspados ⁽⁹⁾.

La FLA es una tecnología apropiada para la potabilización del agua en zonas en donde la mano de obra calificada es escasa, costosa y en donde se tiene la disponibilidad de grandes áreas para la instalación de estos sistemas ⁽¹⁵⁾.

Esta tecnología puede estar conformada por dos o tres etapas principales de filtración: filtro grueso dinámico (FGDi), una alternativa de filtración gruesa (FG) y un filtro lento en arena (FLA); las anteriores se aplican dependiendo de los niveles de contaminación en la fuente.

5.2.1.1. Filtración Gruesa Dinámica (GGDi): consiste básicamente de dos o más módulos operados en paralelo con flujo descendente, donde cada unidad es empacada con lechos de grava de tamaños variables en el rango de gruesa en el fondo a fina en la superficie. La grava de menor tamaño origina grandes áreas superficiales dentro del lecho filtrante y por consiguiente, valores bajos de carga superficial, favoreciendo el proceso de sedimentación como mecanismo predominante en la remoción de material sólido ⁽⁹⁾.

5.2.1.2. Filtración Gruesa Ascendente: Los filtros gruesos de flujo ascendente constituyen la segunda etapa de tratamiento, orientada a minimizar el número de partículas gruesas y a disminuir la concentración de las más pequeñas. En este sentido remociones importantes en sólidos suspendidos, al igual que en hierro, manganeso y coliformes fecales han sido registradas. Los sistemas de filtración gruesa ascendente consisten de una o varias unidades que contienen grava en su interior. En sistemas conformados por una sola unidad, Filtración Gruesa Ascendente en Capas (FGAC), ésta es empacada con lechos de grava de diferente tamaño en el rango de gruesa en el fondo, a fina en la superficie. En sistemas con más de una unidad, Filtración Gruesa Ascendente en Serie (FGAS), cada módulo se llena con un tamaño de grava predominante que decrece en el sentido del flujo ⁽⁹⁾.

La tabla 4 da a conocer los criterios de diseño a tener en cuenta para la FGDi y FGA.

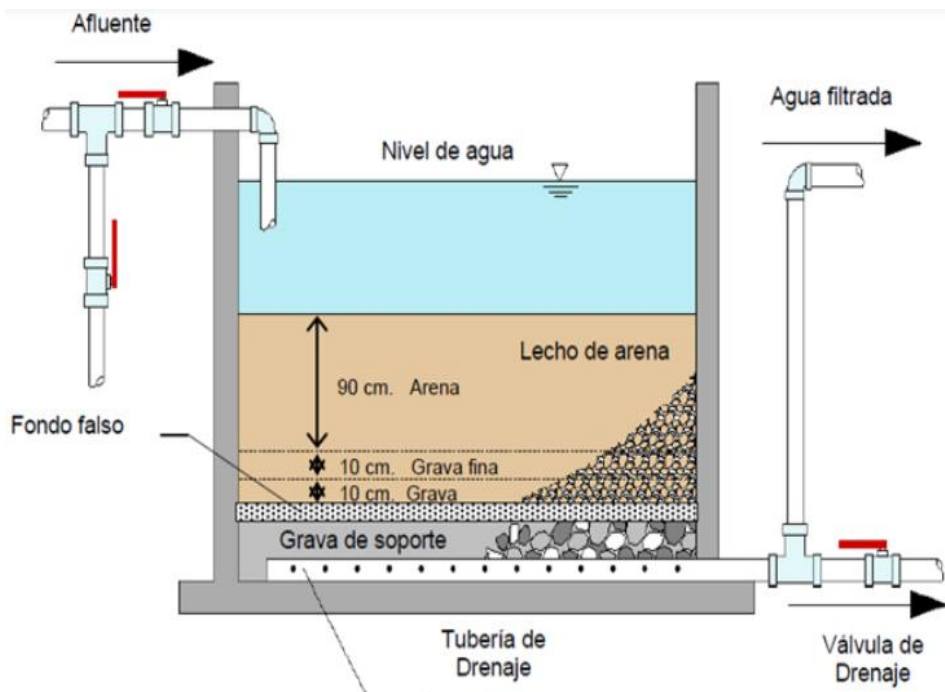
Tabla 4 Criterios de diseño a tener en cuenta para la FGDi y FGA

CRITERIO	VALORES RECOMENDADOS	
	FGDi	FGA
Periodo de diseño (años)	8-12	8-12
Periodo de operación (h/día)	24	24
Velocidad de filtración (m/h)	2-3	0,3 - 0,6
Número mínimo de unidades en paralelo	2	FGAC (1) FGAS (2-3)
Área de filtración por unidad (m ²)	<10	<20

Lecho filtrante		
Longitud (m)	0.6	FGAC (0.6 -0.9) FGAS (1.15 - 2.35)
Altura del vertedero de rebose (m)	0.03 - 0.05	
Lecho de soporte total		
Longitud (m)		0.30 - 1.25
Altura sobrenadante del agua (m)		0.10 - 0.20

Fuente: Elaboración propia a partir de CINARA ⁽⁹⁾

5.2.1.3. Filtración Lenta en Arena (FLA) : El agua a ser tratada por FLA debería tener la mejor calidad posible, con bajos niveles de turbiedad, color, metales pesados, sustancias tóxicas, precursores de trihalometanos, algas y otros residuos químicos, como hierro y manganeso. Dado que el proceso de filtración lenta es de naturaleza física y biológica, podría ser afectado por la temperatura y particularmente por grandes cambios, como puede suceder, de bajas temperaturas a condiciones extremas de calor. Bajas temperaturas tienden a disminuir la actividad biológica del filtro y por consiguiente a disminuir su eficiencia, mientras que temperaturas del agua entre 10 y 20 °C son las más favorables. Temperaturas a 20°C generan excelente tratamiento biológico, por períodos tan largos como lo permita la disminución del oxígeno disuelto ⁽⁹⁾ .



Gráfica 8 Unidad de Filtración Lenta de Arena

Fuente: C.A.S.A ⁽¹⁶⁾

El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. Los criterios de diseño para este tipo de filtración se dan a conocer por medio de la tabla 5.

Tabla 5 Granulometría del lecho filtrante

CRITERIOS DE DISEÑO.	VALORES RECOMENDADOS.
Altura de la arena (m)	
Inicial	1
Mínima	0,5
Diámetro efectivo (mm)	(0,15 - 0,35)
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	<3
Deseable	1,8 - 2
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0,1 - 0,3

*Fuente: OPS ⁽¹⁷⁾
Elaboración propia.*

5.2.1.4. LIMITACIONES Y DESVENTAJAS DEL PROCESO DE FILTRACIÓN LENTA DE ARENA.

Las desventajas que se presentan en esta tecnología son la baja capacidad para la remoción de altos picos de turbiedad presentes en el agua natural (cruda) que pueden ingresar a la planta y la presencia de microorganismos algales ⁽¹⁸⁾.

Según Galvis ⁽¹⁸⁾, las limitaciones de esta tecnología son:

- Altos niveles de turbiedad, o la turbiedad de naturaleza coloidal puede ocasionar dificultades para el tratamiento. Estos factores pueden generar bloqueos prematuros en las unidades FLA (resultando en carreras de filtración menores a un mes) y reducir la eficiencia del tratamiento al cubrir parte de los microorganismos biológicamente activos.
- La mayoría de las algas son retenidas por el FLA, pero bajo ciertas condiciones se puede presentar un crecimiento masivo de algas (floreamiento). Este crecimiento masivo puede provocar que los filtros se colmaten muy rápidamente. El crecimiento de las algas puede producir altas concentraciones de material orgánico soluble y biodegradable en el agua, los cuales, a su vez, crean problemas de sabor y olor, y pueden contribuir al crecimiento microbiano en el sistema de distribución.
- Baja eficiencia en la remoción del color y del carbono orgánico
- En algunas comunidades la única fuente de agua disponible puede estar fuertemente contaminada con microorganismos dañinos y el sistema de filtración lento de arena puede no estar en capacidad de garantizar agua de buena calidad.

En síntesis, la tabla 6 presenta las consideraciones generales sobre la filtración en múltiples etapas.

Tabla 6 Consideraciones generales para la FiMeS

CONSIDERACIÓN	COMENTARIO
Calidad del agua tratada.	Es una excelente alternativa para mejorar la calidad física, química y microbiológica del agua.
Facilidades de construcción.	El diseño es relativamente simple y facilita el uso de materiales y de la mano de obra del lugar. No se requiere un equipo especializado
Costos de construcción.	La construcción con materiales y mano de obra local reduce los costos. Usualmente, no se requieren materiales importados.
Facilidades de operación y mantenimiento	Después de un corto periodo de capacitación, operadores locales, sin alto nivel de escolaridad pueden operar y mantener el sistema
Costos de operación y mantenimiento.	Los costos de operación y mantenimiento y las necesidades de energía eléctrica son menores que en otros sistemas. No requieren productos químicos para coagulación.
Confiabilidad	Riesgo de fallas mecánicas o de problemas asociados con cambios en la calidad del agua cruda, pueden resolverse la mayoría de veces sin interrumpirse el servicio.
Limpieza	El proceso de limpieza es simple aunque laborioso y esto no debe representar un problema mayor en países donde la mano de obra es relativamente barata

Fuente: CINARA ⁽⁹⁾

Elaboración propia.

5.2.2. PROCESO DE DESINFECCIÓN.

En vista de que los procesos de FiMeS plantean la desinfección como una barrera de seguridad antes de distribuirse, se expone la información correspondiente a métodos alternos que podrían usarse en las comunidades rurales.

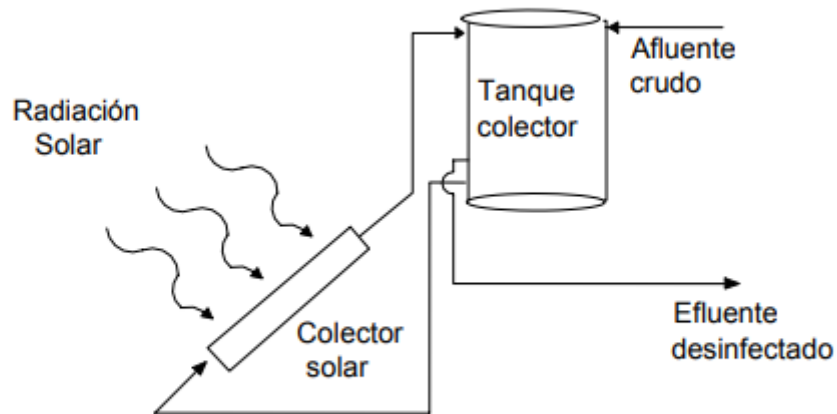
La desinfección es un proceso vital en cualquier sistema de tratamiento de agua. Según Solsona ⁽¹⁹⁾ “Al diseñar un sistema de tratamiento de agua, en especial en el área rural, debe tomarse a la desinfección no como un elemento más, sino como un componente vital del sistema. En muchos casos, quien diseña un sistema de provisión de agua en una pequeña comunidad no solo toma a la ligera la desinfección, sino que hasta prioriza la producción de agua (cantidad), ante la seguridad de la misma (calidad).”

La cloración es el método más común de desinfección, en este el cloro debe de permanecer en contacto durante el agua por un tiempo establecido para así lograr inactivar o eliminar organismos patógenos que pueden implicar riesgos para la salud humana. En la mayoría de los acueductos rurales no se da el proceso de desinfección con cloro, esto obedece a la falta de recursos económicos y a la poca capacitación que se ofrece a las personas encargadas del acueducto sobre el tema.

Para aquellas comunidades de bajos recursos también pueden adaptarse métodos alternos de desinfección, como lo es la desinfección solar.

5.2.2.1. Desinfección solar: es un proceso térmico que consiste en elevar la temperatura del agua por un espacio suficiente de tiempo en contenedores acondicionados para lograr la absorción del calor proveniente de la radiación solar. Estos contenedores pueden ser de diversos materiales conductores del calor; en todos los casos se busca que sean de color negro porque absorben mejor el calor en oposición a los colores claros, que por sus propiedades reflectoras acopian menos calor. El color oscuro permite un aumento acelerado de la temperatura del agua y la conservación del calor por más tiempo. Este método es ideal cuando las condiciones económicas y socioculturales de la comunidad ponen en riesgo la sostenibilidad de otras alternativas de tratamiento y desinfección, como la filtración o el uso de cloro. Para el caso del agua se ha tratado de determinar la relación óptima entre el tiempo y la temperatura para destruir los gérmenes patógenos. Si bien esto no es exacto, se ha tomado como regla que para un agua clara (con turbiedad menor de 5 UTN) se puede asegurar un razonable nivel de seguridad en la desinfección con cualquiera de las siguientes relaciones: 61-65 °C durante 30 minutos o 75 °C durante 15 minutos. Desde un punto de vista eminentemente práctico y operativo estas condiciones se aseguran en zonas soleadas con exposiciones de cuatro a cinco horas en el período de máxima radiación (desde las 11:00 a las 16:00 horas) ⁽¹⁹⁾.

5.2.2.2. Calentadores solares: Está compuesto por un colector que es una caja con marco de aluminio y cubierta de vidrio. El colector contiene tubos de cobre, pintados de negro, soldados a dos tubos cabezales y que almacenan el agua en proceso de calentamiento. Cuando un calentador solar se utiliza con fines de desinfección, la eficiencia depende directamente de la temperatura que alcance para llevar a cabo el proceso de pasteurización. Dado que el agua alcanza su máxima temperatura entre las 14:30 y las 15:30 horas, se recomienda evitar, en lo posible, drenar el tanque antes de esa hora para aumentar así el tiempo de residencia del agua en el equipo ⁽¹⁹⁾. La grafica 8 ilustra el proceso mencionado



Gráfica 9 Esquema de un termosifón para calentamiento de agua

Fuente: Solsona ⁽¹⁹⁾

- 5.2.2.3. Cocinas solares:** Una cocina solar se compone de un par de cajas que pueden ser de cartón o madera, una dentro de la otra, que sirven para atrapar el calor del sol y utilizarlo, en este caso, para calentar el agua. El principio consiste en aprovechar el calor que llega del sol por radiación y atraparlo en el interior de la caja pequeña, ver gráfica 9, se evita que salga por medio de una cubierta transparente, que generalmente es de vidrio. Este calor es transferido por conducción a través de las ollas de metal hacia el agua contenida ⁽¹⁹⁾.



Gráfica 10 Cocina solar

Fuente: Solsona ⁽¹⁹⁾

- 5.2.2.4. Concentradores solares:** son un tipo de calentador solar. Al igual que una lente cóncava que recibe los rayos de luz y los concentra en un punto (el foco), estas cocinas concentran los rayos del sol en un punto en donde se coloca una pequeña plataforma para asentar allí la olla o recipiente que se quiere calentar,

ver gráfica 10. El diámetro típico de estos concentradores es igual o mayor que 0,80 m y pueden estar hechos de cartón recubierto de papel de aluminio o de otros materiales ⁽¹⁹⁾.



Gráfica 11 Concentradores solares.

Fuente: Solsona ⁽¹⁹⁾

5.2.2.5. Desinfección en botellas y recipientes pequeños: La técnica consiste en exponer el agua a desinfectar en botellas de plástico, como las que se usan para las bebidas gaseosas las que pueden estar o no, pintadas de negro. La pintura puede ser total o solo en la parte inferior de las mismas. Los suizos han realizado pruebas con una serie de recipientes, desde bolsas plástico hasta bidones de boca estrecha (para evitar que las manos entren en contacto con el agua desinfectada) y si bien han obtenido excelentes resultados desde un punto de vista práctico y económico. Este método es usado principalmente para pequeños volúmenes de agua ⁽¹⁹⁾.



Gráfica 12 Desinfección en botellas

Fuente: Solsona ⁽¹⁹⁾

5.2.2.6. REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS EQUIPOS PARA DESINFECCIÓN SOLAR.

Los requerimientos de instalación y las ventajas de cada equipo se exponen por medio de la tabla 7.

Tabla 7 Requerimientos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos para desinfección solar.

EQUIPO	REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Calentadores solares	Únicamente se requiere que el tanque colector del agua caliente se eleve aproximadamente 60 cm por arriba del punto más alto del colector. No requiere de una presión determinada para su funcionamiento ya que es suficiente que el tanque de alimentación del agua se coloque junto al colector, el que debe de colocarse con una inclinación aproximada a la de la latitud del lugar y orientado hacia el sol	La operación es simple, solo debe de abrirse la llave de paso durante el día y cerrarse durante la noche. El mantenimiento se limita a mantener la cubierta del colector libre de toda suciedad, ya que la misma reduce la misma cantidad de radiación que llega al colector. La frecuencia de limpieza dependerá del grado de contaminación atmosférica.
Cocinas y concentradores solares	No requieren de cuidados mayores en la instalación dado a que puede realizarse en cualquier parte. Es conveniente que antes de adoptar este método se realicen algunas pruebas tomando la temperatura del agua después de 4 a 5 horas. Si el promedio de T es en todos los casos mayor a 60° , el agua podrá consumirse . Los concentradores si están bien contruidos deben desinfectar por ebullición más que por pasteurización.	La operación de este equipo consiste en colocar la olla o cacerola en el interior de la estufa solar y dirigir los rayos solares al interior de la caja mediante el reflector. Su mantenimiento consiste básicamente en mantener limpio el interior, el vidrio, y los reflectores. Para mantener limpia el agua es conveniente dejarla en el mismo recipiente cubierto con su tapa hasta que se vaya a usar.
Destiladores Solares	No hay requerimientos para estos destiladores, que son simples y sin partes móviles. Debe evitarse que haya animales cercanos o que estos tengan acceso a los equipos.	La operación en este sistema consiste en alimentar al destilador con el agua a ser tratada. Esto puede hacerse de manera continua o discreta. La forma de operación discreta o por tandas es práctica para un sistema rural familiar. El destilador común de caseta produce en días soleados entre 3 y 5 L/día *m2. Esto equivale a una disminución en la profundidad del destilando de 0,3 a 0.5cm/día, lo que implica que la alimentación puede ser una vez al día . El agua deberá consumirse o desecharse en las 24 horas siguientes.

Botellas y recipientes	En cuanto a la turbiedad la aplicación requiere agua limpia con muy baja turbiedad. De no ser así deberá filtrarse el agua por un filtro casero de arena o tela muy fina. Las botellas se pueden colocar sobre una superficie reflectiva de aluminio, no se recomienda el uso de botellas de gaseosas coloreadas.	Para purificar el agua contenida la botella debe de estar limpia; el agua desinfectada debe mantenerse en el mismo envase o en otro envase con tapa en algún lugar fresco.
-------------------------------	---	--

Fuente: Elaboración propia a partir de Solsona ⁽¹⁹⁾.

Además de profundizar un poco en el tema de operación y mantenimiento, también es necesario conocer las ventajas y desventajas que presenta cada equipo; con el fin de poder escoger el adecuado para cada comunidad. La tabla 8 expone lo mencionado.

Tabla 8 Ventajas y desventajas de equipos para desinfección solar.

EQUIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Calentadores solares	No dependen de energía convencional, cuyo costo se incrementa con la creciente demanda. Evitan el uso de sustancias químicas tóxicas. Requieren equipo relativamente sencillo y de bajo costo que se recupera rápidamente y proporciona agua potable durante muchos años. Su uso no deteriora el ambiente.	No puede utilizarse en días nublados o lluviosos. No proporcionan protección residual.
Cocinas y concentradores solares	No consumen leña por lo que ayudan a evitar la deforestación y la erosión en las zonas rurales. Se ha calculado que para llevar a punto de ebullición un litro de agua se necesita aproximadamente 1 Kilo de leña. No consumen combustibles fósiles. Esto es especialmente útil en zonas rurales donde el suministro de gas resulta problemático. No emiten humo como los fogones abiertos que causan enfermedades respiratorias.	Son dos veces más lentas que una estufa convencional. No puede utilizarse en días nublados o lluviosos. No proporcionan protección residual.
Botellas y recipientes	Sumamente sencillos y económicos. Fácilmente aceptables por la comunidad	No proporcionan protección residual. Requieren agua limpia. No pueden usarse para tratar grandes volúmenes de agua.

Fuente: Solsona ⁽¹⁹⁾.

5.3. CONSIDERACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Teniendo como referencia principal el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico; se establecen algunos parámetros básicos que deben de cumplirse para que los componentes del sistema de acueducto cumplan efectivamente la función para la cual fueron diseñados.

De manera general, se exponen los periodos de diseño y el caudal de diseño establecido por el RAS para cada uno de los componentes del sistema de acueducto, ver tabla 9.

Tabla 9 Periodo y caudal de diseño de componentes del sistema de acueducto

COMPONENTE	PERIODO DE DISEÑO	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	25 años	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	25 años	QMD
Desarenador	25 años	QMD
Aducción	25 años	QMD
Conducción	25 años	QMD
Tanque de almacenamiento	25 años	QMD
Red de distribución.	25 años	QMH

Fuente: Elaboración propia a partir de RAS ⁽²¹⁾

La tabla 10 expone las consideraciones técnicas generales para las obras de captación.

Tabla 10 Consideraciones técnicas generales para las obras de captación.

LINEAMIENTO.	REFERENTE.
Las obras de captación deben localizarse en zonas con accesos fáciles que permitan las operaciones de reparación, limpieza y mantenimiento.	RAS- ART 53
La zona de la bocatoma debe de disponer de los medios de protección y cercado para evitar la entrada de personas no autorizadas y/o animales.	RAS- ART 53
Deben diseñarse los dispositivos de rejilla y cribado necesarios para evitar el ingreso de objetos gruesos, así como pantallas para evitar el ingreso de material flotante.	RAS- ART 53
Toda captación deberá contar con los elementos de control necesarios para	RAS- ART 53

devolver los excesos de agua captados al cauce de la fuente y evitar de esta forma el ingreso de caudales mayores al de diseño al sistema de aducción.	
--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de RAS ⁽²¹⁾

La tabla 11 expone las consideraciones técnicas generales para las líneas de aducción.

Tabla 11 Consideraciones técnicas generales para las líneas de aducción.

LINEAMIENTO.	REFERENTE
El trazado de la línea que va de la captación hasta la red de distribución debe de ser lo más corto posible, evitando zonas de deslizamiento e inundaciones.	RAS- ART 56
Siempre que se ponga en servicio una tubería nueva o se hagan trabajos de reparación o mantenimiento de tramos existentes, estas deberán ser desinfectadas	RAS

Fuente: Elaboración propia a partir de RAS ⁽²¹⁾

La tabla 12 expone las consideraciones técnicas generales para el desarenador.

Tabla 12 Consideraciones técnicas generales para el desarenador

LINEAMIENTO.	REFERENTE.
El desarenador debe prever la eliminación de partículas con un diámetro mínimo de 0,1 m	RAS
Se debe ubicar lo más cerca posible al sitio de captación.	RAS - ART 55
Tendrá un dispositivo de rebose mediante un vertedero lateral, situado cerca a la entrada del desarenador	RAS - ART 55
Debe de contar con cerramiento que evite el ingreso de personas no autorizadas o animales.	RAS - ART 55
La velocidad horizontal no debe ser inferior a 0,25m/s	RAS - ART 55
El tiempo de retención de las partículas muy finas no debe ser menor de 20 minutos.	RAS - ART 55
La unidad debe tener un sistema de paso directo con la capacidad para operar el	RAS - ART 55

caudal de diseño cuando la estructura esté en limpieza; además deberá contar con los respectivos descoles a las fuentes receptoras de los caudales de exceso y del producto del desarenado	
En el caso de los desarenadores operados manualmente, la persona prestadora del servicio debe verificar mensualmente la eficiencia del proceso de remoción y disposición de los sedimentos retenidos por el desarenador.	RAS

Fuente: Elaboración propia a partir de RAS ⁽²¹⁾

La tabla 13 expone las consideraciones técnicas generales para la PTAP

Tabla 13 Consideraciones técnicas generales para la planta de tratamiento de agua.

LINEAMIENTO.	REFERENTE.
El terreno de ubicación de la PTAP debe tener un buen drenaje para garantizar la evacuación de agua de lavado de las unidades de tratamiento.	RAS
La vía de ingreso debe permitir el acceso y circulación de automóviles, camiones de carga, equipos de mantenimiento.	RAS
Deberá contemplarse una franja circundante a las estructuras que aseguren un aislamiento mínimo respecto a las zonas residenciales o áreas destinadas a algún tipo de actividad económica.	RAS
Los aspectos mínimos de calidad de agua y operación que se deben medir en la entrada y salida de la totalidad de unidades de la PTAP son: medición de caudal, conductividad, PH, turbiedad, color temperatura	RAS- ART 73
Las unidades de tratamiento deben ser diseñados para periodos de operación de 24 horas, siendo 2 el número mínimo de unidades en paralelo y así alternarlas cada vez que se requiera realizar mantenimiento.	RAS
Filtro lento de arena. El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio.	OPS

Tabla 5. Granulometría del lecho filtrante.	
Criterios de Diseño	Valores Recomendados
Altura de arena (m)	
Inicial	1.00
Mínima	0.50
Diámetro efectivo (mm)	0.15 - 0.35
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 3
Deseable	1.8 - 2.0
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.1 - 0.3

La velocidad de filtración varía entre los 0.1 y 0.2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda

La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m.

Se recomienda una altura de agua sobrenadante de 1.0 a 1.5 m. y un borde libre entre los 0.2 y 0.3 m.

Se deberá incluir la desinfección como elemento del tren de tratamiento en todos los sistemas de potabilización. Para la desinfección por cloración debe emplearse tanque de contacto, con el fin de proporcionar un tiempo mínimo de contacto de 20 minutos, que garantice la desinfección del agua .

RAS

Fuente: Elaboración propia a partir de RAS ⁽²¹⁾

La tabla 14 expone las consideraciones técnicas generales para la línea de conducción.

Tabla 14 Consideraciones técnicas generales para la línea de conducción.

LINEAMIENTO	REFERENTE
Antes de que el agua entre por la conducción debe de haber pasado por estructuras complementarias necesarias para el buen funcionamiento de la línea de conducción , tales como desarenadores, rompecargas, purgas, etc	Corcho Romero.

Fuente: Elaboración propia a partir de Corcho Romero ⁽²²⁾

La tabla 15 expone las consideraciones técnicas generales para el tanque de almacenamiento.

Tabla 15 Consideraciones técnicas generales para los tanques de almacenamiento.

LINEAMIENTO.	REFERENTE
---------------------	------------------

La tubería de lavado debe de ser de un diámetro que facilite el vaciado del tanque en un periodo comprendido entre 2 y 4 horas.	RAS
La limpieza de los tanques debe de realizarse por lo menos una vez cada 6 meses.	RAS

Fuente: Elaboración propia a partir de RAS ⁽²¹⁾

5.4. CONDICIONES PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE.

Los sistemas de abastecimiento de agua deben de cumplir con cada uno de los siguientes indicadores:

5.4.1. COBERTURA: Significa que el agua debe de llegar a todas las personas sin restricciones. La cobertura puede expresarse como la relación entre las viviendas que cuentan con el servicio y el número de viviendas existentes.

5.4.2. CANTIDAD: Cada habitante debe de contar con la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer sus necesidades básicas. El agua suministrada debe ser suficiente para beber, cocinar y aseo, tanto personal como de la vivienda. El RAS establece la dotación neta por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida, ver tabla 16.

Tabla 16 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/Hab *día)
> 2000 msnm	120
1000 - 2000 msnm	130
< 1000 msnm	140

*Fuente: RAS ⁽²¹⁾
Elaboración propia.*

5.4.3. CALIDAD: El agua que se entrega a los usuarios no debe contener sustancias que afecten la salud de los consumidores, es decir, debe ser agua potable y por ende cumplir con los parámetros establecidos en la Res 2115 de 2007. Por medio de la tabla 17 se presentan algunos de estos:

Tabla 17 Valores máximos aceptables para características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo humano

Características	Valor máximo aceptable	Expresadas como
-----------------	------------------------	-----------------

PH	6,5 – 9	Unidades de Ph
E. Coli	0	UFC/100ml
Coliformes totales	0	UFC/100ml
Calcio	60	Ca mg/L
Alcalinidad total	200	CaCO3 mg/L
Fosfatos	0,5	PO43- mg/L
Antimonio	0,02	Sb mg/L

Fuente: Elaboración propia a partir de Resolución 2115 de 2007 ⁽²³⁾.

5.4.4. CONTINUIDAD: El diseño de las componentes de tratamiento o de distribución, debe permitir, al menos, actividades normales de operación y mantenimiento, sin suspender la prestación del servicio. Sin embargo, en localidades donde el agua no pueda ser suministrada continuamente, se deben reducir en lo posible los riesgos de recontaminación en la distribución, especificar horarios para el suministro de agua e informar oportunamente a la comunidad sobre las medidas preventivas correspondientes.

De esta manera, el agua debe de llegar a los usuarios de forma continua y permanente (24 horas). La resolución 0082 de 2009 establece que la continuidad del servicio entre 0 - 10 HORAS/DÍA se considera INSUFICIENTE, entre 10.1 - 18 HORAS/DÍA NO es SATISFACTORIO, entre 18.1 - 23 HORAS/DÍA es SUFICIENTE y entre 23.1 - 24 HORAS/DÍA es CONTINUO.

5.4.5. EQUIDAD: Es el pago proporcional al servicio prestado y a las capacidades económicas de los usuarios. Este costo ha de incluir los servicios de tratamiento, mantenimiento, y la reparación de las instalaciones. La baja recaudación impide expandir el servicio a áreas no atendidas y limita los gastos anteriormente nombrados.

5.5. MORBILIDAD Y MORTALIDAD ASOCIADA A LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE MANIZALES.

En aquellas zonas urbanas del municipio donde el acceso al agua potable es deficiente, el agua es reconocida como vehículo de dispersión de enfermedades que afecta principalmente a los menores de 5 años. Según la OMS (2002), a nivel mundial, se le atribuye al agua, saneamiento e higiene 3.1% de las muertes (1.7 millones) y 3,7% de los AVAD (54.2 millones de años).

El agua no apta para el consumo humano y el saneamiento básico insuficiente, son las principales causas de enfermedades como la diarrea, la filariasis linfática, la esquistosomiasis, el tracoma, infección por nemátodos intestinales, entre otras enfermedades, cada una con una contribución causal del medio ambiente mayor al 25.63%. Así mismo, se le atribuye a este factor el 94.65% de carga de morbilidad por diarrea.⁽²⁵⁾

Para el municipio de Manizales se presentan los siguientes eventos registrados que pueden encontrarse asociados a la calidad del agua y al saneamiento básico, ver tabla 18.

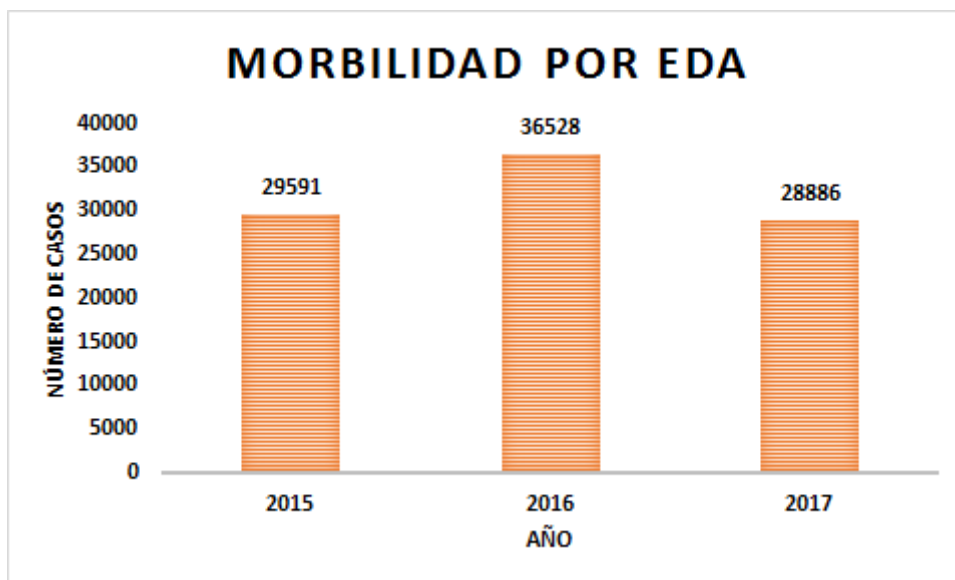
Tabla 18 Ocurrencia de enfermedades asociadas a la calidad del agua

EVENTO	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Hepatitis A	25 (41% Zona rural)	3	1
Fiebre Tifoidea	0	0	1
Leptospirosis	1	0	0

Fuente: Unidad de Epidemiología – Secretaría de Salud Pública de Manizales

De los casos registrados de Hepatitis A el 69% corresponden a habitantes del área rural y el 41% de estos se presenta en menores de edad. El caso reportado de Fiebre Tifoidea procede del área urbana del Municipio.

El comportamiento de morbilidad por EDA en todos los grupos de edad presenta un aumento significativo de 6937 casos para el año 2016 en relación al 2015, de igual forma para el año 2017 se evidencia una disminución del número de casos (7642), ver gráfica 13 . Esta morbilidad además de asociarse con la calidad del agua que abastece a la población se relaciona también a carentes condiciones de saneamiento básico. Cabe resaltar que la notificación por este evento se hace por grupos de edad, así que no permite identificar si los casos reportados proceden del área rural o urbana. En Manizales el grupo de edad entre 1 y 5 años presentan el 22% de los casos de EDA.



Gráfica 13 Morbilidad por EDA

Fuente: Unidad de Epidemiología -Secretaría de Salud Pública

Con respecto al año 2018 se presenta la morbilidad por EDA resultante que abarca hasta el mes de Mayo, en comparación con el mismo periodo al año anterior se identifica un aumento en las consultas por esta causa (ver tabla 20); según el boletín epidemiológico de Diciembre de 2017; el 54,6% de los casos se ha presentado en el sexo femenino. Se resalta que, a la fecha, en la ciudad no se registra ninguna mortalidad por esta causa.

Tabla 19 Morbilidad por EDA (Periodo mayo 2016-2018)

AÑO 2016 (MAYO)	AÑO 2017 (MAYO)	AÑO 2018 (MAYO)
17561	11651	16046

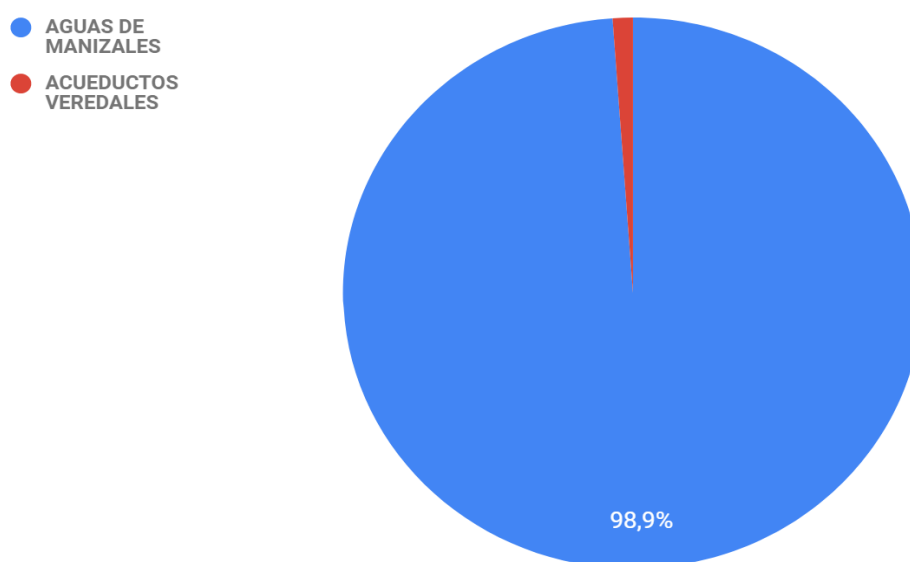
Fuente: Unidad de epidemiología, Secretaría de Salud Pública de Manizales ⁽²⁶⁾.

La enfermedad diarreica aguda puede ser causada por diferentes agentes etiológicos entre ellos se encuentran, rotavirus, Escherichia Coli, Campylobacter, Shigella SP, Salmonella, entre otros, la mayoría de estos agentes se adquieren a través del consumo de agua o alimentos contaminados; el período de incubación es variable, al igual que el periodo de transmisión, por lo cual es necesario que las instituciones de salud continúen realizando vigilancia de estos eventos y efectúen coprocultivo de las heces, con el fin de buscar la causa de la enfermedad y brindar el tratamiento oportuno. En relación a lo anterior, las estrategias información, educación y comunicación son de gran importancia para empoderar a las comunidades sobre métodos de prevención y control de la EDA. ⁽²⁶⁾

6. RESULTADOS.

6.1. IDENTIFICAR, CUANTIFICAR Y RECONOCER LOS ACUEDUCTOS RURALES DEL MUNICIPIO DE MANIZALES Y LOS USUARIOS A LOS QUE CADA ACUEDUCTO ABASTECE.

Principalmente el municipio se abastece de agua para consumo humano a través de la red de la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P. A febrero del año 2018 contaba con un total de 109.133 suscriptores de acueducto ⁽²⁸⁾ que representan el 98,9% de conexiones totales en Manizales, ver grafica 15.



Gráfica 14 % de cobertura por aguas de Manizales y acueductos veredales.

Elaboración propia.

En aquellas zonas del municipio donde el agua no es distribuida por empresas de servicios públicos, se implementan acueductos veredales que se encargan de abastecer la zona. Para el año 2017, los acueductos veredales llegaron a abastecer a 1241 viviendas del municipio de Manizales, que corresponden aproximadamente al 75% de las existentes en la zona rural.

La tabla 20 recopila la información correspondiente al % de cobertura por acueducto veredal.

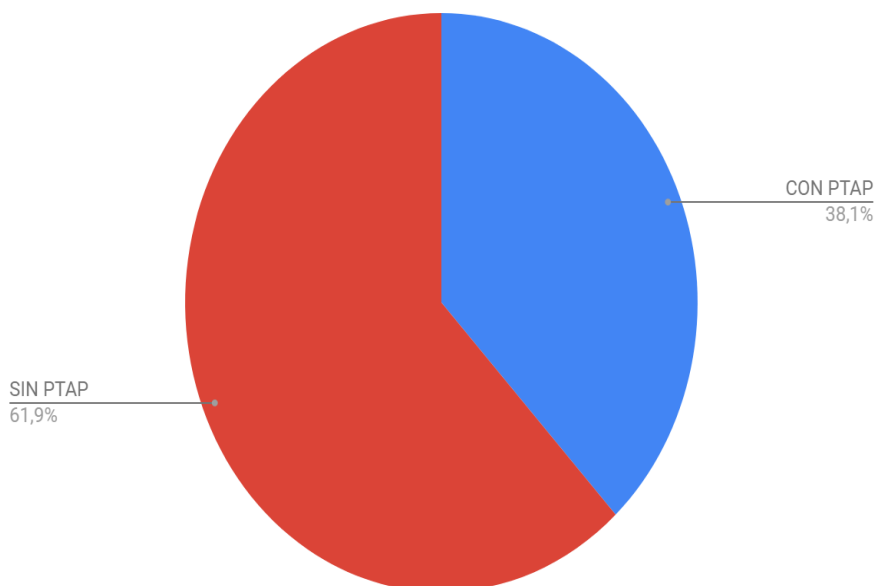
Tabla 20 Acueductos veredales del Municipio de Manizales (año base 2017)

Prestador	Número de conexiones por persona prestadora.	% de cobertura según el número de viviendas totales de la vereda.
-----------	--	---

Acueducto pueblo Hondo	64	97%
Acueducto Maracas	16	100%
Acueducto La estrella	60	98%
Acueducto El Águila	48	95%
Acueducto Alto Bonito	61	95%
Acueducto Espartillal	24	100%
Acueducto Alto del Guamo	46	98%
Acueducto Bajo Corinto	58	100%
Acueducto Malteria	175	100%
Acueducto Buena vista	100	100%
Acueducto La Trinidad	47	100%
Acueducto Java	28	41%
Acueducto Tarro Liso	27	93%
Acueducto La Cristalina	162	100%
Acueducto San Gabriel	14	88,20%
Acueducto Mina Rica	34	69%
Acueducto Empocaldas km 41	356	100% Abastecido por Empocaldas
Acueducto Patio Bonito	23	89%
Acueducto Malpaso	36	74,28%
Acueducto La Cabaña	349	48,30%
Acueducto La China	28	29,50%

Fuente: Elaboración propia a partir de Unidad de Saneamiento Ambiental.

Entre los acueductos mencionados se encuentran 8 que cuentan con PTAP ,y corresponden a : La Cristalina, Pueblo Hondo, Maracas, Bajo Corinto, Alto del Guamo, Alto Bonito, Tarro Liso y Buena Vista. Estos en conjunto tienen alrededor de 645 conexiones que distribuyen el agua a las diferentes zonas rurales del municipio.



Gráfica 15 Porcentaje de acueductos veredales con PTAP

Elaboración propia a partir de Unidad de Saneamiento Ambiental.

El análisis del servicio de acueducto se centra principalmente en aquellos sistemas de abastecimiento de agua que cuentan con PTAP; lo anterior está ligado a identificar si estos acueductos por contar con infraestructura diseñada para la potabilización del agua cumplen con la función de distribuir agua potable o si por el contrario se encuentran en igualdad de condiciones sanitarias que aquellos que no cuentan con PTAP.

6.2. ACTUALIZAR MAPA DE RIESGO DE MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE LOS ACUEDUCTOS OBJETO DE ESTUDIO.

Con el fin de incluir aquellos factores que pueden incidir en el suministro de agua potable; se contextualiza sobre la situación actual de las microcuencas abastecedoras de estos acueductos con base a la información recopilada por los mapas de riesgo realizados por la Unidad de Saneamiento Ambiental.

Conocer el estado de las fuentes de captación es de vital importancia cuando se desea tener una visión general del panorama de riesgos existentes en cuanto al suministro de agua para consumo humano; ya que esto permite detectar las amenazas que se presentan, al igual que la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesta la cuenca y por ende la población.

La tabla 21 permite visualizar lo más relevante en cuanto al estado de las microcuencas de los acueductos.

Tabla 21 Información de microcuencas abastecedoras.

ACUEDUCTO.	MICROCUENCA.	OBSERVACIONES.
-------------------	---------------------	-----------------------

Malteria	Quebrada La Unión-Cimitarra	Se presentan procesos erosivos en la parte alta de la cuenca además de presencia de minas extractoras de oro por ende los riesgos potenciales son por contaminación química de los residuos de las minas y biológica por las heces del ganado que llega libremente a la orilla de la quebrada.
Alto Bonito	Quebrada El Guásimo	Presenta amenaza por procesos erosivos y posibles deslizamientos en la parte alta de la microcuenca, la presencia de actividad ganadera en la cabecera de la fuente abastecedora genera riesgos por contaminación de microorganismos presentes en las heces de los bovinos, las prácticas agrícolas generan riesgos por contaminación química
Buenavista	Quebrada El Zancudo	La Quebrada el Zancudo nace dentro de la zona de protección de Rio Blanco cubierta de bosque natural primario, existe bajo riesgo de contaminación de las fuentes abastecedoras por microorganismos o desechos orgánicos de animales. Se presenta alto riesgo por la disposición inadecuada de los desechos de comida dejados por las personas que acampan cerca del cauce.
Alto del Guamo	Quebrada San Isidro	La fuente abastecedora surge en predios de la reforestadora El Guásimo, la margen derecha es bosque nativo y la margen izquierda tiene establecido cultivo de pino; esta actividad forestal reduce la cantidad de agua disponible por sequía de los afloramientos dentro del lote de cultivo.
Tarroliso	Quebrada La Samaria y San Miguel.	Las fuentes que abastecen el acueducto de la vereda provienen afloramientos dentro de las fincas dedicadas al cultivo de café tecnificado. El mayor riesgo existente surge desde el establecimiento en la finca La Zulia en donde un cultivo de tomate ha disminuido el caudal por la construcción de una represa para el riego , además del riesgo de contaminación por químicos que son necesarios para el sostenimiento del cultivo.

La Garrucha	La Gregorita	Los procesos erosivos causados por el sobrepastoreo y la tala de bosques para aumentar los potreros generan riesgos de disminución del caudal y contaminación por las heces del ganado. La franja amarilla instalada fue retirada por uno de los propietarios del sector.
--------------------	---------------------	---

Fuente: Elaboración propia a partir de Unidad de Saneamiento Ambiental

Por ende se identifican que las principales actividades que producen riesgos en las microcuencas abastecedoras son:

- Inadecuado manejo de aguas residuales domésticas que puede dar paso a la contaminación química, y microbiológica por heces fecales.
- Actividades agropecuarias como el cultivo de tomate, café, plátano que además de producir deforestación en las zonas aledañas de los afloramientos, incide en la disminución del caudal por necesidad de abastecer procesos de riego. Sin omitir que el uso de agroquímicos para el sostenimiento de estos cultivos es una actividad que impacta en la calidad del agua; principalmente en sus características químicas.
- Ganadería extensiva y sobrepastoreo que expone al suelo a agentes erosivos por disminución de la cubierta vegetal y a la remoción del suelo por el pisoteo, favoreciendo la erosión hídrica si el lugar tiene pendiente. El sobrepastoreo facilita la desprotección de las cabeceras de cuenca.
- Poco interés de la comunidad por proteger y conservar el recurso; evidenciado por el incumplimiento en las medidas de seguridad (franja amarilla) dejando expuesta la fuente a todo tipo de riesgo.
- Actividades de origen natural (predominan deslizamientos) que son causa de contaminación física en el agua.

Por lo anterior se considera importante que la autoridad ambiental y la autoridad sanitaria creen alianzas interinstitucionales que logren permitir la implementación de actividades estratégicas en busca de reducir los riesgos que actualmente impactan negativamente sobre las fuentes abastecedoras de los acueductos veredales. De igual forma es necesario que los 2 entes identificados por la normativa como responsables de realizar los mapas de riesgo, tengan un trabajo articulado con el fin de dar cumplimiento a las actividades establecidas en la Resolución 4716 de 2010.

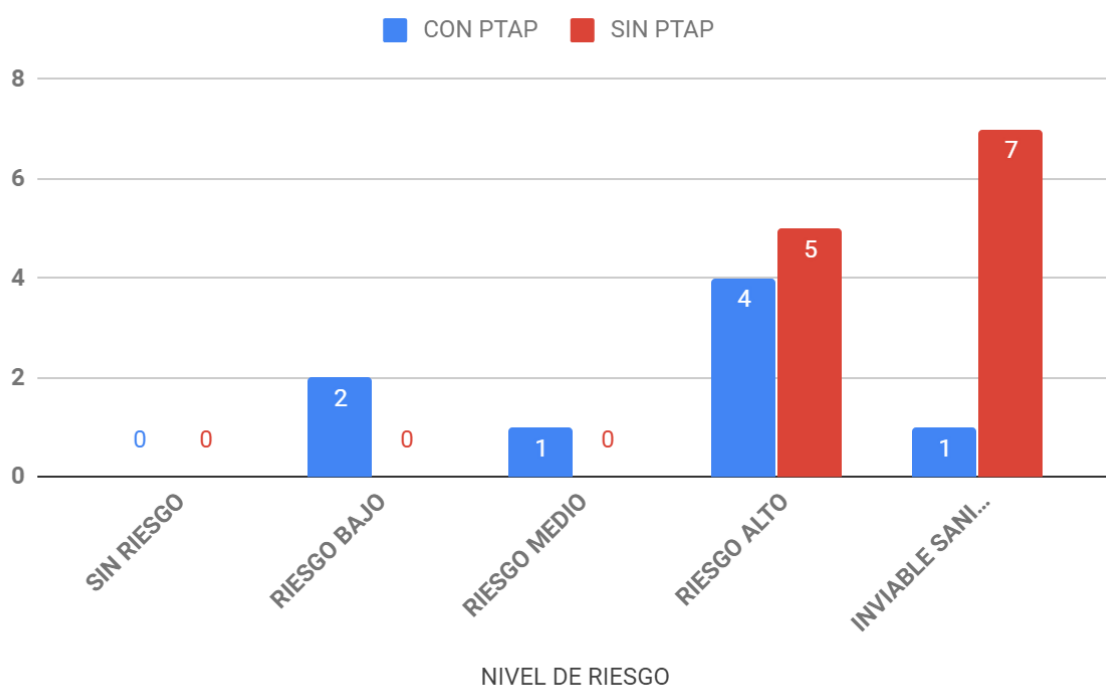
6.3. ESTABLECER Y ANALIZAR CRITERIOS EXISTENTES QUE PERMITAN CONOCER EL ESTADO DE LOS ACUEDUCTOS RURALES.

Partiendo de la información obtenida para la certificación municipal en el año 2017, se analizan los resultados de la evaluación de los instrumentos para garantizar la calidad del agua para consumo humano en los acueductos objeto de estudio.

6.3.1. ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD PARA CONSUMO HUMANO (IRCA)

A modo de generalizar la situación en base del indicador evaluado la gráfica 17 presenta la clasificación de los acueductos según el IRCA para los acueductos que tiene PTAP y

aquellos que no la tienen.



Gráfica 16 Comparación del IRCA de acueductos con PTAP y sin PTAP (2017).

Fuente: Elaboración propia a partir de Unidad de Saneamiento Ambiental.

En términos de este indicador, se identifica que:

- En general ninguno de los acueductos distribuye agua apta para consumo humano.
- El 58% de los acueductos sin PTAP se encuentra clasificado en un nivel de riesgo Inviabile sanitariamente; por otro lado el 42% restante se clasifica en un nivel de riesgo alto.
- Solo el 25% de los acueductos con PTAP se encuentran clasificados en un nivel de riesgo bajo, mientras que el 75% restante se encuentra en nivel de riesgo medio, alto e inviable sanitariamente.
- Toda la población suscrita a los acueductos analizados se encuentra en riesgo de contraer alguna enfermedad en la que el agua sea el vector de transmisión.

La tabla 22 expone la información detallada de la clasificación del IRCA en los acueductos con PTAP.

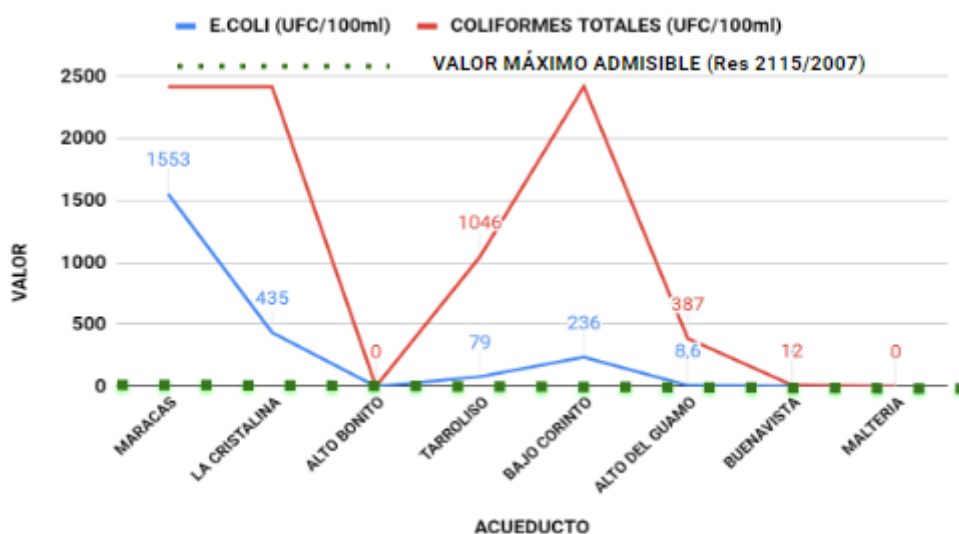
Tabla 22 Información general y calificación del IRCA de acueductos veredales con PTAP.

ACUEDUCTO	UBICACIÓN (corregimiento)	NÚMERO DE CONEXIONES	IRCA	NIVEL DE RIESGO
Maracas	Manantial	16	77,73	Alto
La Cristalina	La Cristalina	162	88,38	Inviabile Sanitariamente
Alto Bonito	Manantial	61	21,23	Medio

Buena Vista	Río Blanco	100	10,91	Bajo
Alto del Guamo	Manantial	46	76,93	Alto
Maltería	Río Blanco	175	11,31	Bajo
Bajo Corinto	Manantial	58	72,89	Alto
Tarrojiso	La Cristalina	27	73,6	Alto

Fuente: Elaboración propia a partir de Unidad de Saneamiento Ambiental.

Dado a que el IRCA es calificado en base a la evaluación del cumplimiento de características fisicoquímicas y microbiológicas, a continuación, se da a conocer los resultados de los análisis básicos de las muestras intradomiciliarias reportados por la Dirección Territorial de Salud a la Unidad de Saneamiento Ambiental durante el año 2017. La gráfica 18 muestra los valores obtenidos para los parámetros microbiológicos E. Coli y coliformes totales y deja en evidencia cuáles de los acueductos cumplen con lo establecido en la Resolución 2115/2007.



Gráfica 17 Valores obtenidos para E.coli y coliformes totales.

Fuente: Dirección Territorial de Salud- Unidad de Saneamiento Ambiental.

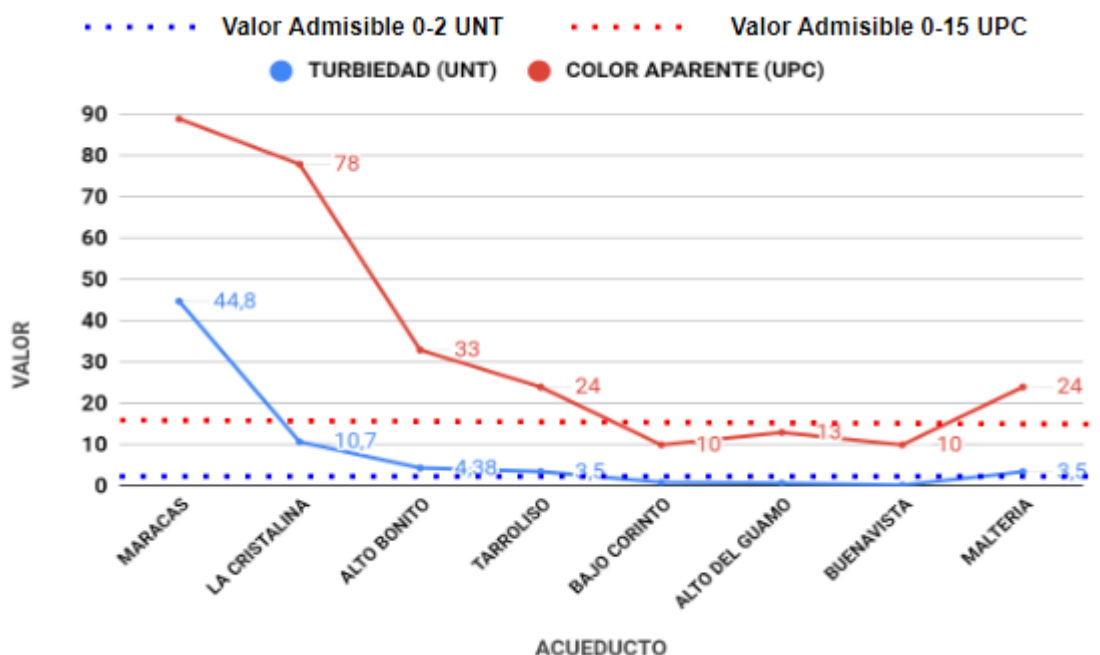
Elaboración propia.

La gráfica permite conocer que solo 2 de los acueductos : Alto Bonito y Maltería cumplen con los valores admisibles para E. Coli y Coliformes totales. Cabe aclarar que estos utilizan como tecnología de tratamiento procesos convencionales; los acueductos restantes y que presentan incumplimiento manejan tratamientos de filtración en múltiples etapas. Estos resultados pueden encontrarse asociados a:

- La influencia que tienen las actividades ganaderas identificadas en la mayoría de las microcuencas abastecedoras; pues claramente la presencia de E.coli indica contaminación fecal en el agua.
- Inadecuado manejo de aguas residuales domésticas.
- Funcionamiento regular de las PTAP.

- Ausencia de procesos de desinfección antes de distribuir el agua a los usuarios.

Por otro lado, la gráfica 19 muestra los valores obtenidos para los parámetros turbiedad y color aparente.



Gráfica 18 Valores obtenidos por los acueductos con PTAP para turbiedad y color aparente.

**Fuente: Dirección Territorial de Salud- Unidad de Saneamiento Ambiental.
Elaboración propia.**

Lo anterior permite identificar que solo 3 de los acueductos cumplen con los valores permitidos para turbiedad y color aparente (Bajo Corinto, Alto del Guamo, Buena Vista). Lo obtenido puede asociarse a :

- La deforestación que se presenta en los alrededores de las fuentes abastecedoras; pues esto causa que se reduzca la cobertura vegetal y por ende el suelo al encontrarse descubierto permita con mayor facilidad el arrastre de sedimentos a la fuente; aumentando así la cantidad de sólidos presentes.
- La erosión en los cauces de las fuentes.
- Procesos de filtración inadecuados.

Con relación a los resultados para el cloro residual libre cuyo valor debe de encontrarse entre 0.3mg/L y 2 mg/L ; se registra que en ninguno de los acueductos se cumple con lo requerido pues siempre oscila en valores inferiores al reglamentado haciendo evidente que el proceso de desinfección con cloro para la eliminación de microorganismos no se realiza. La ausencia de este proceso sumado a que los filtros de las plantas ya no funcionan, son causas que se asocian a los altos valores de turbiedad en las muestras además de la presencia de E. Coli y Coliformes totales aun cuando la resolución 2115 de 2007 establece que no deben encontrarse Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en el agua para consumo humano.

6.3.2. ÍNDICE DE RIESGO POR ABASTECIMIENTO DE AGUA Y EVALUACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS SANITARIAS POR PERSONA PRESTADORA.

La información referente a los indicadores IRABApp y BPSpp para los acueductos se visualiza por medio de la tabla 23.

Tabla 23 Valores de IRABApp y BPSpp. (Año 2017).

ACUEDUCTO	IRABApp	NIVEL DE RIESGO	BPSpp	NIVEL DE RIESGO
Maracas	80	Muy Alto	69	Muy Alto
La Cristalina	80	Muy Alto	73	Muy Alto
Alto Bonito	59	Alto	55	Alto
Buena Vista	30	Medio	25	Medio
Alto del Guamo	30	Medio	74	Muy Alto
Malteria	24	Bajo	41	Alto
Bajo Corinto	80	Muy Alto	67	Alto
Tarroliso	45	Alto	74	Muy Alto

Fuente: Unidad de Saneamiento Ambiental.

Teniendo en cuenta que para el cálculo del IRABApp se analiza: características del tratamiento, índice de continuidad del servicio, dotaciones de laboratorio y certificaciones en normas de competencia laboral por parte de la persona prestadora, se registra que las principales razones por las que se obtienen valores altos de IRABApp y por ende clasificaciones en niveles de riesgo medio, alto y muy alto son:

- El mayor porcentaje de personas prestadoras del servicio de acueducto no cuentan con las certificaciones exigidas; esto se debe principalmente a que no existen alianzas interinstitucionales para lograr dar cubrimiento en capacitaciones que permitan a los operarios conocer técnicamente como es el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua que manejan.
- Ausencia de dotaciones básicas de laboratorio como consecuencia de la poca inversión económica que se da en sector rural; por lo que en la mayor parte de los acueductos no se realizan pruebas de Ph, turbiedad, demanda de cloro. Estos solo conocen la caracterización del agua que distribuyen cuando son reportados los resultados de las muestras de agua que toman los técnicos del área de saneamiento ambiental.
- En algunos acueductos no se presta el servicio de agua de forma continua (24h) pues el caudal de sus fuentes presenta disminución a razón de actividades antrópicas identificadas anteriormente en la sección de microcuencas.

Respecto a lo evaluado por las BPSpp se encuentra que las mayores limitaciones y falencias que presenta la persona prestadora en cuanto a lo requerido son:

- Desconocimiento del manejo de protocolos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Carencia de laboratorios para el control de procesos y calidad del agua para consumo humano.

- Ausencia de registro de funciones y de actividades de operación y mantenimiento del acueducto.

Todo lo anterior permite concluir que :

- El agua suministrada por el 75% de los acueductos veredales que cuentan con PTAP representa un riesgo para la salud de los usuarios.
- Las plantas de tratamiento existentes, principalmente aquellas con tecnología FiMes presentan mayor incumplimiento en cuanto a la calidad del agua distribuida. Esto se da principalmente por la falta de conocimiento técnico para utilizar un material adecuado en los filtros al igual que para realizar labores operativas y de mantenimiento.
- Gran parte de las limitaciones para el sostenimiento de las PTAP va directamente ligado a la carencia de inversiones económicas en la infraestructura y la poca disponibilidad de capacitaciones técnicas para quienes las operan.

Así, teniendo una contextualización mayor de la situación actual del servicio de estos acueductos se determina que es necesario optar por procedimientos alternos de evaluación a los que actualmente se ejecutan por parte de la autoridad sanitaria, pues, aunque estos permiten dar una aproximación a la calidad del servicio informan poco sobre las causas ligadas a este.

Con base a lo anterior se desarrolla una metodología donde se plantean los aspectos a evaluar en cada uno de los componentes del sistema de acueducto con el fin de identificar de manera más específica las razones por las que se presentan tantas falencias en el suministro de agua aun cuando se cuenta con infraestructura para el proceso de potabilización. Cabe resaltar que para el desarrollo de la metodología no se requiere de personas con altos niveles de conocimiento en sistemas de acueducto, por tal razón se busca proponer a la Secretaria de Salud Pública la opción de crear alianzas con la Academia pues estudiantes con conceptos fuertes de hidrología, diseño de potabilización, calidad del agua, entre otras materias relacionadas , podrían encontrarse en la capacidad de evaluar los criterios que permiten conocer el estado actual de los acueductos rurales.

6.3.3. PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS DE ACUEDUCTOS VEREDALES.

6.3.3.1. OBJETIVO: Construir una herramienta de diagnóstico en la que se integren los procedimientos necesarios y acordes al nivel de complejidad del sistema de acueducto para obtener información que permita mejorar el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua y por ende la calidad del servicio en la zona rural del municipio.

Se plantea un documento que contiene los procedimientos necesarios para evaluar:

- El estado de la infraestructura existente.
- El cumplimiento en parámetros de diseño de los componentes que conforman el sistema teniendo en cuenta diversos referentes.
- La calidad del agua desde la fuente de captación hasta su llegada a los usuarios y su respectivo cumplimiento según lo establecido por la Resolución 2115 de 2007.

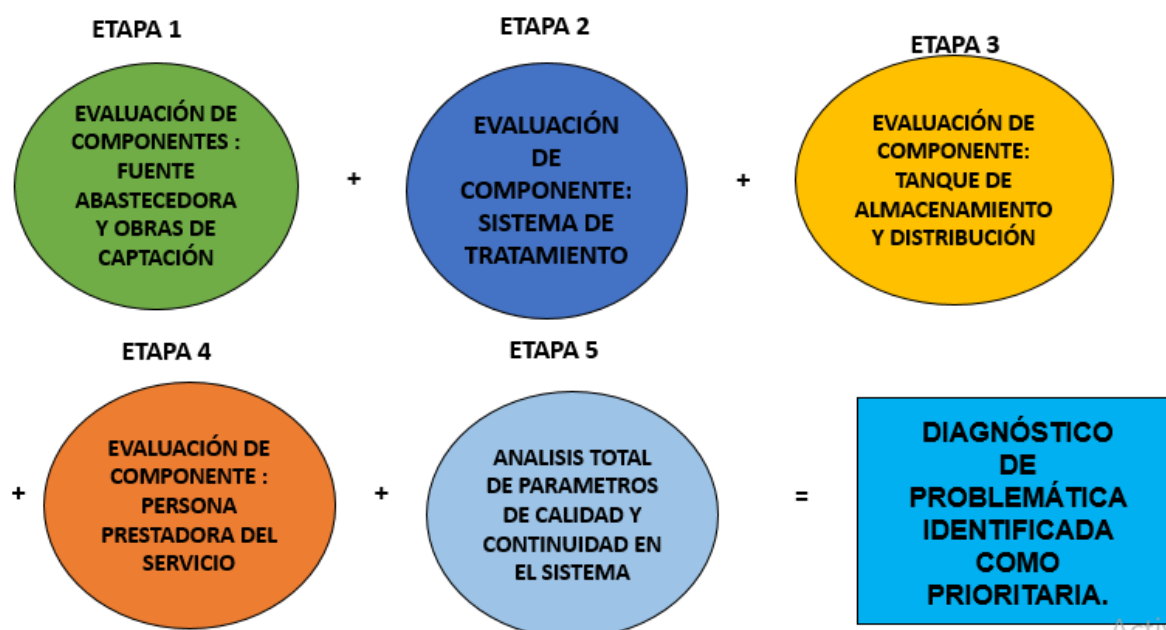
- La continuidad con que se presta el servicio y las limitaciones que este tiene.
- Los riesgos y peligros a los que se encuentra expuesta la fuente de captación, la infraestructura y los usuarios.
- La capacidad de la persona prestadora para dar un adecuado manejo al sistema de abastecimiento.

La metodología se desarrolla mediante 5 etapas, y estas a su vez están compuestas por diferentes fases. Cada una de las fases para llevar a cabo el diagnóstico de los diferentes componentes del acueducto constan de:

- Objetivos y la respectiva metodología para desarrollarlos.
- Herramientas que en conjunto conforman una guía de apoyo para la planeación y ejecución de funciones de operación y mantenimiento.
- Recomendaciones generales o por componente.

Así, al final de cada etapa se tendrá información referente a la problemática identificada.

La gráfica 20 expone las etapas que conforman el desarrollo de la metodología.



Gráfica 19 Etapas que conforman la metodología propuesta.

Figura: Elaboración propia.

Al final de la metodología se exponen los anexos, en estos se encuentran los aspectos más relevantes que deben de evaluarse según el componente a analizar por fase. La persona encargada de desarrollar el diagnóstico debe de registrar en estos el cumplimiento del ítem con base a los referentes expuestos; alternó a este procedimiento se debe de recopilar toda la información necesaria para argumentar lo anterior. En cada una de las etapas debe de registrarse material fotográfico que sirva como evidencia a lo encontrado.

6.3.3.2 CONCEPTOS ASOCIADOS A LOS COMPONENTES.

- **AGUA POTABLE O AGUA PARA CONSUMO HUMANO:** Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575 de 2007 y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal ⁽²⁴⁾.
- **CALIDAD DEL AGUA:** Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.
- **CAUDAL DE ESTIAJE:** Es el nivel mínimo de caudal que alcanza un río.
- **COBERTURA DE SERVICIO:** Número de viviendas y establecimientos de otro tipo a los que llega el abastecimiento de agua por medio de redes de un acueducto ⁽²⁹⁾.
- **COLIFORMES:** Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.
- **COLOR APARENTE:** Es el color que presenta el agua en el momento de su recolección.
- **E. COLI:** Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.
- **EVENTOS PELIGROSOS:** se definen como eventos que introducen peligros en el sistema de abastecimiento de agua ⁽³⁰⁾.
- **EROSIÓN:** Pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el ser humano, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales ⁽²⁹⁾.
- **EROSIÓN HÍDRICA:** es el tipo de erosión causada por la acción del agua (lluvia, ríos y mares), en las zonas de ladera, cuando el suelo está desnudo (sin cobertura vegetal). En estos casos las gotas de lluvia o el riego, ayudadas por la fuerza gravitacional, arrastran las partículas formando zanjas o cárcavas, e incluso causando movimientos en masa en los cuales se desplaza un gran volumen de suelo ⁽²⁹⁾.

- **MANTENIMIENTO:** Son todas las acciones internas que se efectúan en los componentes, instalaciones o equipos con el fin de conseguir un buen funcionamiento del sistema ⁽¹²⁾.
- **MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** **consiste** en el conjunto de acciones que se efectúan de manera inmediata ante cualquier daño o falla en los componentes, instalaciones o equipos del sistema ⁽¹²⁾.
- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** consiste en un conjunto de actividades orientadas a la planificación que se efectúan en una estructura, instrumento o equipo antes de que se produzcan los daños, evitando paradas forzosas o imprevistas ⁽¹²⁾.
- **PELIGROS:** se definen como agentes físicos, biológicos, químicos o radiológicos que pueden dañar la salud pública ⁽³⁰⁾.
- **PERIODO DE DISEÑO:** Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo ⁽²¹⁾.
- **VALOR ACEPTABLE:** Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud ⁽²³⁾.
- **VÁLVULA DE CONTROL:** se instalan como mínimo al comienzo y al final de la conducción, con diámetro igual al de la tubería, como su nombre lo indica restringe el paso del fluido ⁽¹⁰⁾.
- **VÁLVULA DE PURGA:** accesorio que permite la evacuación del agua siempre que sea necesario ⁽¹⁰⁾.
- **VÁLVULA VENTOSA:** son válvulas de expulsión o admisión de aire, se deben ubicar en los puntos más altos de la conducción, siempre y cuando la presión de dicho punto no sea muy alta o sea menor que la presión atmosférica ⁽¹⁰⁾.

Antes de realizar la evaluación de cada componente, es preciso contextualizar a la persona prestadora sobre los procedimientos a desarrollarse; pues parte del éxito de la metodología depende del trabajo constante y en equipo con las personas encargadas del acueducto.

Para iniciar debe de realizarse una breve descripción del acueducto (población que abastece, veredas a las que se suministra el servicio, tiempo de funcionamiento, tarifas.) además de identificar de forma general los elementos que componen el sistema, la información obtenida debe de registrarse en la tabla 24.

Tabla 24 Elementos que conforman el sistema de acueducto

COMPONENTES DEL SISTEMA	Tiene	No tiene	¿Funciona?	No funciona
OBRAS DE CAPTACIÓN				
ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN				
TANQUE DESARENADOR				
PLANTA POTABILIZADORA				
TANQUES DE ALMACENAMIENTO				
REDES DE DISTRIBUCIÓN				

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior permitirá detectar qué elementos se deben evaluar en función a su existencia, cabe resaltar que no todos los aspectos a analizar por componente serán de fácil acceso y que además algunos deberán omitirse pues muchos dependen del estado y uso de la infraestructura, al igual que la disponibilidad de la persona prestadora para trabajar en conjunto. En cualquiera de los casos debe de optarse siempre por intentar recoger la mayor cantidad de datos posibles.

6.3.3.3. FASE GENERAL: GESTIÓN DEL RIESGO

La fase correspondiente a gestión del riesgo debe de aplicarse para cada una de las etapas del diagnóstico.

6.3.3.3.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.

Los objetivos y la metodología para el desarrollo de la fase Gestión del riesgo se dan a conocer por medio de la tabla 25.

Tabla 25 Objetivos y metodología fase gestión del riesgo.

OBJETIVO	METODOLOGÍA
Identificar actividades que generan impactos a la fuente abastecedora y las obras de	Mediante visitas campo se conocerán las actividades económicas, sociales o productivas que se desarrollan sobre la microcuenca y las obras de captación. No

captación.	deben omitirse aquellos procesos naturales (inundaciones, movimientos en masa, incendios) que puedan llegar a presentarse. Estas deben de registrarse en el anexo IA
Calificar y evaluar los riesgos que generan las actividades identificadas.	Acorde a las actividades identificadas se procede a asociar el tipo de peligro (físico, químico, microbiológico) que estas representan para la fuente teniendo en cuenta las propiedades del agua que pueden ser alteradas.
Determinar los peligros a los que se encuentran expuestos los componentes del sistema.	La calificación de los riesgos se hará como lo indica la herramienta A1
Verificar la existencia e implementación de medidas correctivas, preventivas y de protección para cada uno de los riesgos evaluados.	La determinación de los peligros se realiza mediante visitas sobre el terreno; en estas se recopila información a partir de lo observado en los componentes, analizar si se presentan riesgos asociados a la ubicación, el acceso, funcionamiento y protección de los componentes. En compañía de la persona prestadora se debe de socializar sobre las medidas que actualmente se ejecutan para reducir los riesgos.

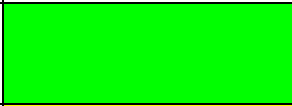

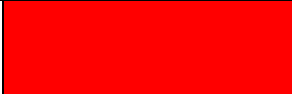
Fuente: Elaboración propia.

6.3.3.3.2. HERRAMIENTAS.

A. El anexo 1 es el formato por medio del cual se recopila la información referente a las actividades observadas en la microcuenca y que pueden generar impactos negativos a la fuente, a las obras de captación y por ende al funcionamiento del sistema. Este también se utilizara para describir los peligros observados en cada uno de los componentes a evaluar.

A1. Modelo de calificación de riesgos.

Tabla 26 Modelo de calificación de riesgos.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	CALIFICACIÓN	COLOR QUE LO IDENTIFICA
Bajo	<6	
Medio	6-9	
Alto	10-15	

Elaboración propia.

A2. Ejemplos de peligros típicos que afectan la microcuenca y las obras de captación.

Tabla 27 peligros típicos que afectan la microcuenca y las obras de captación.

EVENTO PELIGROSO (FUENTE DE PELIGRO)	PELIGROS ASOCIADOS.
Fenómenos meteorológicos y climáticos.	Inundación, cambios rápidos en la calidad de la fuente.
Geología	Arsénico, fluoruro, plomo (entrada al sistema de agua superficial)
Agricultura	Contaminación microbiológica, plaguicidas, nitrato, abonado con estiércol líquido o sólido, desechos de cadáveres de animales.
Explotación forestal	Plaguicidas, hidrocarburos.
Industria	Contaminación química y microbiológica , posible pérdida de agua de la fuente.
Minería	Contaminación química.
Transporte- Carreteras.	Plaguicidas, sustancias químicas.
Desarrollo urbanístico	Escorrentía
Viviendas - Fosas sépticas	Contaminación microbiológica
Fauna	Contaminación microbiológica
Usos recreativos	Contaminación microbiológica
Demanda de agua para otros usos	Cantidad insuficiente de agua

Fuente: Elaboración propia a partir de Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua ⁽³⁰⁾ .

A3. Ejemplos de peligros típicos que afectan a la planta de tratamiento.

Tabla 28 Peligros típicos en las plantas de tratamiento.

EVENTO PELIGROSO (FUENTE DE PELIGRO)	PELIGROS ASOCIADOS.
Cualquier peligro no controlado o atenuado en la cuenca de captación.	Los señalados en el cuadro de peligros en la cuenca de captación.
Suministro eléctrico	Interrupción del tratamiento/ agua no desinfectada.
Capacidad de las instalaciones de tratamiento	Sobrecarga de la instalación de tratamiento.
Avería del tratamiento	Agua no tratada.

Uso en el tratamiento de materiales y sustancias químicas no aprobadas.	Contaminación del sistema de abastecimiento de agua
Uso en el tratamiento de sustancias químicas contaminadas.	Contaminación del agua.
Obstrucción de filtros	Eliminación insuficiente de partículas.
Profundidad insuficiente del medio filtrante	Eliminación insuficiente de partículas.
Seguridad deficiente/ vandalismo.	Contaminación / corte de suministro.
Fallo de instrumentación	Pérdida de control
Inundación	Inutilización total o parcial de instalaciones de tratamiento.
Fuego / Explosión	Inutilización total o parcial de instalaciones de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia a partir de Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua ⁽³⁰⁾.

6.3.3.4. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL DESARROLLO DE LAS ETAPAS.

- Debe de contarse con los siguientes elementos de trabajo : GPS, un recipiente y cronómetro para las mediciones de caudal, cámara fotográfica, guantes de látex, tapabocas, anexos correspondientes a la fase, calculadora, recipientes para toma de muestras de agua, hielo y nevera portátil para mantener la muestra en cadena de frío.
- Al momento de realizar toma de muestras debe de rotularse con la hora, lugar de la toma y el tipo de análisis que requiere. Este proceso debe de realizarse en conjunto con la persona prestadora dado a que es importante que ésta comprenda la forma correcta de tomar las muestras.
- Planear con la persona prestadora un cronograma de muestreos y otras actividades, dado a que es importante tomar las muestras el mismo día en los componentes que se requiera.

6.3.3.5. ETAPA 1: EVALUACIÓN DE COMPONENTES FUENTE ABASTECEDORA Y OBRAS DE CAPTACIÓN.

6.3.3.5.1 FASE #1: IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS BÁSICOS DE LA MICROCUENCA.

6.3.3.5.1.1 . OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.

Los objetivos y la metodología para el desarrollo de la fase: Identificación de elementos básicos de la microcuenca se dan a conocer por medio de la tabla 29.

Tabla 29 Objetivos y metodología fase: microcuenca.

OBJETIVO.	METODOLOGÍA.
<p>Conocer las condiciones en que se encuentra la fuente abastecedora y los usos que se le da al recurso, al igual que las características ambientales y productivas de la zona en que se encuentra ubicada.</p>	<p>Recopilación de información mediante el acceso a fuentes secundarias como CORPOCALDAS, persona encargada del acueducto, mapa de riesgo existente para la microcuenca, visitas de campo.</p>
	<p>Registro de datos generales en formulario para diagnóstico de microcuenca abastecedora (Anexo I- Sección A1)</p>
<p>Realizar la caracterización de la fuente para establecer su respectiva clasificación según lo establecido por el RAS.</p>	<p>Selección de puntos y toma de muestras de agua a ser analizadas. Al obtenerse los resultados deben de compararse con los valores expuestos por el RAS para así identificar el nivel de calidad de la fuente. De igual forma, deben de registrarse aquellos parámetros que sobrepasen los valores máximos permisibles establecidos por la Resolución 2115 de 2007.</p>
<p>Identificar el tratamiento que debe de darse a la fuente con base a su caracterización</p>	
<p>Verificar el cumplimiento en normas ambientales expuestas en el RAS (concesión de aguas)</p>	<p>La persona encargada de realizar el diagnóstico de este componente debe de indagar sobre la existencia y vigencia del permiso de concesión de aguas. La información debe de registrarse formulario para diagnóstico de microcuenca abastecedora (Anexo II)</p>
	<p>La vigencia de la concesión puede ser verificada en CORPOCALDAS.</p>
<p>Calcular el Índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano (IRCA)</p>	<p>El cálculo del IRCA es realizado según lo estipulado en el Artículo 13 de la Resolución 2115 de 2007.</p>

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3.5.1.2 HERRAMIENTAS.

B. El anexo 2 sirve como instrumento guía para identificar los aspectos generales a analizar en la microcuenca abastecedora.

B₁. La tabla 30 expone los aspectos a tener en cuenta para la descripción económica y ambiental de la microcuenca.

Tabla 30 Contenido necesario para la descripción económica y ambiental de la microcuenca.

CONTENIDO	REFERENTE
La caracterización económica se realizará a través del análisis de las actividades productivas que configuran la base del desarrollo productivo. Se deben describir las principales relaciones socioeconómicas que se dan al interior de la microcuenca.	GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL DE MICROCUENCAS – PMAM.
La caracterización ambiental comprenderá información climatológica (temperatura promedio y precipitaciones, identificación de época de invierno y verano) comportamiento hidrológico (estimación de caudales en los diferentes periodos climatológicos) estado de la vegetación presente en los alrededores, usos del suelo en la microcuenca.	GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL DE MICROCUENCAS – PMAM.

Fuente: Adaptado de GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL DE MICROCUENCAS – PMAM⁽³¹⁾.

Elaboración propia.

B2. Los valores que determinan el nivel de calidad de la fuente según caracterización del agua se exponen por medio de la tabla 31.

Tabla 31 Nivel de calidad de la fuente según caracterización del agua.

Parámetros.	Nivel de calidad de acuerdo al grado de contaminación			
	1.Fuente aceptable	2. Fuente regular.	3.Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente.
Ph	6 - 8.5	5-9	3.8 -10.5	
Coliformes totales (Promedio mensual) (NMP/100ml)	0 – 50	50 – 500	500 - 5.000	< 5.000
Turbiedad (UNT)	< 2	2 – 40	40 – 150	< = 150
Color verdadero (UPC)	<10	10 – 20	20 – 40	< =40
Gusto y olor	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L CL)	< 50	50 – 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L -F)	<1.2	<1.2	<1.2	<1.7
GRADO DE TRATAMIENTO				
Necesita un tratamiento convencional	NO	NO	SI	SI

Necesita unos tratamientos específicos	NO	NO	NO	SI
Procesos de tratamiento utilizados	Desinfección Estabilización	Filtración lenta o filtración directa + Desinfección	Pretratamiento + coagulación + sedimentación + filtración en múltiples etapas +desinfección	Pretratamiento + coagulación + sedimentación + filtración en múltiples etapas+desinfección tratamientos específicos.

Fuente: RAS (21).

B3. Los valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, físicas y químicas de la calidad del agua potable se dan a conocer por medio de la tabla 32.

Tabla 32 Valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, físicas y químicas de la calidad del agua potable.

CARACTERÍSTICA		EXPRESADAS COMO	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Color aparente	Unidades Platino Cobalto (UPC)	15
	Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
	Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad	2
	Conductividad	Microsiemens/cm	100
	PH		6,5-9
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Antimonio	Sb (mg/L)	0,02
	Cobre	Cu (mg/L)	1
	Carbono Orgánico Total	COT (mg/L)	5
	Dureza Total	CacO3 (mg/L)	300
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	Coliformes Totales	UFC/100 cm 3	0
	E. Coli	UFC/100 cm 3	0

Fuente: Resolución 2115 de 2007 (23)

Elaboración propia.

B4. Para el cálculo del IRCA: se debe asignar el puntaje de riesgo que se muestra en la tabla 33 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007.

Tabla 33 Puntaje de riesgo para cálculo de IRCA

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO
Color Aparente	6

Turbiedad	15
Ph	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al3+)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes totales	15
E.Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente: Resolución 2115 de 2007 ⁽²³⁾.

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

El cálculo del IRCA, se realizará utilizando la siguiente fórmula:

El IRCA por muestra:

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100 \text{ (Ec.1)}$$

6.3.3.5.2. FASE # 2: COMPONENTE OBRAS DE CAPTACIÓN Y LÍNEA DE ADUCCIÓN.

6.3.3.5.2.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.

Los objetivos y la metodología para el desarrollo de la fase obras de captación y línea de aducción se dan a conocer por medio de la tabla 34.

Tabla 34 : Objetivos y metodología fase: obras de captación y línea de aducción.

OBJETIVO.	METODOLOGÍA.
-----------	--------------

Evaluar el estado actual de las obras de captación y la línea de aducción con las que cuenta el acueducto.	Mediante visitas de campo y el trabajo en conjunto con la persona encargada del acueducto se realizará la evaluación de los ítems descritos en el Anexo II. Aquí se debe registrar lo evaluado con el fin de verificar si se cumple con lo establecido en los referentes expuestos en el anexo correspondiente.
Verificar el cumplimiento de parámetros de funcionamiento y diseño establecidos por diversos referentes.	
Conocer el manejo operativo y las labores de mantenimiento realizadas por la persona prestadora.	
Analizar parámetros de calidad del agua captada.	Toma de muestras de agua en obras de captación para determinar características físicas, químicas y microbiológicas del agua que abastece el acueducto.
Calcular el Índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano (IRCA)	El cálculo del IRCA es realizado según lo estipulado en el Artículo 13 de la Resolución 2115 de 2007.
Evaluar si el caudal captado cumple con la demanda.	Registrar el promedio de los caudales captados , si la fuente tiene más de una bocatoma, se deben de sumar los caudales de todas y con base en esto realizar el análisis entre la oferta y la demanda de agua) .

Fuente: Elaboración propia.

Es importante que en el desarrollo de este punto se analice la relación entre las actividades identificadas anteriormente y la caracterización del agua obtenida.

6.3.3.5.2.2. HERRAMIENTAS:

C. El anexo 3 sirve como instrumento guía para identificar los aspectos generales a evaluar en las obras de captación y línea de aducción.

C₁. La tabla 35 contextualiza sobre acciones claves para el mantenimiento preventivo de las obras de captación.

Tabla 35 acciones claves para el mantenimiento preventivo de las obras de captación.

ACCIONES CLAVES PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS BOCATOMAS.	FRECUENCIA SUGERIDA.
Limpiar la cuneta de protección y el área cercana a la fuente quitando piedras, plantas o cualquier otro material extraño.	Mensual
Revisar el estado de la cerca de protección que impide el ingreso de animales	Mensual

Inspeccionar el área de influencia de la microcuenca para detectar posibles fuentes de contaminación.	Trimestral
Estar pendiente del funcionamiento de las válvulas, si se observan partes rotas o fugas deben de repararse.	Mensual
Revisar la tubería, reparar si existen fugas, arreglar y pintar con pintura anticorrosiva las partes metálicas.	Mensual
Revisar si en las bocatomas se presentan agrietamientos, fugas de agua; en caso de encontrar algún daño debe de repararse con concreto.	Mensual
Vigilar que la tapa de la caja de derivación esté siempre en su lugar y que tenga un dispositivo apropiado para evitar que sea removida	Mensual
Proteger las tuberías de rebose y desagüe con una malla de plástico o alambre para evitar la entrada de insectos y otros pequeños animales al interior de la toma.	Trimestral
Observar si existen disminuciones en el volumen de agua que entra a la toma, en caso afirmativo verificar si hay material acumulado en el fondo y removerlo.	Semanal

**Fuente: Adaptado de Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua rurales ⁽³²⁾.
Elaboración propia.**

C2. La tabla 36 informa sobre acciones claves para el mantenimiento de la línea de aducción.

Tabla 36 Acciones claves para el mantenimiento de la línea de aducción.

ACCIONES CLAVES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN.	FRECUENCIA SUGERIDA.
Limpiar el área cercana a la aducción, retirando malezas, ramas, hojas.	Mensual
Observar si hay fugas, deslizamientos, o hundimientos en la tierra que puedan afectar la línea de aducción.	
Si se cuenta con cámaras rompe-presión limpiarlas sacando el lodo y limpiando las paredes de las mismas con un cepillo.	
Si se cuenta con válvula de purga, abrirla para eliminar los sedimentos acumulados en la tubería.	

Fuente: Elaboración propia a partir de Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua rurales ⁽³²⁾.

6.3.3.5.3. RECOMENDACIONES PARA LOS COMPONENTES MICROCUENCA Y OBRAS DE CAPTACIÓN.

Si se identifican actividades agrícolas, mineras o ganaderas en la microcuenca que representen un riesgo medio o alto para la microcuenca o las obras de captación debe de tenerse en cuenta lo siguiente como medidas de preventivas y correctivas:

-Realizar una adecuada gestión de residuos procedentes de este tipo de actividades (envases de productos tóxicos,) servirá como medida preventiva para evitar la contaminación de la fuente.

-En aquellas zonas donde el suelo se encuentra en deterioro puede optarse el uso de medidas correctivas y de restauración, por ejemplo, la reforestación.

-Reducir el uso de pesticidas y fertilizantes; puede optarse por el uso de productos de origen biológico que produzcan menos contaminación.

- En caso de que no haya delimitación por franja amarilla en las zonas de la microcuenca y en las obras de captación debe de buscarse el apoyo de la comunidad para implementarlas o de lo contrario solicitarla a CORPOCALDAS.

6.3.3.6. ETAPA 2: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO (DESARENADOR- PLANTA DE TRATAMIENTO)

6.3.3.6.1. FASE 1: COMPONENTE DESARENADOR.

6.3.3.6.1.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.

Los objetivos y la metodología para el desarrollo de la fase: componente desarenador se dan a conocer por medio de la tabla 37.

Tabla 37 Objetivos y metodología: componente desarenador

OBJETIVO.	METODOLOGÍA.
Evaluar el estado actual de la infraestructura.	Mediante visitas de campo y el trabajo en conjunto con la persona encargada del acueducto se realizará la evaluación de los ítems descritos en el Anexo III. Aquí se debe registrar lo observado con el fin de verificar si se cumple con lo establecido en los referentes expuestos en el anexo correspondiente.
Verificar cumplimiento en parámetros de diseño, ubicación, acceso y funcionamiento establecidos por diversos referentes.	

Conocer el manejo operativo y las labores de mantenimiento realizadas por la persona prestadora.	
Determinar el % de remoción y eficiencia del componente.	Realizar toma de muestra de agua a la entrada y salida de la unidad con el fin de analizar el valor de los sólidos totales en suspensión.
Identificar y conocer las limitaciones y falencias de la persona prestadora en cuanto al manejo del componente.	El diálogo con la persona prestadora permitirá conocer las dificultades que se presentan para garantizar el adecuado funcionamiento del componente.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3.6.1.2. HERRAMIENTAS.

D. El anexo 4 sirve como instrumento guía para identificar los aspectos generales a evaluar en el desarenador.

D1. Formulas necesaria para verificar parámetros de diseño y funcionamiento:

- Para hallar área superficial (m^2) se usan las dimensiones tomadas del tanque:
Largo (L)* Ancho (B)

$$As = L \times B \quad (\text{Ec.2})$$

- Para hallar carga superficial.

$$q = \frac{QMD}{As} \quad (\text{Ec.3})$$

QMD: Caudal medio diario o máximo diario ($m^3/\text{día}$)

As= Área superficial (m^2)

- Para calcular tiempo de retención en el desarenador:

$$Td = \frac{V(m^3)}{QMD (m^3/h)} \quad (\text{Ec.4})$$

V: Volumen zona de sedimentación.

QMD: Caudal medio diario (m^3/h)

Conversión del QMD a m^3/h :

$$Q = \text{Caudal de entrada} \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{3600s}{1h} \quad (\text{Ec.5})$$

- Para hallar velocidad de sedimentación.

$$V_s = \frac{g}{18} \times \frac{(P_s - P)}{\mu} \times d^2 \quad (\text{Ec. 6})$$

Vs: Velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s)

g: Aceleración de la gravedad (981 cm/s²)

P_s: Peso específico de la partícula (arenas=2,65)

P: Peso específico del fluido (agua=1,00)

μ: Viscosidad cinemática del fluido (cm²/s²) este parámetro se obtiene en función a la T°. Según López (78) tabla 9.2

d: diámetro de partículas a remover: según el RAS el diámetro mínimo a remover es de 0,1 m.

Para determinar la viscosidad cinemática debe de tenerse como referencia lo expuesto por López ⁽¹⁰⁾, ver tabla 38.

Tabla 38 Viscosidad cinemática del agua según la temperatura

temperatura °c	viscosidad cinemática (cm ² /s)	temperatura °c	viscosidad cinemática (cm ² /s)
0	0,01792	18	0,01059
2	0,01763	20	0,01007
4	0,01587	22	0,0096
6	0,01473	24	0,00917
8	0,01386	26	0,00876
10	0,01308	28	0,00839
12	0,01237	30	0,00804
14	0,01172	32	0,00772
15	0,01146	34	0,00741
16	0,01112	36	0,00713

Fuente: López ⁽¹⁰⁾.

- Para hallar el tiempo de caída de la partícula

$$t = \frac{H}{V_s} \quad (\text{Ec. 7})$$

H= Profundidad útil de sedimentación (cm)

Vs= Velocidad de sedimentación

El tiempo resultante debe de convertirse a horas.

- Para hallar velocidad horizontal

$$Vh = \frac{V_o * L}{H} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

$$V_o = q = \frac{Q_{md} (m^3/s)}{A_s} \quad (\text{Ec.9})$$

D3. En caso de que el desarenador funcione, pero se presenten dificultades en su mantenimiento se pueden contextualizar con la persona prestadora los siguientes procesos aconsejados por la OPS, ver tabla 39.

Tabla 39 Actividades recomendadas para el mantenimiento de los desarenadores

ACTIVIDAD (Lavado de la unidad)	ACCIONES CLAVES
Cortar el flujo de agua hacia el tanque	Cerrar la válvula de entrada al tanque
Limpieza cámara de entrada	Desprender el material adherido en el fondo y en las paredes de la cámara utilizando una escobilla con cerdas sintéticas.
Limpieza de cámara de sedimentación	Abrir la válvula de drenaje para la evacuación de lodos y dejar evacuar toda el agua y sedimentos.
	Con palas, cubetas, baldes, tablas y carretilla, remover los sedimentos del tanque empujándolos hacia el drenaje y llevándolos fuera del lugar.
	Raspar el fondo del tanque y dejarlo completamente limpio
	Enjuagar completamente el tanque antes de ponerlo en funcionamiento
Limpieza cámara de salida.	Desprender el material adherido al fondo y paredes de la cámara
Poner en funcionamiento	Cerrar los drenajes y abrir la válvula para llenar el tanque
	Una vez limpio el tanque debe volver a sus funciones en cuanto sea llenado

Fuente: Elaboración propia a partir de OPS ⁽¹³⁾.

6.3.3.6.2. FASE 2: COMPONENTE: PLANTA DE TRATAMIENTO.

6.3.3.6.2.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.

Los objetivos y la metodología para el desarrollo de la fase: componente planta de tratamiento se dan a conocer por medio de la tabla 40.

Tabla 40 Objetivos y metodología PTAP

OBJETIVOS	METODOLOGÍA
Analizar la tecnología bajo la cual fue diseñada la planta	Descripción del tren de tratamiento en la PTAP de manera que se pueda argumentar si el tratamiento es adecuado según la caracterización del agua.
Evaluar el estado actual y cumplimiento en parámetros de diseño de las unidades que conforma la PTAP.	Mediante visitas de campo y el trabajo en conjunto con la persona encargada del acueducto se realizará la evaluación de los ítems descritos en el Anexo 5. Aquí se debe registrar lo observado con el fin de verificar si se cumple con lo establecido en los referentes expuestos en el anexo correspondiente.
Conocer el manejo operativo y las labores de mantenimiento realizadas por la persona prestadora.	
Análisis de parámetros básicos a la entrada y salida de las unidades que conforman la PTAP.	Toma de muestras de agua a la entrada y a la salida de las unidades que contenga la planta. Los resultados obtenidos para los parámetros de interés deben ser comparados con los valores deseables, para así de establecer la eficiencia de las unidades.
Determinar el % de remoción y eficiencia de las unidades de la PTAP.	Realizar toma de muestra de agua a la entrada y salida de la unidad con el fin de analizar el valor de los parámetros básicos
Identificar y conocer las limitaciones y falencias de la persona prestadora en cuanto al manejo del componente.	El diálogo con la persona prestadora permitirá conocer las dificultades que se presentan para garantizar el adecuado funcionamiento del componente.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3.6.2.2. HERRAMIENTAS.

E. El anexo 5 sirve como instrumento guía para identificar los aspectos generales a evaluar en la PTAP.

E₁. La tabla 41 propone actividades periódicas de mantenimiento y operación para FGDi.

Tabla 41 Actividades periódicas de mantenimiento y operación para FGDi

ACTIVIDADES	ACCIONES CLAVES	FRECUENCIA SUGERIDA
--------------------	------------------------	----------------------------

Lavar cámaras de entrada y salida	Remover material adherido a paredes y fondo de cámaras.	Una vez por semana
Limpiar capa superficial de grava	Remover con un rastrillo u otro elemento similar, el lecho de grava superficial, en sentido contrario al flujo, iniciando en la zona de entrada y finalizando en el vertedero de rebose. Remover la grava hasta que el agua de lavado sea ópticamente similar al agua cruda	3 veces por semana
Limpieza hidráulica o de fondo del filtro	Llenar la cámara de filtración con agua cruda y abrir y cerrar 10 veces consecutivas la válvula de apertura rápida, dejar abierta la válvula y drenar el filtro hasta que el agua de lavado sea ópticamente similar al agua cruda. Este procedimiento puede repetirse por 2 o 3 ocasiones, cuando el agua de lavado sea muy diferente al agua cruda.	Una vez por semana

Fuente: CINARA ⁽⁹⁾.
Elaboración propia.

E₁. Algunos de los procedimientos a tener en cuenta para limpiar el filtro de arena se exponen por medio de la tabla 42.

Tabla 42 Procedimientos a tener en cuenta para limpiar el filtro de arena.

Actividades	Acciones Claves
Extraer el material flotante.	Retirar el material flotante.
Drenar el agua sobrenadante	-Cerrar la válvula de entrada
	-Abrir válvula de vaciado
	-Limpiar las paredes del filtro con un cepillo largo.
	- Cerrar válvula de vaciado cuando el agua llegue a 0.2m por debajo de la superficie del lecho filtrante.
Proteger y raspar la capa superior del lecho filtrante.	Lavar bien una tabla larga que se pueda insertar en el filtro para que la persona prestadora no lo pise , así se procede a raspar la capa superficial del filtro (1-3cm)
Retirar el material raspado	Trasladar el material a la zona adecuada para su lavado.
Nivelar la superficie de arena	Utilizar una tabla o un rastrillo de dientes finos para nivelar la superficie.
Comprobar la profundidad del lecho de arena.	Medir la altura desde el borde superior del muro hasta el lecho filtrante.

Ajustar velocidad de filtración.	Aumentar lentamente la velocidad de filtración en la unidad raspada , simultáneamente reducir la velocidad de filtración en los otros filtros hasta alcanzar la velocidad de operación normal en todas las unidades.
----------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia a partir de CINARA⁽⁹⁾

E2. Los procedimientos planteados para rearenar un filtro lento de arena se dan a conocer por medio de la tabla 44.

Tabla 43 Procedimiento para rearenar un filtro lento de arena.

Actividades	Acciones Claves
Raspar la capa superior	Seguir los procedimientos indicados para limpiar el lecho filtrante.
Drenar el agua del lecho filtrante	Abrir la válvula de vaciado.
Extraer la arena	Dependiendo del tamaño del filtro dividir la superficie en varias partes y rearenar una a una.
	Retirar la arena de una zona del filtro y colocarla a un lado, no saque la arena gruesa ni la grava de soporte.
Rellene el lecho de arena	Rellenar con arena limpia el filtro , hasta que alcance una altura de 0.5m, colocar sobre la arena limpia la que se había amontonado
	Continuar el raspado con las otras zonas del filtro, utilizando el mismo procedimiento.
Nivelar la superficie de arena	Nivelar la superficie de la arena como se indicó en el punto anterior.

Fuente: CINARA ⁽⁹⁾.

Elaboración propia.

E3. Consideraciones para el lavado de la arena según la OPS.

- Cuando la arena es muy costosa o difícil de obtener, se recomienda lavar y almacenar la arena proveniente de los raspados para ser usada en el rearenamiento del filtro.
- La arena raspada debe lavarse tan pronto como se extrae del filtro, porque tiene materia orgánica adherida y este material al descomponerse produce sustancias con olores y sabores muy difíciles de remover.
- Para lavar la arena sucia en una planta pequeña, se puede emplear un simple canal. El flujo de agua mantiene la arena y los residuos en suspensión. La arena

sedimentara dentro de una caja y los residuos serán removidos por la corriente de agua.

6.3.3.7. ETAPA 3: EVALUACIÓN DE COMPONENTES TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES DE DISTRIBUCIÓN.

6.3.3.7.1. FASE 1: COMPONENTE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

6.3.3.3.7.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.

Los objetivos y la metodología para el desarrollo de la fase: componente tanque de almacenamiento se dan a conocer por medio de la tabla 44.

Tabla 44 Objetivos y metodología: Tanque de almacenamiento

OBJETIVO	METODOLOGÍA
Evaluar el estado actual del tanque de almacenamiento	Mediante visitas de campo y el trabajo en conjunto con la persona encargada del acueducto se realizará la evaluación de los ítems descritos en el Anexo 6. Aquí se debe registrar lo observado con el fin de verificar si se cumple con lo establecido en los referentes expuestos en el anexo correspondiente.
Verificar cumplimiento en parámetros básicos de diseño y funcionamiento	
Conocer el manejo operativo y las labores de mantenimiento realizadas por la persona prestadora.	Indagar a la persona prestadora las actividades que se realizan para el mantenimiento de los tanques de almacenamiento y la frecuencia con que estas se realizan.
Identificar y conocer las limitaciones y falencias de la persona prestadora en cuanto al manejo del componente.	El diálogo con la persona prestadora permitirá conocer las dificultades que se presentan para garantizar el adecuado funcionamiento del componente.
Conocer la caracterización del agua que sale del tanque y que será distribuida a los usuarios.	Toma de muestras de agua a la salida del tanque para análisis de parámetros básicos.
Cálculo del IRCA .	El cálculo del IRCA es realizado según lo estipulado en los Artículos 13 y 14 de la

	Resolución 2115 de 2007.
--	--------------------------

Elaboración propia.

6.3.3.3.1.2. HERRAMIENTAS.

F. El anexo 6 sirve como instrumento guía para identificar los aspectos generales a evaluar en los tanques de almacenamiento.

F₁. Si se identifican falencias en cuanto al mantenimiento del tanque, se recomienda realizar las siguientes actividades para el lavado de estos, ver tabla 46. Debe tenerse presente que la limpieza y desinfección de los tanques de almacenamiento debe programarse en días de bajo consumo para evitar molestias a los usuarios.

Tabla 45 Acciones claves para el mantenimiento de los tanques de almacenamiento.

ACCIONES CLAVES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.	FRECUENCIA SUGERIDA.
Revisar si existen grietas o filtraciones en la estructura del tanque y si es el caso repararlas.	Mensual
Controlar la tapa sanitaria de ingreso al tanque y cuidar de que esté siempre en su lugar y asegurada.	Mensual
Limpiar hierbas y malezas de toda el área cercana al tanque.	Bimensual
Limpiar con cepillo las paredes y el fondo del tanque, antes de iniciar esta labor se debe de cerrar las válvulas de ingreso y salida del tanque; luego abrir la válvula de desagüe para vaciar el tanque.	Semestral
Para la desinfección puede prepararse la siguiente solución: en un recipiente de 20l adicione una cucharadita de cloro en polvo y mezcle en forma homogénea. Debe dejarse reposar durante 10 minutos.	
Con la solución elaborada y un cepillo, lavar las paredes, fondo y techo del tanque. Para este tipo de procesos la persona prestadora debe de utilizar botas, casco y guantes	
Dejar actuar la solución por dos horas, luego sin ingresar al tanque lavar con chorro de agua su interior hasta que no tenga olor a cloro.	
Pintar las estructuras metálicas para evitar la corrosión.	Anual.

Fuente: Elaboración propia a partir de Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua rurales ⁽³²⁾.

6.3.3.7.2. FASE 2: COMPONENTE REDES DE DISTRIBUCIÓN.

6.3.3.7.2.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.

Los objetivos y la metodología para el desarrollo de la fase: componente redes de distribución se dan a conocer p medio de la tabla 47.

Tabla 46 Objetivos y metodología: Redes de distribución

OBJETIVO	METODOLOGÍA
Evaluar el estado actual de las redes de distribución.	Mediante visitas de campo y el trabajo en conjunto con la persona encargada del acueducto se realizará la evaluación de los ítems descritos en el Anexo 7. Aquí se debe registrar lo observado con el fin de verificar si se cumple con lo establecido en los referentes expuestos en el anexo correspondiente.
Conocer el manejo operativo y las labores de mantenimiento realizadas por la persona prestadora.	

Elaboración propia.

6.3.3.7.2.2. HERRAMIENTAS.

G. El anexo 7 sirve como instrumento guía para identificar los aspectos generales a evaluar en las redes de distribución.

6.3.3.8. ETAPA 4: EVALUACIÓN COMPONENTE PERSONA PRESTADORA DEL SERVICIO.

La persona prestadora cumple un papel vital en el funcionamiento del acueducto, por lo que conocer la forma en que opera y realiza las labores de mantenimiento es importante para detectar fallas y limitaciones que pueden convertirse en causas desencadenantes del mal funcionamiento de los componentes que integran el sistema.

En esta etapa se evalúa lo realizado por la persona prestadora en cuanto a las actividades anteriormente mencionadas; su desarrollo debe de realizarse de forma simultánea a la evaluación de los otros componentes; pues en los anexos expuestos se identifican los aspectos claves a analizar.

Conociendo que quienes operan los acueductos veredales poseen en mayor porcentaje un nivel bajo de escolaridad, se toma esta etapa como una propuesta de capacitación en la que se brinde a la persona prestadora las herramientas brindadas en cada fase y que son necesarias para mejorar el funcionamiento del acueducto y por ende la calidad del agua distribuida.

6.3.3.9. ETAPA 5: EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONTINUIDAD DEL SERVICIO.

Esta etapa se desarrolla por medio de una sola fase en la que se reúnen todos los resultados de los análisis de las muestras tomadas en cada uno de los componentes y con base en esto se realiza:

- Gráficas con los valores de: turbiedad y color, E.coli y coliformes totales.

Ejemplo:

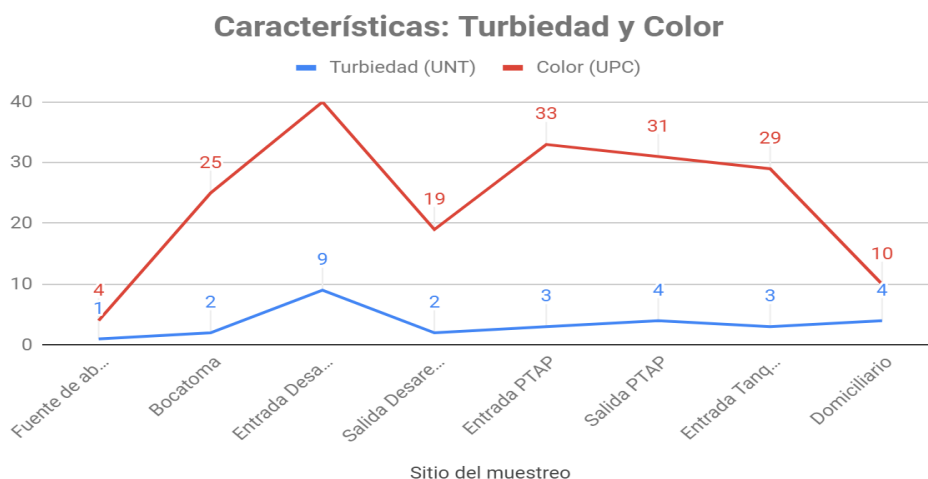
Teniendo los siguientes resultados de la tabla 47, realizar la gráfica pertinente.

Tabla 47 Ejemplo de resultados para parámetros de color y turbiedad.

VALOR		
Turbiedad (UNT)	Color (UPC)	Sitio del muestreo
1	4	Fuente de abastecimiento
2	25	Bocatoma
9	40	Entrada Desarenador
2	19	Salida Desarenador
3	33	Entrada PTAP
4	31	Salida PTAP
3	29	Entrada Tanque A
4	10	Domiciliario

Elaboración propia.

Por ende la gráfica resultante será:



Gráfica 20 Valores de turbiedad y color

Lo anterior permitirá identificar las zonas en que se presentan máximos y mínimos valores para los parámetros analizados, así se facilita conocer en qué componentes del sistema se presentan situaciones críticas, de modo que se pueda analizar a fondo el comportamiento de las propiedades del agua durante su paso por el sistema de acueducto. En aquellos componentes en los que se presentan máximos valores es recomendable realizar visitas con mayor frecuencia pues deben establecerse posibles causas y a su vez buscar la intervención pertinente.

No puede olvidarse que para cada muestra tomada se calcula el IRCA así que también debe de realizarse una gráfica con estos valores.

- Durante un mes debe de guardarse el registro de las horas al día en que se presta el servicio de agua, esto servirá como insumo para determinar el índice de continuidad del acueducto. (PROMEDIO DE LOS DATOS)

6.3.3.10. ETAPA RESULTANTE: DIAGNÓSTICO DE PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA COMO PRIORITARIA.

Comprenderán como problemas prioritarios:

- Si la caracterización de la fuente de abastecimiento la identifica como una fuente de calidad deficiente o muy deficiente.
- Aquellos ítems en donde no se registre cumplimiento de los lineamientos referidos.
- Los riesgos medios y altos identificados para cada componente.
- Limitaciones y falencias que detecte la persona prestadora en cuanto a la operación y mantenimiento de los componentes.

En cada uno de los anteriores deben de establecerse las medidas pertinentes para dar solución a mediano plazo de la problemática identificada.

6.4. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.

6.4.1. SELECCIÓN DEL ACUEDUCTO OBJETO DE ANÁLISIS.

Para escoger el acueducto a diagnosticar se utilizaron como criterios de selección:

- El valor del último IRCA registrado por la unidad de saneamiento ambiental. (30%)
- El valor del último IRABApp registrado por la unidad de saneamiento ambiental. (20%)
- El último valor obtenido en la evaluación de las BPS. (20%)
- El número de conexiones domiciliarias que tiene el acueducto. (20%)

Cada uno de los anteriores equivale a un % de evaluación y este se da según la importancia que cada variable representa. Se le da más alto % al IRCA y al número de conexiones porque es prioritaria la calidad del agua distribuida y más aún el # de viviendas a las que está siendo suministrada.

El acueducto con mayor porcentaje será aquel que además de tener altos valores en los indicadores (IRCA,IRABApp,BPS) posea un gran número de conexiones; representado así un mayor riesgo mayor en comparación a los otros. Los resultados de la selección se presentan por medio de la tabla 49.

Tabla 48 Resultados de selección del acueducto a diagnosticar.

ACUEDUCTO	UBICACIÓN (corregimiento)	NÚMERO DE CONEXIONES	IRCA	IRABA	BPS	TOTAL PONDERADO
Maracas	Manantial	16	77,73	80	69	57,92
La Cristalina	La Cristalina	162	88,38	80	73	105,71
Alto Bonito	Manantial	61	21,23	59	55	47,47
Buena Vista	Río Blanco	100	10,91	30	25	44,27
Alto del Guamo	Manantial	46	76,93	30	74	57,68
Malteria	Río Blanco	175	11,31	24	41	68,89
Bajo Corinto	Manantial	58	72,89	80	67	68,67
Tarroliso	La Cristalina	27	73,6	45	74	53,98

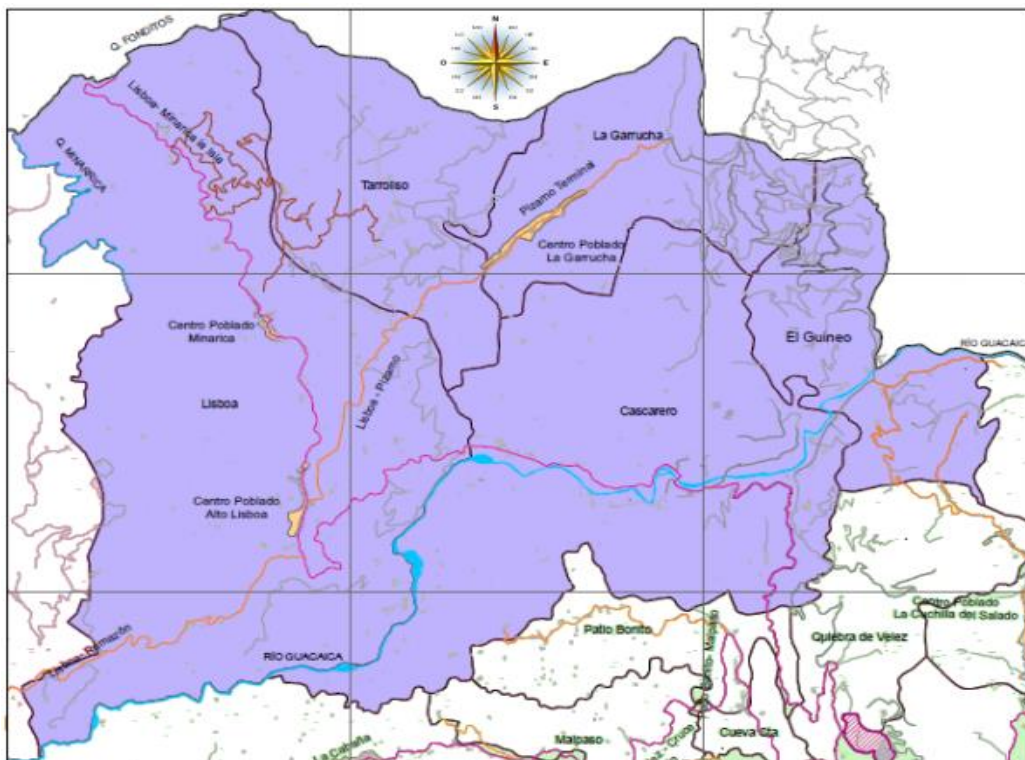
**Fuente: Unidad de Saneamiento Ambiental
Elaboración propia**

Por ende, el acueducto con el cual se aplicará la metodología de diagnóstico es: La Cristalina.

6.4.2. CASO DE ESTUDIO: ACUEDUCTO LA CRISTALINA.

El acueducto La Cristalina abastece la vereda La Garrucha, parte de Mina Rica y Lisboa. Tiene aproximadamente 162 conexiones que en cifras cercanas corresponden a 692 habitantes del corregimiento. Actualmente se aplica una tarifa de pago bimestral por un valor de \$30.000.

La gráfica 22 permite visualizar el corregimiento que en gran porcentaje abastece el acueducto



Gráfica 21 Corregimiento La Cristalina.

Fuente: CIE Manizales.

Según lo planteado por el RAS, este acueducto corresponde a un nivel de baja complejidad (Población < 2500) y según la altitud en la que se encuentra (> 1000 msnm) la dotación neta máxima debe de ser de: 130 l/hab.

La tabla 49 registra los datos aportados por la persona prestadora para la identificación de los elementos que conforman el sistema de acueducto.

Tabla 49 Elementos que conforman el acueducto La Cristalina

	Tiene	No tiene	¿Funciona?	No funciona
COMPONENTES DEL SISTEMA				
OBRAS DE CAPTACIÓN	X		X	
ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN	X		X	
TANQUE DESARENADOR	X			X
PLANTA POTABILIZADORA	X			X
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	X			X
REDES DE DISTRIBUCIÓN	X		X	

Elaboración propia.

6.4.3. ETAPA 1: EVALUACIÓN DE COMPONENTES FUENTE ABASTECEDORA Y OBRAS DE CAPTACIÓN.

6.4.3.1. FASE #1: IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS BÁSICOS DE LA MICROCUENCA.

Actualmente el acueducto utiliza como fuentes de abastecimiento: la quebrada La Gregorita y la quebrada La Cristalina, pertenecientes a la denominada Microcuenca La Gregorita ubicada en el municipio de Neira -Caldas (Vereda La Gregorita).

Tabla 50: Afloramientos que abastecen Acueducto La Cristalina.

LUGAR DE AFLORAMIENTO.	COORDENADAS.
Finca Eucaliptus	LN : 05° 10' 04" LO: 75° 32' 8,3"
Finca La Divisa	LN : 05° 10' 10.3" LO: 75° 32' 14,3"
Finca Barroblanco	LN : 05° 10' 5,6" LO: 75° 32' 21,3"

Elaboración propia.

En la zona se maneja una temperatura promedio de 17°C y según el PBOT de Neira la precipitación media anual es de 1921 mm. Parte de la comunidad afirma que durante el mes de Julio se presentan menos lluvias, mientras que en octubre las precipitaciones son más constantes.

Durante el recorrido por 2 de los afloramientos (Eucaliptus - Barroblanco) se evidencio que:

- Sus alrededores se encuentran en estado regular de forestación.
- El bosque nativo existente es poco (franja de aproximadamente 2 m)
- Ambos afloramientos cuentan con delimitación parcial por franja amarilla
- No hay adecuada gestión de los residuos sólidos procedentes del cultivo de café.
- La mayor parte de las viviendas cuenta con pozos sépticos para el tratamiento de aguas residuales.

6.4.3.2. USO DE SUELOS EN LA MICROCUENCA.

La mayor parte del sector que rodea los afloramientos evidencia actividad ganadera en zona de alta pendiente; surgiendo así uno de los primeros riesgos para la fuente dado a que por escorrentía suelen llegar residuos de heces fecales de los animales aumentando la probabilidad de contaminación microbiológica. La existencia del ganado conlleva además al uso de productos químicos para manejo y control de plagas de ganado, pastos y malezas; en caso de que por escorrentía lleguen a las fuentes este tipo de residuos.

Dada la constancia en las actividades ganaderas en los alrededores de la microcuenca y al uso del suelo para cultivos, se han presentado problemas erosivos causados por el sobrepastoreo situación que ha ocasionado una disminución del caudal y que afecta a la población principalmente en época de verano (regularmente en el mes de Julio), lo anterior también ha incurrido a alterar propiedades del agua como el color. A continuación se expone el material fotográfico relacionado a la fase.



Ilustración 1 Afloramiento Barroblanco - Afloramiento Eucaliptus

Autoría propia.



Ilustración 2 Presencia de Ganado en zona alta del afloramiento Eucaliptus.

Fuente: Autoría propia.



Ilustración 3 Presencia de ganado en los alrededores del afloramiento Barroblanco

Autoría propia.



Ilustración 4 Erosión en la parte alta de la microcuenca - Afloramiento Eucaliptus



Ilustración 5 Residuos encontrados en los alrededores del afloramiento Barroblanco.

Autoría propia.



Ilustración 6 Cambios en la cobertura vegetal debido al sobrepastoreo en la zona.

Fuente: Autoría propia.

Otro porcentaje de los suelos pertenecientes a la microcuenca La Gregorita son utilizados para el cultivo de café y plátano, razón que hace más vulnerable a las fuentes hídricas dado al uso de agroquímicos en sectores aledaños, la búsqueda de acoplar tierras para la agricultura ha sido uno de los motivos por los cuales la deforestación ha aumentado en la zona. El resultado de esta deforestación ha conllevado a aumentar las zonas erosionadas en algunos terrenos cercanos a la microcuenca; razón por la que en épocas de invierno se evidencia un gran arrastre de sedimentos a las fuentes.



Ilustración 7 Cultivos de café en zona aledaña a los afloramientos

Fuente: Autoría propia.

B. Los objetivos de este punto no se llevaron a cabo dado a que los laboratorios encargados de realizar los análisis no tenían capacidad para recibir las muestras; en vista de lo anterior se optó por centrar el objetivo en la caracterización del agua captada dada la cercanía entre el afloramiento y las obras de captación.

C. El representante legal del acueducto identificado como Jorge Hincapié realizó el permiso de concesión de aguas, pero dado al concepto sanitario Desfavorable que se emitió por parte de la unidad de saneamiento ambiental este proceso no se ha renovado. Incurriendo entonces en el incumplimiento de este ítem legal.

6.4.3.3. FASE 2: OBRAS DE CAPTACIÓN Y LÍNEA DE ADUCCIÓN.

El acueducto opera bajo el principio de gravedad y tiene 4 bocatomas construidas en concreto. La tabla 50 contiene la ubicación de cada una de estas y la fuente que las abastece:

Tabla 50 Ubicación de las bocatomas presentes en el acueducto LA CRISTALINA

BOCATOMA	FUENTE	GEOREFERENCIACIÓN.	ALTURA	TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN
1	Afloramiento Finca Eucaliptus	Latitud: 5 09 59" N Longitud: 75 31 56" W	2025 msnm	15 años
2	Afloramiento Finca La Divisa	Latitud:5 10 17,2" N Longitud: 75 31 38,2" W	2023 msnm	30 años
3	Afloramiento Vereda Barroblanco.			15 años
4	Afloramiento Gregorita	Latitud:5 10 04" N Longitud: 75 32 07,7" W	1971 msnm	30 años

Elaboración propia.

La información recopilada para las bocatomas 1 y 3 según los ítems a evaluar expuestos por el Anexo 3 se presentan a continuación:

6.4.3.3.1. BOCATOMA 1.

La bocatoma fue construida hace aproximadamente 15 años y se encuentra localizada en una zona de acceso boscoso, con suelos arcillosos que en épocas de invierno implican un riesgo para la persona encargada de las labores de limpieza y mantenimiento.



Ilustración 8 Zona de acceso bocatoma 1

Autoría propia

La estructura de captación es de toma de fondo formada por dos muros de contención que dirigen el agua para ser captado por una rejilla, está a su vez es direccionada hacia una presa donde se almacena el agua y de allí conducida a la cámara de derivación que orienta el agua hacia la línea de aducción para su llegada al desarenador. La estructura cuenta con tubería de desagüe, ver ilustración 9.



Ilustración 9 BOCATOMA 1.

Autoría propia.

La rejilla tiene una longitud de 66cm de largo y 21cm de ancho, las barras de la rejilla son delgadas (aproximadamente 1/2”), la separación entre estas es de 5 cm por lo que es necesario utilizar una malla que evite el paso de sólidos gruesos dado a que la rejilla actualmente tiene un costal que cumple la función de filtro de partículas de menor diámetro, pero aun así es necesario que se plantee otro tipo de material que requiera una frecuencia menor de mantenimiento ya que la fuente transporta gran cantidad de sedimentos a diario.



Ilustración 10 Rejilla- Bocatoma 1

Autoría propia.

La caja de derivación no presenta grietas, pero su compuerta no abarca la totalidad de la estructura por lo que el agua se encuentra expuesta a una contaminación externa.



Ilustración 11 Compuerta caja de derivación -Bocatoma 1.

Autoría propia.

La bocatoma cuenta con delimitación por franja amarilla y los alrededores de la bocatoma se encuentran en regular estado de reforestación (aproximadamente 3 metros por lado con cobertura de vegetación).



Ilustración 12 Delimitación por franja amarilla -Bocatoma 1.

Autoría propia.

El caudal promedio de captación para esta bocatoma en invierno es de aproximadamente 8 L/s, aguas abajo de la bocatoma se evidencia poco mantenimiento a la fuente dada la presencia de gran cantidad de hojas y sedimentos provenientes de deslizamientos en los alrededores; la cantidad de agua que fluye es poca y esta se encuentra expuesta a altos grados de contaminación química, física y microbiológica pues su cauce pasa por una carretera en la que frecuentemente transitan carros y ganado.

6.4.3.2.2. LÍNEA DE ADUCCIÓN 1.

El material de la tubería es PVC, su diámetro inicial es de 2" y disminuye a 1.5". La distancia que recorre la línea de aducción hasta el desarenador es de aproximadamente 1Km. Estas líneas de aducción no cuentan con accesorios como válvulas ventosas; alternó a estas se utilizan corchos en algunas partes de la tubería, de esta manera cuando la tubería se llena de aire se expulsa el corcho por el aumento de presión interna. Las tuberías no cuentan con válvulas de purga por lo que se dificultan las actividades de limpieza dentro de la tubería.



Ilustración 13 Línea de aducción Bocatoma 1- Desarenador.

Autoría propia

Las labores de mantenimiento en la bocatoma consisten en el retiro de hojas y sedimentos en la rejilla con una frecuencia semanal, actividades como el desagüe de la estructura para el lavado de la caja de derivación y la parte interna de la bocatoma se realizan con una frecuencia de 6 meses, para el lavado se utiliza cepillo de escoba y detergente.

6.4.3.3.3. BOCATOMA 3.

La zona de acceso a la bocatoma se encuentra sobre una pendiente en la que predominan suelos arcillosos, en épocas de invierno los caminos de acceso son peligrosos dado a que en la zona se presentan movimientos en masa motivo de la inestabilidad del terreno.



Ilustración 14 Zona de acceso Bocatoma 3.

Autoría propia.

La estructura de captación es un tipo de toma de fondo formada por dos muros de contención que dirigen el agua para ser captado por una rejilla, está a su vez es direccionada hacia una presa donde se almacena el agua y de allí conducida a la cámara de derivación que orienta el agua hacia la línea de aducción para su llegada al desarenador. La estructura cuenta con tubería de desagüe, ver figura

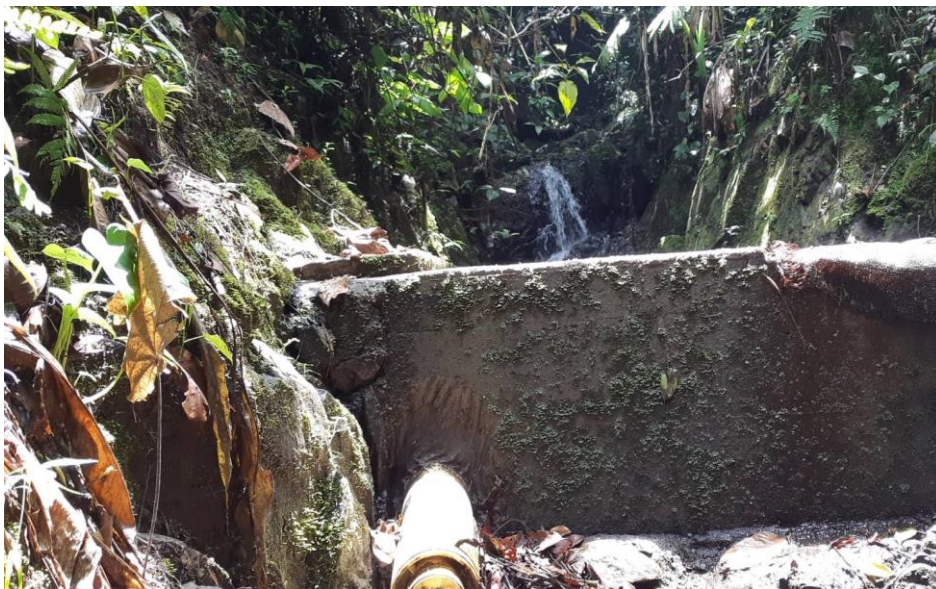


Ilustración 15 Bocatoma 3

Autoría propia.

La rejilla tiene las siguientes dimensiones: 23 cm de ancho x 83 cm de largo, los barrotes son de 1/2" y la separación entre estas es de 4 cm. En esta también se utilizan costales para la filtración de partículas de menor tamaño.



Ilustración 16 Rejilla de captación bocatoma 3.

Autoría propia

Camino a la bocatoma se logran visualizar árboles caídos que intervienen en el camino y que pueden significar un riesgo, especialmente para la línea de aducción de esta bocatoma, ver ilustración 17.



Ilustración 17 Riesgo de daño en tubería de aducción por caída de árbol.

Autoría propia

Los muros de contención de esta bocatoma se encuentran en estado de deterioro a razón de que gran parte del terreno aledaño se ha ido desplazando hacia la fuente cubriendo los muros y generando posibles fuentes de contaminación al agua además de representar un riesgo para la estructura.

6.4.3.3.4. LINEA DE ADUCCIÓN 3.

La línea de aducción de la bocatoma comienza en acero galvanizado de 4" (200m) y luego continúa en tubería de PVC que disminuye a 3" a lo largo del recorrido hacia el desarenador. Esta tubería es sostenida en algunos tramos por estructuras elaboradas con guaduas y palos dado a que tiende a desestabilizarse por las diferentes inclinaciones del terreno antes de llegar al desarenador. La longitud de la línea de aducción hasta el desarenador es de aproximadamente 1Km. La tubería no cuenta con accesorios complementario.



Ilustración 18 Línea de aducción Bocatoma 3- Desarenador.

Autoría propia.

Respecto a las labores de mantenimiento, se evidencia poca limpieza en la estructura, hay presencia de musgo y gran cantidad de hojas y sedimentos. Aunque las actividades de mantenimiento aplican igual que en la bocatoma 1, en esta bocatoma se observa más deterioro estético y funcional.

6.4.3.3.5. CALIDAD DEL AGUA CAPTADA EN BOCATOMAS 1 Y 3.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la muestra de agua tomada al agua captada para esta bocatoma se exponen por medio de la tabla 52.

Tabla 51 Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos para el agua captada en Bocatomas 1-3

CARACTERÍSTI	VALORES	BOCATOMA 1	BOCATOMA 3
--------------	---------	------------	------------

CA	ACEPTABLES	RESULTADOS	DIAGNÓSTICO	RESULTADOS	DIAGNÓSTICO
Alcalinidad total	$\geq 0 \leq 200$	26,6mg CaCo3/L	ACEPTABLE	26,9mg CaCo3/L	ACEPTABLE
Calcio	$\geq 0 \leq 60$	0,64mg Ca/L	ACEPTABLE	8,83mg Ca/L	ACEPTABLE
Cloruros	$\geq 0 \leq 250$	0,57mg CL2/L	ACEPTABLE	0,5mg CL2/L	ACEPTABLE
Coliformes totales	$\geq 0 \leq 0$	2419,2 UFC/100ml	NO ACEPTABLE	2419,2 UFC/100ml	NO ACEPTABLE
Color aparente	$\geq 0 \leq 15$	20 UPC	NO ACEPTABLE	19 UPC	NO ACEPTABLE
Dureza total	$\geq 0 \leq 300$	24,47 mg CaCo3/L	ACEPTABLE	27,98 mg CaCo3/L	ACEPTABLE
E.coli	$\geq 0 \leq 0$	228,2 UFC/100ml	NO ACEPTABLE	365,4 UFC/100ml	NO ACEPTABLE
Hierro total	$\geq 0 \leq 0,3$	0,11mg Fe/L	ACEPTABLE	0,11 mg Fe/L	ACEPTABLE
Fosfatos	$\geq 0 \leq 0,5$	0,087mg PO4 3-/L	ACEPTABLE	0,06 mg PO4 3-/L	ACEPTABLE
Magnesio	$\geq 0 \leq 36$	6,1mg Mg/L	ACEPTABLE	4,65mg Mg/L	ACEPTABLE
Nitritos	$\geq 0 \leq 0,1$	0,009mg NO-/L	ACEPTABLE	0,01mg NO-/L	ACEPTABLE
Ph	$\geq 6,5 \leq 9$	7,13	ACEPTABLE	7,11	ACEPTABLE
Sulfatos	$\geq 0 \leq 250$	1 SO4 2-/L	ACEPTABLE	1 SO4 2-/L	ACEPTABLE
Turbiedad	$\geq 0 \leq 2$	0,693 UNT	ACEPTABLE	0,848 UNT	ACEPTABLE
Olor		ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
Conductividad	100 microsiemens/cm	60,8 microsiemens/cm	ACEPTABLE	64,7 microsiemens/cm	ACEPTABLE
Sabor		ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
IRCA		68,53% RIESGO ALTO		68,53% RIESGO ALTO	

Fuente: Unidad de Saneamiento Ambiental
Elaboración propia.

Los resultados procedentes de las muestras tomadas en cada una de las bocatomas mencionadas anteriormente indican un incumplimiento en los parámetros de: color, coliformes totales y E. coli. Claramente los resultados obtenidos permiten asociarlos con las actividades que se realizan en los alrededores de los afloramientos.

Los altos valores de color se pueden relacionar con el arrastre de sedimentos que normalmente trae la fuente desde aguas arriba de la bocatoma debido a la erosión de algunas áreas a causa del sobrepastoreo al igual que las actividades naturales como movimientos en masa.

Los valores de E. coli y Coliformes totales indican un alto grado de contaminación biológica, la presencia de E. coli se relaciona totalmente con las heces de animales que se encuentran cerca a los afloramientos, aun así, debe de vigilarse además que la fuente no esté siendo utilizada por los habitantes cercanos como punto de vertimiento de aguas domésticas.

Cabe recordar que la E. coli es la responsable de millones de enfermedades de tipo gastrointestinal y que la comunidad debe de conocer los riesgos que la calidad del agua captada representa para ellos.

Cumpliendo el objetivo de fase y según los resultados obtenidos de los análisis:

- Se identifica que el agua captada por las bocatomas 1 y 3 es de regular calidad según lo expuesto por el RAS, principalmente por la presencia de E.coli y aún más por el riesgo que esto representa para la población.
- El IRCA del agua para ambas bocatomas se encuentra clasificado en un NIVEL DE RIESGO ALTO (65,83%)
- El tratamiento adecuado según la caracterización del agua incluye procesos de filtración lenta o directa + el proceso de desinfección.

6.4.3.3. DIAGNOSTICO DE PROBLEMÁTICA: ETAPA 1.

Por medio de la evaluación realizada a estos dos componentes se identifica lo siguiente:

- El permiso de concesión de aguas no se encuentra vigente dado a que el concepto sanitario del acueducto es desfavorable.
- Las actividades ganaderas representan el principal peligro para las fuentes de abastecimiento del acueducto; estas dan lugar a la erosión del suelo en los alrededores de los afloramientos aumentando el riesgo de que por escorrentía superficial las heces fecales de los animales lleguen a las fuentes, afectando directamente sus propiedades microbiológicas.
- El IRCA del agua de las bocatomas 1 y 3 se encuentran clasificadas en un nivel de RIESGO ALTO, lo anterior se debe principalmente a la presencia de E.coli (indicador de contaminación fecal) en las muestras de agua captada.
- Las actividades agropecuarias como el cultivo de café y plátano además de dar pie a la deforestación en las zonas aledañas a los afloramientos, inciden en la disminución del caudal por necesidad de abastecer procesos de riego. Sin omitir que el uso de agroquímicos para el sostenimiento de estos cultivos es una actividad que impacta en la calidad del agua; principalmente en sus características químicas.
- No se realiza el aforo de caudal en las bocatomas.
- Las rejillas no cumplen con los parámetros de espaciamiento entre barras por lo que los procesos de filtración no se llevan a cabo adecuadamente.
- En elementos como las rejillas y los muros de contención deben de implementarse mantenimientos más frecuentes, al igual que realizar el diseño de una malla para usar por encima de las barras de las rejillas existentes.
- La inestabilidad de los terrenos que rodean a las bocatomas y la erosión que estos presentan da lugar a que se presenten con frecuencia movimientos en masa que se convierten en riesgos para la estructura, como es el caso de la línea de aducción de la bocatoma 3.
- La tubería de aducción de ambas bocatomas no posee válvulas de purga para la evacuación de sedimentos por lo que al desarenador llegan gran cantidad de estos, haciéndose notorio el aumento de turbiedad y el color en comparación al agua captada de la bocatoma.

- Las actividades de mantenimiento en las estructuras no satisfacen los requerimientos planteados por el referente.

6.4.3.4. RECOMENDACIONES GENERALES “ETAPA 1”.

En lo que respecta a la microcuenca:

- Es necesario que se implementen acciones para que el acueducto pueda obtener una nueva certificación sanitaria favorable y de esta forma poder renovar el proceso de concesión de agua.
- Debe concientizarse a la comunidad sobre: evitar la tala de bosques y quemas junto a las microcuencas, además de ser necesario planificar actividades en conjunto con la autoridad ambiental que permitan restaurar y proteger los bosques nativos ya que la pérdida de estos genera fuertes impactos como la erosión de grandes superficies y cambios en los volúmenes de agua.
- Debido a que la actividad ganadera tiene el mayor impacto negativo en las fuentes hídricas que abastecen el acueducto se recomienda que se pacte una reunión con las personas encargadas de manejo del ganado, para que así se pueda analizar la opción de: no sobrecargar los potreros y darle una adecuada rotación a los animales, además de contextualizar sobre la importancia de mantener la delimitación por franja amarilla.
- Evitar el uso de agroquímicos en áreas cercanas a la microcuenca.
- En los alrededores de la fuente abastecedora deben de realizarse mantenimientos más frecuentes que abarquen: recogida de residuos, hojas en la fuente, materiales tóxicos.

En lo que respecta a las obras de captación y la línea de aducción:

- Es necesario que la persona prestadora realice la medición del caudal que capta la bocatoma con una frecuencia diaria o por lo menos tres veces por semana, ya que esto permite conocer el volumen de agua que se capta durante ciertos periodos y de esta forma identificar mínimos y máximos para la fuente, lo anterior también sirve de registro para detectar las pérdidas de agua en el acueducto.
- Debe de realizarse con mayor frecuencia las labores de mantenimiento y limpieza tanto en las bocatomas, como en la fuente de abastecimiento.

- La implementación de otro tipo de malla en las rejillas existentes puede garantizar más efectividad en los procesos de filtración de partículas de menor tamaño. En estas también es necesario realizar mantenimiento anticorrosivo a los barrotes.

6.4.4. ETAPA 2: EVALUACIÓN SISTEMA DE TRATAMIENTO.

En esta etapa solo se realizó una visita de inspección, por lo que la información generada no cubre a totalidad lo requerido en los anexos correspondientes.

6.4.4.1. FASE 1: COMPONENTE DESARENADOR.

Las 4 bocatomas confluyen a un solo tanque desarenador ubicado en las siguientes coordenadas: **N 5 10 5.6” W 75 32 21.3”**. Esta estructura fue construida hace aproximadamente 20 años, ver ilustración 19.



Ilustración 19 Tanque Desarenador.

Fuente: Autoría propia.

El agua que llega de las bocatomas fluye hacia una cámara de entrada, en esta el agua es dirigida a los módulos de sedimentación y por medio de un vertedero en cada módulo, el agua llega finalmente al tanque de salida y de ahí es distribuida en diferentes porcentajes a la PTAP de La Garrucha y Neira.

La estructura actualmente no funciona de forma adecuada, la persona prestadora expresa realizar lavado de los tanques de manera semestral.; para el día de la visita se registró presencia de lama en paredes interiores y exteriores.



Ilustración 20 Presencia de lama en paredes interiores del tanque de salida.

Autoría propia.

6.4.4.2. FASE 2: COMPONENTE PLANTA DE TRATAMIENTO.

La PTAP está ubicada en la vereda La Garrucha, fue construida hace 31 años y diseñada para operar bajo el proceso de filtración en múltiples etapas. Cuenta con cercamiento que rodea toda la estructura, la zona en la que se encuentra es de difícil acceso dado a la pendiente en que se encuentra y al tipo de suelo (arcilloso) que caracteriza el camino.



Ilustración 21 Entrada PTAP - Acueducto La Cristalina

Autoría propia.

La cámara de entrada a la planta presenta agrietamientos que pueden provocar filtraciones y por ende pérdidas de agua en el sistema, ver ilustración 22.



Ilustración 22 Tanque de entrada de agua a la PTAP

Autoría Propia.

La PTAP fue diseñada para que primero se realizara un proceso de filtración gruesa ascendente y luego filtración lenta en arena, seguido a esta el proceso de desinfección.



Ilustración 23 Panorama general de unidades que componen PTAP

Fuente: Autoría propia.

A la PTAP llegan aguas turbias procedentes del desarenador, esto se debe principalmente a que en el acueducto los procesos previos de filtración no se llevan a cabo. Las razones que indujeron al mal funcionamiento de la PTAP radican desde su construcción dado a que los módulos de filtración no tenían tubería de desagüe para evacuar el agua después de su lavado, el material del filtro ascendente no era el indicado y por esta razón los filtros lentos de arena se colmataban rápidamente dado a que el agua llegaba con gran cantidad de sedimentos.



Ilustración 24 Color del agua en la cámara de salida del FLA.

Fuente: Autoría propia

Aunque el funcionamiento de la PTAP no es el adecuado pues los filtros no cuentan con el material necesario para su operación, la persona prestadora realiza actividades de mantenimiento; como el retiro del material sobrenadante, lavado de filtros (frecuencia indeterminada) gracias a la instalación de tuberías de desagüe que fueron construidas e implementadas por el fontanero.

La visita permitió conocer que no se realiza nunca el aforo de caudal a la entrada y/o salida de la PTAP, y que además no se han realizado pruebas al afluente y efluente para así determinar los cambios característicos del agua antes y después del paso por este componente.

A la caseta que es utilizada para guardar material de mantenimiento no se le realiza ningún tipo de limpieza, ver ilustración 25.



Ilustración 25 Caseta de instrumentos PTAP- La Cristalina

Autoría propia.

A pesar de que en la PTAP existe cámara de desinfección, ver figura 26, este proceso nunca se ha implementado debido al poco conocimiento de la persona prestadora sobre el tema, al igual que la falta de recursos económicos para comprar la materia prima.



Ilustración 26 Cámara de desinfección.

Autoría propia.

6.4.4.3. DIAGNOSTICO DE PROBLEMÁTICA: ETAPA 2.

- El desarenador no cuenta con medios de protección.
- En ninguno de los componentes evaluados se realizar el aforo de caudal, ni toma de muestras para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

- Los proceso de filtración en el desarenador y en la PTAP no logran realizarse adecuadamente debido a la mala operación y mantenimiento de los componentes, también se cataloga como causa agregada el tiempo de construcción de estas pues ambas exceden el cumplimiento en periodo de diseño.
- La persona prestadora no cuentan con un esquema de trabajo claro en cuanto a procesos de funcionamiento y mantenimiento; ni tampoco con ayuda de la comunidad para realizar funciones asociadas.
- Los procesos de desinfección nunca se han realizado, esto se debe principalmente al desconocimiento técnico de la persona prestadora para ejecutarlo.

Por inconvenientes para concretar las visitas con la persona prestadora, no se realizó la verificación de parámetros de diseño en los componentes: desarenador y PTAP.

El desarrollo de las etapas restantes (3, 4,5) no se llevó a cabo por lo mencionado anteriormente.

6.4.5. FASE GESTIÓN DEL RIESGO.

Los resultados para la fase general de los componentes gestión del riesgo en el sistema de acueducto se exponen por medio de la tabla 53.

Tabla 52 Gestión del riesgo- Sistema de acueducto La Cristalina.

GESTIÓN DEL RIESGO						
COMPONENTE	Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligro	Puntuación y color	Clasificación del riesgo	Medidas preventivas o de control existentes	Medidas a implementar
Fuente de captación - Bocatoma 1-3	Actividad Ganadera	Contaminación por heces fecales	15	ALTO	Delimitación por franja amarilla	Redefinir una nueva delimitación ya que la franja actual se encuentra en estado regular.
Fuente de captación.	Sobrepastoreo	Erosión en los alrededores de la fuente. Perdida de la cobertura vegetal.	13	ALTO	Delimitación por franja amarilla	Rotación del ganado - Reforestación.

Fuente de captación - Bocatoma 1-3	Fuertes lluvias	Movimientos en masa - Cambios en la calidad de la fuente.	9	MEDIO		Monitoreo de la calidad del agua en época de lluvia.
Fuente de captación - Bocatoma 1-3	Viviendas	Contaminación por aguas residuales domésticas.	5	BAJO		Inspección frecuente a la fuente abastecedora - Implementar avisos que permitan informar a la comunidad el uso que se da a la fuente.
Fuente de captación - Bocatoma 1-3	Periodos de sequía	Disminución de la oferta hídrica.	5	BAJO		
Fuente de captación - Bocatoma 1-3	Cultivo de café y plátano	Contaminación química del agua por uso de agroquímicos.	5	BAJO		Realizar una adecuada gestión de los residuos procedentes de este tipo de actividades . Uso de productos menos tóxicos.
Bocatoma 1-3	Movimientos en masa	Colapso de la infraestructura.	5	BAJO		
Bocatoma 1-3	Mal estado de la rejilla	Inadecuada filtración de sólidos. Daño en tuberías	8	MEDIO	La rejilla tiene una malla hecha con costal que permite que se filtren sólidos de gran tamaño.	Rediseño de una malla para ambas rejillas, con un material más fino .
Línea de aducción	Ausencia de accesorios para mantenimiento.	Daño en tubería por aumento de sólidos transportados	6	MEDIO		
Línea de aducción (Bocatoma 3)	Movimientos en masa	Daño de la infraestructura	10	ALTO		Inspección más frecuente en la línea de aducción, retiro de material peligroso (tallos de gran tamaño).
Desarenador	Ausencia de medios de protección.	Contaminación microbiológica del agua.	5	BAJO		Delimitación con malla o cercamiento de la

						estructura.
Desarenador	Funcionamiento inadecuado	Eliminación insuficiente de partículas.	10	ALTO		Planeación y ejecución de actividades de mantenimiento y limpieza.
Planta de tratamiento	Funcionamiento inadecuado	Agua no apta para consumo humano	15	ALTO		Planeación y ejecución de actividades de mantenimiento y limpieza. Inversión en material para filtros.

Elaboración propia.

6.4.6. LIMITACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA METODOLOGIA.

- Dificultad para conciliar visitas de inspección con la autoridad sanitaria y la persona prestadora.
- Poca disponibilidad de recursos humanos para llevar a cabo el desarrollo total de la metodología planteada.
- Desinterés de la persona prestadora y la comunidad para realizar actividades de diagnóstico.
- Falta de recursos económicos para realizar de manera particular los análisis de parámetros básicos y microbiológicos de las muestras de agua.

6.5. ANALIZAR CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA VIGENTE POR PARTE DE LA ENTIDAD COMPETENTE DE ACTIVIDADES DE IVC.

En cumplimiento al Artículo 8 del Decreto 1575 de 2007, es responsabilidad de las direcciones territoriales de salud como autoridades sanitarias de los departamentos, distritos y municipios, ejercer la vigilancia y el control sobre la calidad del agua para consumo humano. La tabla 53 permite conocer las acciones que establece la norma y el cumplimiento que se da por parte de la autoridad sanitaria competente en el municipio de Manizales.

Tabla 53 Actividades de IVC en sistemas de acueductos.

ACCIONES.	¿QUE EVALÚA?	¿SE DA CUMPLIMIENTO POR PARTE DE LA AUTORIDAD COMPETENTE?			LIMITACIONES O FALENCIAS
		SI	NO	PARCIAL MENTE	
Practicar visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano, con la periodicidad requerida conforme al riesgo.	- Tratamiento del agua y continuidad del servicio (IRABA). - Implementación de buenas prácticas sanitarias en la planta de tratamiento y red de distribución. - Concepto sanitario por persona prestadora según IRCA, IRABA y BPS			X	- La frecuencia de las visitas no se dan conforme al riesgo. Aunque la mayor parte de los acueductos veredales están clasificados en un nivel de riesgo alto o inviable sanitariamente ; las visitas de inspección por parte del técnico se hacen 1 vez cada año dado a que se cuentan con pocos técnicos para esta tarea.
Realizar la vigilancia de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo, tanto en la red de distribución como en otros medios de suministro de la misma.	- Calidad del agua y su respectivo IRCA.			X	-No se cumple con la frecuencia mínima bimestral establecida por la resolución 2115 de 2007. Para el año 2017 se realizaban 4 muestras por acueducto rural durante todo el año ya que los laboratorios tenían poca capacidad y se daba prioridad a las muestras a analizar de la zona urbana. -El proceso regular de notificaciones de IRCA según el nivel de riesgo no se lleva a cabo.

Levantamiento de Mapas de Riesgo de las fuentes hídricas que abastecen los acueductos urbanos y rurales del municipio.	-Factores de riesgo y las características físicas, químicas y microbiológicas de las fuentes de agua aferentes a las captaciones de acueducto que puedan afectar la salud humana.			X	-Baja articulación sectorial entre la autoridad sanitaria y la autoridad ambiental. - Los mapas de riesgo no se actualizan de forma anual, debido a la falta de recursos humanos para su desarrollo. - Por baja capacidad de recepción de muestras en los laboratorios se omite la toma de estas en bocatomas cuando se elaboran mapas de riesgo.
--	---	--	--	---	---

Fuente: Elaboración propia a partir de Resolución 2115 de 2007⁽²³⁾ / Decreto 1575 de 2007⁽²⁴⁾

Se encuentran falencias en las acciones que se llevan a cabo por parte de la autoridad sanitaria en cuanto al cumplimiento en las frecuencias para tomar las muestras de control de calidad del agua en las zonas rurales, por otro lado, aunque el mapa de riesgo este determinado como un instrumento para garantizar la calidad del agua, la autoridad sanitaria no los elabora de forma constante y actualizada aun cuando la resolución 4716 de 2010 establece que se deben de realizar de forma prioritaria aquellos mapas de riesgo en donde las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua representan un mayor riesgo para la salud, anexo a esto se deben establecer medidas correctivas, preventivas y de control como toma de muestras de agua en bocatomas pero en vista de que el laboratorio que recepciona y analiza las muestras no cuenta siempre con capacidad para recibirlas se omiten algunos procesos que representan información vital para la identificación de problemática en términos de calidad del agua.

Claramente las falencias iniciales se presentan como causa de una normativa diseñada para evaluar de igual manera a los acueductos sin importar el nivel de complejidad en que estos se encuentren, y cabe resaltar que este nivel de complejidad se determina en base al número de población que abastece y la capacidad económica de estos; por ende no será equilibrado exigir ciertos criterios de cumplimiento a acueductos que no cuentan con aportes económicos constantes y que además en su mayoría son operados de forma intermitente. Un ejemplo claro de esto se visualiza en la evaluación de las BPS ; en esta además de calificarse aspectos generales de la PTAP se califican aspectos de seguridad industrial y ocupacional así como también la existencia de laboratorios para control de procesos y calidad del agua para consumo humano distribuida; los puntos anteriormente mencionados perfectamente pueden tener una buena calificación en aquellos acueductos urbanos donde el nivel de complejidad es alto y por ende quienes los operan se encuentran constantemente capacitados para hacerlo, además de contar con recursos económicos para cumplir con lo exigido por la normativa mientras que en un acueducto veredal se contará con pocos recursos económicos para la implementación de equipos de laboratorio, y sumado a esto quienes se encargan de operarlos no cuentan con capacitaciones asequibles. Aun así, ambos acueductos son evaluados bajos los mismos criterios.

7. CONCLUSIONES.

- El agua suministrada por el 75% de los acueductos veredales que cuentan con PTAP representa un riesgo para la salud de los usuarios.
- Las plantas de tratamiento existentes, principalmente aquellas con tecnología FiMes presentan mayor incumplimiento en cuanto a la calidad del agua distribuida. Esto se da principalmente por la falta de conocimiento técnico para utilizar un material adecuado en los filtros al igual que para realizar labores operativas y de mantenimiento.
- Gran parte de las limitaciones para el sostenimiento de las PTAP va directamente ligado a la carencia de inversiones económicas en la infraestructura y la poca disponibilidad de capacitaciones técnicas para quienes las operan.
- El 58% de los acueductos sin PTAP se encuentra clasificado en un nivel de riesgo Inviabile sanitariamente; por otro lado el 42% restante se clasifica en un nivel de riesgo alto.
- Solo 2 de los acueductos con PTAP : Alto Bonito y Maltería cumplen con los valores admisibles para E. Coli y Coliformes totales.
- La pésima calidad microbiológica del agua distribuida por los acueductos se encuentra asociada directamente a la influencia que tienen las actividades ganaderas en las microcuencas, además de la ausencia de procesos de desinfección en los sistemas de tratamiento.
- Las actividades de inspección, vigilancia y control realizadas por la autoridad sanitaria en el área rural presentan incumplimientos parciales en cuanto a lo requerido por la normativa.
- Los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua necesitan de procesos alternos que permitan evaluar de forma alterna los sistemas de acueducto que tienen un nivel de baja complejidad.

8. RECOMENDACIONES.

- Aunque las autoridades competentes cumplen con las funciones de vigilancia de la calidad del agua en la ciudad, se hace necesario que se prioricen zonas críticas para que estas sean objeto de estudio con el fin de establecer la problemática con mayor impacto.
- La autoridad sanitaria debe implementar las notificaciones con relación a los valores del IRCA por muestra y mensual como lo establece el cuadro No 7 de la Resolución 2115 de 2007; esto permitirá que se pueda proceder a adoptar las medidas correspondientes por parte de los responsables.
- Con respecto a los mapas de riesgo; es indispensable buscar un mayor cumplimiento de la Resolución 4716 de 2010, principalmente del Artículo 13 que establece los tiempos de actualización, ya que es necesario que por parte de las autoridades competentes se lleve a cabo una actualización más constante de los mapas de riesgo, dados los cambios que pueden surgir en las microcuencas entre cortos periodos de tiempo.
- Analizar la viabilidad de adelantar procesos de capacitación comunitaria en el manejo de agua para consumo humano, esto puede lograrse mediante alianzas interinstitucionales.
- Priorizar acciones orientadas a apoyar la recuperación y conservación de las fuentes abastecedoras para así lograr una mayor sostenibilidad del recurso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

(1) Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2015. (2017) [Internet] . Disponible en: http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf

(2) Naciones Unidas. Los retos de Colombia para el 2030. (2018).[Internet] . Disponible en: http://nacionesunidas.org.co/wpcontent/uploads/2018/07/ODS_en_Colombia_los_retos_para_2030_ONU.pdf

(3) Ministerio de Salud y Protección Social. Subdirección de Salud Ambiental. INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO INCA 2016. BOGOTÁ, 2018. [Internet] Disponible en :<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/ssa-inca-2016.pdf>

(4) Organización Mundial de la Salud . Agua y Salud. [Internet] . 7 de Febrero de 2018. [Internet] . [Consultado 3 Oct 2018]. Disponible en : <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

(5) LEONIDAS CARDENAS. EDUARDO PATIÑO. ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE TUTUCÁN, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY . (2010). [Internet]. Disponible en : <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>

(6) Organización Panamericana de la Salud. TECNOLOGÍAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA EN POBLACIONES DISPERSAS.(2005). [Internet] Disponible en : <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/170doc-tecnologias.pdf>

(7) Organización Panamericana de la Salud. Asociación Servicios Educativos Rurales. Guia de Orientación en Saneamiento Básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. 2009. [Internet]. Disponible en : http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guiacalde/0gral/078_guia_alcaldes_SB/Guia_alcaldes_2009.pdf

(8) Jeff Conant y Pam Fadem. Guía comunitaria para la salud ambiental. Hesperian 2008. [Internet] Disponible en :<https://ongcaps.files.wordpress.com/2012/04/guc3ada-comunitaria-para-la-salud-ambiental.pdf>

(9) GERARDO GALVIS CASTAÑO. JORGE LATORRE MONTERO. Universidad del Valle .Cinara, Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable Filtración en

Múltiples etapas: Tecnología innovativa para el tratamiento del agua. 1999. [Internet]. Disponible en :<https://www.ircwash.org/sites/default/files/255.9-99FI-17025.pdf>

(10) José Gilberto López Herrera. Acueductos. Primera Edición. Pereira. 2011. [Libro]

(11) CANEPA DE VARGAS, Lidia, PEREZ, José, Manual I, II y III: Teoría y Evaluación. Diseño, Operación, Mantenimiento y Control. Perú. Lima, OPS/CEPIS, 1992.

(12) SENA. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. [Internet] Disponible en :https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/fontaneria_municipal/fontaneria_municipal.html#

(13) Organización Panamericana de la Salud (OPS). Organización Mundial de la Salud (OMS) . GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES .2005.[Internet]. Disponible en : <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

(14) Luis Dario Sanchez .Arlex Sanchez.Gerardo Galvis. Jorge Latorre. Filtración en Múltiples Etapas. IRC Centro Internacional En Agua y Saneamiento 2006. [Internet]. Disponible en : <https://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Filtracion%20en%20múltiples%20etapas%20IRC.pdf>

(15) CANEPA DE VARGAS, Lidia, PEREZ, José, Manual I, II y III: Teoría y Evaluación. Diseño, Operación, Mantenimiento y Control. Perú. Lima, OPS/CEPIS, 1992.

(16) C.A.S.A. MENÚ DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO A NIVEL COMUNITARIO Y DOMICILIARIO. [Internet]. Disponible en : <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3623>

(17) Organización Panamericana de la Salud (OPS). Organización Mundial de la Salud (OMS). Diseño para el tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas. 2005.[Internet]. Disponible en :http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME.pdf.

(18) Luis Dario Sanchez .Arlex Sanchez.Gerardo Galvis. Jorge Latorre. Filtración en Múltiples Etapas. IRC Centro Internacional En Agua y Saneamiento 2006. [Internet]. Disponible en :

<https://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Filtraci%C3%B3n%20en%20m%C3%BAltiples%20etapas%20IRC.pdf>

(19) Felipe Solsona. Juan Pablo Méndez. La desinfección del agua. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002 [Internet]. Disponible en : <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/libro.pdf>

(20) Servicios Públicos de Florencia. Servicio de Acueducto. [Internet]. Disponible en: <https://www.servaf.com/wps/>

(21) Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS . 2017.[Libro]

(22) Freddy Hernán Corcho Romero. José Ignacio Duque Serna Acueductos: teoría y diseño. Tercera Edición. Universidad de Medellín. 2005. [Libro]

(23) MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 de 2007. [Internet]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf

(24) MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. DECRETO NÚMERO 1575 DE 2007.[Internet]. Disponible en:<http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>

(25) Organización Mundial de la Salud. Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud. 2004. [Internet]. Disponible en:https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/

(26) Secretaría de Salud de Manizales. BOLETÍN EPIDEMIOLÓGICO. 2018 .[Internet]. Disponible en:<http://manizallessalud.net/wp-content/uploads/2018/12/Boletin-Epid-Noviembre.pdf>

(27) Alcaldía de Manizales. Plan de Desarrollo Municipal de Manizales (2016-2019).[Internet]. Disponible en: <http://www.manizales.gov.co/RecursosAlcaldia/201605021636516132.pdf>

(28) Aguas de Manizales. Indicadores de Gestión. 2018. [Internet]. Disponible en: <http://www.aguasdemanizales.com.co/>

(29) ISAGEN. CEAM. MANUAL PARA EL MANEJO DE UN ACUEDUCTO RURAL.[Internet] Disponible en: http://corpoceam.org/documentos/CARTILLA_ACUEDUCTOS.pdf

(30) Organización Mundial de la Salud.Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M.Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Ginebra, 2009. Disponible en :https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75142/9789243562636_spa.pdf;jsessionid=E49F57D36A5509A70F54542808D954ED?sequence=1

(31) MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL DE MICROCUENCAS PMAM.2018. [Internet]. Disponible en:<http://www.andi.com.co/Uploads/GU%C3%8DA%20PMA%20de%20Microcuenca.pdf>

(32) MINISTERIO DEL AGUA.MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA. 2007.[Internet]. Disponible en: <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/04MANOpeManSAPrural.pdf>

ANEXOS.

Anexo 1 FORMULARIO GESTIÓN DEL RIESGO

GESTIÓN DEL RIESGO						
COMPONENTE	Evento peligroso (fuente de peligro)	Tipo de peligro	Puntuación y color	Clasificación del riesgo	Medidas preventivas o de control existentes	Medidas a implementar

*Fuente: Adaptado de Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. OMS. 2010.
Elaboración propia.*

Anexo 2 FORMULARIO PARA EL DIAGNOSTICO DE MICROCUENCA.

SECCIÓN A1	
INFORMACIÓN GENERAL	
Nombre de la microcuenca abastecedora	

Ubicación			
Temperatura promedio		¿Tiene permiso de concesión de aguas? En caso de que si se cuente con este, verificar vigencia.	
Altitud (msnm)		Precipitación media aproximada	
Actividades económicas y sociales que predominan en la zona de la microcuenca y sus alrededores.		Usos del agua	
Estado de la vegetación en la microcuenca.		Uso actual de los suelos de la microcuenca (forestal, agrícola, ganadero, pecuario, urbano)	
Se evidencian vertimientos a la fuente?		Se realizan actividades de mantenimiento en los alrededores de la microcuenca?	
Distancia desde el afloramiento hasta la estructura de captación.		¿La microcuenca cuenca con delimitación por franja amarilla?	
Caudal registrado en tiempo de verano		Caudal registrado en tiempo de invierno	
Caudal máximo horario (QMH)		Caudal máximo diario (QMD)	

SECCIÓN A2			
CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE			
COORDENADAS PUNTO DE MUESTREO		TIPO DE FUENTE SEGÚN EL RAS	
IRCA REGISTRADO PARA LA FUENTE		GRADO DE TRATAMIENTO QUE DEBE DE TENER SEGÚN EL RAS	
PARAMETROS QUE SOBREPASAN LOS VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LO ESTABLECIDO EN RES. 2115 DE 2007			

Elaboración propia.

Anexo 3 ASPECTOS A EVALUAR EN OBRAS DE CAPTACIÓN Y LINEA DE ADUCCIÓN.

TIPO DE ASPECTOS	ITEM A ANALIZAR	CONTENIDO MINIMO	LINEAMIENTO A COMPARAR.	REFERENT E.	¿CUMPLE?			OBSERVACIONES
					SI	NO	PARCIAL	
GENERALES	Tipo de toma	Descripción breve del tipo de toma utilizado.	N/A					

	Estructura existente	Componentes que integran la obra de captación, verificación de existencia de elementos de control de caudal.	La bocatoma debe de contar con dispositivos de rejillas y cribados necesarios para evitar el ingreso de objetos gruesos, además de tener elementos de control para devolver los excesos de agua captados al cauce de la fuente y evitar el ingreso de caudales mayores al de diseño.	RAS				
	Observaciones estado actual de la infraestructura.	Estabilidad de las obras, facilidad de operación y mantenimiento,	<p>-Las estructuras de captación deben ser estables con respecto a la calidad del suelo de cimentación aún en el caso de las máximas crecientes. Además, la estructura también debe ser estable cuando se presenten fallas de origen geotécnico o geológico en las cercanías a la captación.</p> <p>- El diseño de las obras de captación debe contemplar estructuras para el alivio o descarga de las mismas. Deben determinarse los medios para evitar la entrada de materiales o cuerpos extraños. Debe disponerse la instalación de un desarenador a continuación de la obra de captación cada vez que se considere necesario.</p>	RAS				
	¿Dispone de medios de protección?	Descripción de elementos de protección presentes.	La zona de la bocatoma debe disponer de los medios de protección y cercado para evitar la entrada de personas no autorizadas y/o animales.	RAS				

	¿Cuenta con elementos de control de caudal?	Verificación de sistemas de aforo,	Toda captación deberá contar con los elementos de control necesarios para devolver los excesos de agua captados al cauce de la fuente y evitar de esta forma el ingreso de caudales mayores al de diseño al sistema de aducción.	RAS				
	¿Está localizada en una zona de fácil acceso?	Descripción de la zona en que está ubicada la obra de captación. Información relacionada con la zona de acceso.	Las captaciones deben estar ubicadas preferiblemente en los tramos rectos de los ríos con el fin de evitar erosiones y sedimentaciones. Debe de situarse en zonas de fácil acceso que permitan las operaciones de reparación, limpieza y mantenimiento.	RAS				
	Estado de la cobertura vegetal en los alrededores	Estado actual de la vegetación dentro de la microcuenca y las zonas cercanas a las obras de captación. Indagar sobre el estado de esta zona años atrás con el fin de realizar una comparación que permita identificar el impacto de las actividades que puedan relacionarse directamente a su estado actual.						
	Línea de aducción.	Longitud desde la línea de aducción hasta el desarenador o siguiente componente del acueducto, diámetro de la tubería y material, verificar fugas y accesorios presentes (válvulas)	Debe procurarse que el trazado de la línea desde captación hasta el siguiente componente sea lo más corto posible.	RAS				
DISEÑO	Periodo de diseño	Información correspondiente al periodo transcurrido desde que fue construida la obra de captación	Para todos los componentes del sistema de acueducto se adopta como periodo de diseño 25 años.	RAS				

	Caudal	Caudal de diseño- Mediciones instantáneas de caudal promedio captado (diarias o semanales) - análisis de cumplimiento con dotación necesaria para los suscriptores del servicio.	Caudal de diseño debe de ser hasta 2 veces QMD (caudal máximo diario) .					
	Rejilla	Estado actual de las rejillas. Tomar medidas de: Grosor de las barras, espacio entre ellas.	El espaciamiento entre barras paralelas debe ser de 7,5 cm a 15 cm para las rejas gruesas, y de 2 cm a 4 cm para las rejas finas	OPS				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	¿Cuentan con personal técnico, operador o fontanero para la operación y mantenimiento?	Información correspondiente a experiencia de la persona encargada, tiempo de duración en el cargo, capacitaciones recibidas por organismos competentes.	N/A					
	Registro de información.	Validar la información existente sobre actividades de mantenimiento realizadas durante el tiempo de funcionamiento.	Todas las actividades de mantenimiento (ya sea preventivo o correctivo) se deberán registrar considerando como mínimo los siguientes datos: fecha, localización, tipo de daño, causa del daño, repuestos utilizados y procedimiento realizado.					
	Procesos y frecuencia.	Descripción de procesos de mantenimiento, elementos utilizados, frecuencia con que se realiza la limpieza a las bocatomas.						
CALIDAD DEL AGUA CAPTADA	Caracterización del agua mediante la toma de muestras para análisis fisicoquímico y microbiológico en las obras de captación.	Análisis de los resultados obtenidos. IRCA registrado.		Resolución 2115 de 2007				
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.								

PUNTO DE MUESTREO	
PARAMETROS ANALIZADOS Y VALORES OBTENIDOS.	
IRCA REGISTRADO PARA LA MUESTRA.	
PARAMETROS QUE SOBREPASAN LOS VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LO ESTABLECIDO EN RES. 2115 DE 2007	

Elaboración propia.

Anexo 4 ASPECTOS A EVALUAR EN EL DESARENADOR.

ASPECTOS	ITEM	CONTENIDO MÍNIMO.	LINEAMIENTO	REFERENTE	CUMPLE			OBSERVACIONES
					SI	NO	PARCIAL	
GENERALES	Ubicación	Distancia aproximada entre la zona de captación y el desarenador.	Debe construirse lo más cerca posible a la captación de agua superficial. El sitio escogido debe proporcionar suficiente seguridad a la estructura y no debe presentar riesgo de inundaciones en los períodos de invierno.	RAS				
	Estructura existente.	Observaciones de la infraestructura actual.	La unidad puede estar compuestas por un solo desarenador, acompañado de un canal o estructura para el paso directo del agua mientras se ejecutan labores de operación y mantenimiento en la estructura de desarenación. Debe de contar con un dispositivo de rebose (mediante un	RAS				

			vertedero lateral)ubicado cerca a la entrada del desarenador					
	Toma de medidas	Largo, ancho y altura del agua en el tanque desarenador, # de módulos. T° del agua.	La relación largo/ancho debe ser entre 10 y 20.	RAS				
	Medios de protección	Descripción de protección existente en los alrededores de la estructura.	Debe contar con cerramiento que evite el ingreso de personas no autorizadas o animales	RAS				
DISEÑO Y OPERACIÓN.	Caudal de diseño	Información correspondiente al caudal de diseño de la estructura.	Cada desarenador debe tener una capacidad hidráulica igual al caudal máximo diario (QMD). El dimensionamiento debe permitir el paso del caudal máximo diario hacia la planta de tratamiento	RAS				
	Periodo de diseño	Tiempo de existencia de la estructura, datos relativos al periodo de funcionamiento desde su construcción.	Para niveles de complejidad baja el periodo de diseño debe de ser de 25 años.	RAS				
	Módulos y deflectores	Registrar información sobre el número de módulos y deflectores que presenta el desarenador.	Diseñado al menos con dos módulos que operen en forma independiente ante la posibilidad de que uno de ellos quede fuera de servicio por motivos de limpieza y mantenimiento.	RAS				

			Cada módulo debe tener una capacidad hidráulica igual al caudal máximo diario (QMD)	RAS				
	Paso directo	Verificar si la estructura contiene una tubería de paso directo para el caso de emergencias.						
	Profundidad mínima y máxima.	Tomar medidas de profundidad del tanque sedimentador.	La profundidad mínima especificada es de 1.5m y la máxima de 4.5m.	RAS				
	Carga superficial	Debe de contarse con las dimensiones expresadas en el instrumento I1	Debe estar entre 15 y 80 m ³ /m ² *d					
	Tiempo de retención	Cálculo de tiempo de retención mediante instrumento I1.	El periodo de retención del agua en este componente no será menor a 20 minutos en cualquier nivel de complejidad					
	Disposición de lodos.	Si la unidad tiene funcionamiento ¿qué se hace con los lodos que se generan?	N/A					
	Velocidad en el desarenador	Calculo de velocidad de sedimentación mediante instrumento I3.	Para que el desarenador opere adecuadamente, se recomienda que cumpla con la siguiente relación $V_h < 20V_s$					

		Cálculo de velocidad horizontal mediante instrumento I5.	Se deberá mantener una velocidad horizontal de 0,25m/s	RAS				
	Caudal de entrada	Aforo del caudal que entra al desarenador.	El caudal no debe de superar el caudal de diseño porque reduce eficiencia en el desarenador.	OPS				
MANTENIMIENTO.		Información sobre la frecuencia con que se lavan las unidades y procedimiento utilizado.	La evacuación de los sedimentos que se depositan en el fondo de la unidad será cada 6 u 8 semanas dependiendo de la calidad del agua cruda y del volumen del tanque. Si el agua es muy turbia la remoción de sedimentos se debe realizar con mayor frecuencia.	OPS				
			Inspección minuciosa de la unidad, resane de deterioros en la estructura, reparación o cambio de válvulas y compuertas					
		OTROS.	La unidad debe de tener un sistema de paso directo con la capacidad para operar el caudal de diseño cuando la estructura este en limpieza; además deberá contar con los respectivos descoles a las fuentes receptoras de los caudales de exceso y el producto de desarenado					
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.								
PUNTO DE MUESTREO								
PARAMETROS ANALIZADOS Y VALORES OBTENIDOS.								
IRCA REGISTRADO PARA LA MUESTRA.								

PARAMETROS QUE SOBREPASAN LOS VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LO ESTABLECIDO EN RES. 2115 DE 2007

Elaboración propia.

Anexo 5 ASPECTOS A EVALUAR EN LA PTAP

TIPO DE ASPECTOS	ITEM A ANALIZAR	CONTENIDO MINIMO	LINEAMIENTO A COMPARAR.	REFERENTE	¿CUMPLE?			OBSERVACIONES
					SI	NO	PARCIAL	
GENERALES	Tipo de tecnología para la que fue diseñada la planta	Tren de tratamiento de la PTAP	Debe de establecerse si la tecnología es adecuada para la caracterización del afluente.					
	Estado actual de la estructura existente	Describe las unidades de tratamiento presentes en la PTAP y el funcionamiento que actualmente tienen.	N/A					
	¿Dispone de medios de protección?	Descripción de elementos de protección presentes.	Deberá contemplarse una franja circundante a las estructuras que aseguren un aislamiento mínimo respecto a las zonas residenciales o áreas destinadas a algún tipo de actividad económica.	RAS				
	¿Cuenta con elementos de control de caudal?	Verificación de sistemas de aforo.		RAS				
	¿Esta localizada en una zona de fácil acceso?	Descripción de la zona en que esta ubicada la PTAP. Información relacionada con la zona de acceso.	El terreno de ubicación de la PTAP debe tener un buen drenaje para garantizar la evacuación de agua de lavado de las unidades de tratamiento. La vía de ingreso debe permitir el acceso y circulación de automóviles, camiones de carga, equipos de mantenimiento.	RAS				

DISEÑO Y OPERACIÓN	Periodo de diseño	Información relacionada al tiempo en el que fue construida la planta al igual que el tiempo de operación	El periodo de diseño para la PTAP es de 25 años	RAS				
	Caudal de diseño	Comparación caudal de diseño - QMD	La capacidad de producción de la PTAP debe satisfacer el caudal máximo diario (QMD).	OPS				
	Filtros	Datos sobre el material que utilizan para los filtros , número de filtros que contiene la PTAP.	Normalmente se consideran como mínimo 2 unidades para casos de mantenimiento o falla de uno de los filtros.	RAS				
	Lecho filtrante	Comparación de información recolectada con la persona prestadora y lo planteado por el RAS		OPS				
	Operación	Horas de funcionamiento diario de la PTAP	Las unidades de tratamiento deben ser diseñados para periodos de operación de 24 horas, siendo 2 el número mínimo de unidades en paralelo y así alternarlas cada vez que se requiera realizar mantenimiento.	OPS				
	Medición de caudales.	¿Se realiza la medición de caudales a la entrada y a la salida de la PTAP? Debe de realizarse la medición de estos durante la visita.	En las PTAP deben de medirse los valores para el caudal de entrada y de salida.	RAS				

	Análisis de parámetros básicos del agua	¿Actualmente se realiza el análisis de parámetros del agua por parte de la persona prestadora y autoridad competente a la entrada y salida de la planta?	Los aspectos mínimos de calidad de agua y operación que se deben medir en la entrada y salida de la totalidad de unidades de la PTAP son: medición de caudal, conductividad, PH, turbiedad, color temperatura	RAS				
	Proceso de desinfección.	¿se efectúa algún proceso de desinfección?	Se deberá incluir la desinfección como elemento del tren de tratamiento en todos los sistemas de potabilización. Para la desinfección por cloración debe emplearse tanque de contacto, con el fin de proporcionar un tiempo mínimo de contacto de 20 minutos, que garantice la desinfección del agua	OPS				
MANTENIMIENTO.	Procesos de mantenimiento	¿Con que frecuencia se realiza el mantenimiento a los filtros? ¿Cómo es el proceso de mantenimiento?	Las funciones principales del operador de una planta de tratamiento consideran entre otras, el control del flujo, el monitoreo de la calidad del agua, la limpieza de los filtros y la ejecución de actividades generales de mantenimiento. Las actividades rutinarias de mantenimiento incluyen el raspado o trillado, la manipulación de la arena, y el monitoreo de la unidad.	OPS				
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.								
PUNTO DE MUESTREO								
PARAMETROS ANALIZADOS Y VALORES OBTENIDOS.								

IRCA REGISTRADO PARA LA MUESTRA.	
PARAMETROS QUE SOBREPASAN LOS VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LO ESTABLECIDO EN RES. 2115 DE 2007	

Elaboración propia.

Anexo 6 ASPECTOS A EVALUAR EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

TIPO DE ASPECTO	ITEM	CONTENIDO MINIMO	LINEAMIENTO A COMPARAR.	REFERENTE.	¿CUMPLE?			OBSERVACIONES
					SI	NO	PARCIAL	
GENERALES	Tipo de tanque.	Describir el tipo de tanque que tiene el acueducto. Recordar que estos pueden ser: enterrados, semienterrados, elevados.	N/A	N/A				
	Ubicación y acceso.	Descripción de la zona en que se encuentra ubicado el tanque de almacenamiento.	El terreno sobre el cual estén construidos los tanques de almacenamiento debe contar con un sistema de drenaje.					

	Estado actual de la estructura. Dimensiones del tanque	Descripción del estado de la estructura existente. Tomar medidas de largo, ancho y alto.						
DISEÑO Y OPERACIÓN.	Caudal de diseño de los tanques de almacenamiento.	Medición del caudal que llega a la planta para analizar si se presentan excesos que sobrepasen la capacidad del tanque.	El tanque debe proveer el caudal máximo horario (QMH), teniendo en cuenta la variación del consumo que se entrega a la zona que está abasteciendo.	RAS				
	Capacidad del tanque	Debe de indagarse a la persona prestadora sobre las demandas de agua aproximadas que se dan en 24 horas. -Tipo de conducción de agua al tanque. (gravedad, bombeo) - QMD	La capacidad del tanque debe producir un equilibrio entre los caudales de llegada y de salida. Debe de ser igual a 1/3 del volumen distribuido en la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo.					
	Número de tanques	Debe de registrarse el número de tanques de almacenamiento con el que cuenta el acueducto	El número mínimo de tanques en el nivel de complejidad baja es 1.	RAS				
	Volumen del tanque.	Volumen para el cual fue diseñado el tanque de almacenamiento.	Para el nivel bajo de complejidad, el volumen del tanque debe ser igual a la capacidad de regulación.	RAS				

MANTENIMIENTO	Labores de mantenimiento o limpieza por parte de la PP	Actividades de mantenimiento realizadas por la persona prestadora y frecuencia con que se realizan.	Los tanques de almacenamiento deben de limpiarse y desinfectarse con compuestos clorados por lo menos una vez al año. Mantener limpia y protegida del ingreso de personas ajenas al sistema el área cercana al tanque.	RAS				
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.								
PUNTO DE MUESTREO								
PARAMETROS ANALIZADOS Y VALORES OBTENIDOS.								
IRCA REGISTRADO PARA LA MUESTRA.								
PARAMETROS QUE SOBREPASAN LOS VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LO ESTABLECIDO EN RES. 2115 DE 2007								

Elaboración propia.

Anexo 7 ASPECTOS A EVALUAR EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.

TIPO DE ASPECTO	ITEM	CONTENIDO MINIMO	LINEAMIENTO A COMPARAR.	REFERENTE	CUMPLE	OBSERVACIONES
-----------------	------	------------------	-------------------------	-----------	--------	---------------

GENERALES	Material de tubería y tiempo de funcionamiento.	Identificación del material de las redes de distribución, además debe de preguntarse sobre el tiempo que llevan instaladas.	N/A			SI	NO	PARCIAL	
	Accesorios en la red de distribución.	Verificar si se cuenta con válvulas de corte o cierre, válvulas reguladoras de presión, válvulas de purga. En caso de contar con varias de estas debe de preguntarse por las actividades de mantenimiento que se realizan para estos accesorios y su frecuencia.	N/A						
	Existencia de micro medidores domiciliarios.	Indagar si se cuenta con micro medidores para conocer datos de consumo.							
	Inspección	Observar si existen fugas o daños en las redes.	N/A						
MANTENIMIENTO	Lavado y desinfección.	Actividades asociadas a los procesos de desinfección de las redes de distribución. Frecuencia con la que se realiza.	Siempre que se ponga en servicio una tubería nueva o se hagan trabajos de reparación o mantenimiento de tramos existentes, estas deberían ser desinfectadas.	RAS					
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DISTRIBUIDA.									
PUNTO DE MUESTREO INTRADOMICILIARIO.									

PARAMETROS ANALIZADOS Y VALORES OBTENIDOS.	
IRCA REGISTRADO PARA LA MUESTRA.	
PARAMETROS QUE SOBREPASAN LOS VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LO ESTABLECIDO EN RES. 2115 DE 2007	

Elaboración propia.

Anexo 8 FORMULARIO DE DIAGNOSTICO DE MICROCUENCA LA GREGORITA

SECCIÓN A1			
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de la microcuenca abastecedora	La Gregorita		
Ubicación	Afloramiento Eucaliptus- Afloramiento Barroblanco		
Temperatura promedio	17°	¿Tiene permiso de concesión de aguas? En caso de que si se cuente con este, verificar vigencia.	No se ha renovado el permiso de concesión de aguas dado a que el concepto sanitario del acueducto no cumple con los requerimientos.
Altitud (msnm)	1900 msnm	Precipitación media aproximada	1921mm
Actividades económicas y sociales que predominan en la zona de la microcuenca y sus alrededores.	La economía de la zona está basada en actividades ganaderas y en el cultivo de café.	Usos del agua	Principalmente el uso de las aguas pertenecientes a esta microcuenca se utilizan para uso doméstico y consumo

			humano, en menores proporciones para el riego
Estado de la vegetación en la microcuenca.	Ambos afloramientos se encuentran en estado regular de reforestación.	Uso actual de los suelos de la microcuenca (forestal, agrícola, ganadero, pecuario, urbano)	Agrícola -Ganadero
Se evidencian vertimientos a la fuente?	NO	Se realizan actividades de mantenimiento en los alrededores de la microcuenca?	NO
Distancia desde el afloramiento hasta la estructura de captación.	--	¿La microcuenca cuenca con delimitación por franja amarilla?	SI
Caudal registrado en tiempo de verano	--	Caudal registrado en tiempo de invierno	--
Caudal máximo horario (QMH)	--	Caudal máximo diario (QMD)	--

SECCIÓN A2

CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE

COORDENADAS PUNTO DE MUESTREO		TIPO DE FUENTE SEGÚN EL RAS	
IRCA REGISTRADO PARA LA FUENTE		GRADO DE TRATAMIENTO QUE DEBE DE TENER SEGÚN EL RAS	
PARAMETROS QUE SOBREPASAN LOS VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LO ESTABLECIDO EN RES. 2115 DE 2007			

Elaboración propia.

Anexo 9 FORMULARIO DE DIAGNOSTICO DE BOCATOMA 1 - ACUEDUCTO LA CRISTALINA

TIPO DE ASPECTOS	ITEM A ANALIZAR	CONTENIDO MINIMO	LINEAMIENTO A COMPARAR.	REFERENTE.	¿CUMPLE?			OBSERVACIONES
					SI	NO	PARCIAL	
GENERALES	Tipo de toma	Descripción breve del tipo de toma utilizado.	N/A					
	Estructura existente	Componentes que integran la obra de captación, verificación de existencia de elementos de control de caudal.	<p>La bocatoma debe de contar con dispositivos de rejillas y cribados necesarios para evitar el ingreso de objetos gruesos , ademas de tener elementos de control para devolver los excesos de agua captados al cauce de la fuente y evitar el ingreso de caudales mayores al de diseño.</p> <p>Inmediatamente después de la rejilla debe instalarse una compuerta que permita la realización de las operaciones de limpieza y mantenimiento, y que en lo posible permita el aforo de caudales como función de la apertura de la misma.</p>	RAS			X	La bocatoma cuenta con rejilla, muros de contención, caja de derivación expuesta a contaminación dado a que la tapa no cubre la totalidad, tubería de desagüe.

	Observaciones estado actual de la infraestructura.	Estabilidad de las obras, facilidad de operación y mantenimiento,	<p>-Las estructuras de captación deben ser estables con respecto a la calidad del suelo de cimentación aún en el caso de las máximas crecientes. Además, la estructura también debe ser estable cuando se presenten fallas de origen geotécnico o geológico en las cercanías a la captación.</p> <p>- El diseño de las obras de captación debe contemplar estructuras para el alivio o descarga de las mismas. Deben determinarse los medios para evitar la entrada de materiales o cuerpos extraños. Debe disponerse la instalación de un desarenador a continuación de la obra de captación cada vez que se considere necesario.</p>	RAS	X			Lo observado se expone en el desarrollo de fase.
	¿Dispone de medios de protección?	Descripción de elementos de protección presentes.	La zona de la bocatoma debe disponer de los medios de protección y cercado para evitar la entrada de personas no autorizadas y/o animales.	RAS	X			Cuenta con delimitación por franja amarilla.
	¿Cuenta con elementos de control de caudal?	Verificación de sistemas de aforo,	Toda captación deberá contar con los elementos de control necesarios para devolver los excesos de agua captados al cauce de la fuente y evitar de esta forma el ingreso de caudales mayores al de diseño al sistema de aducción.	RAS		X		No se realiza aforo de caudal. El caudal ecológico es bajo.

	¿Está localizada en una zona de fácil acceso?	Descripción de la zona en que esta ubicada la obra de captación. Información relacionada con la zona de acceso.	Las captaciones deben estar ubicadas preferiblemente en los tramos rectos de los ríos con el fin de evitar erosiones y sedimentaciones. Debe de situarse en zonas de fácil acceso que permitan las operaciones de reparación, limpieza y mantenimiento.	RAS			X	Aunque la bocatoma esta ubicada en un tramo recto del afloramiento, la zona de acceso presenta suelos arcillosos en una pendiente no mayor al 10%.
	Estado de la cobertura vegetal en los alrededores	Estado actual de la vegetación dentro de la microcuenca y las zonas cercanas a las obras de captación. Indagar sobre el estado de estos años atrás con el fin de realizar una comparación que permita identificar el impacto de las actividades que puedan relacionarse directamente a su estado actual.						
	Línea de aducción.	Longitud desde la línea de aducción hasta el desarenador o siguiente componente del acueducto, diámetro de la tubería y material, verificar fugas y accesorios presentes (válvulas)	Debe procurarse que el trazado de la línea desde captación hasta el siguiente componente sea lo más corto posible.	RAS	X			La distancia que recorre la línea de aducción hasta el desarenador es de aproximadamente 1km. La información correspondiente se encuentra en el desarrollo de la fase.
DISEÑO	Periodo de diseño	Información correspondiente al periodo transcurrido desde que fue construida la obra de captación	Para todos los componentes del sistema de acueducto se adopta como periodo de diseño 25 años.	RAS			X	Ya se encuentra cumpliendo su vida útil.
	Caudal	Caudal de diseño- Mediciones instantáneas de caudal promedio captado (diarias o semanales) - análisis de cumplimiento con dotación necesaria para los suscriptores del servicio.	Caudal de diseño debe de ser hasta 2 veces QMD (caudal máximo diario) .					
	Rejilla	Estado actual de las rejillas. Tomar medidas de: Grosor de las barras, espacio entre ellas.	El espaciamiento entre barras paralelas debe ser de 7,5 cm a 15 cm para las rejas gruesas, y de 2 cm a 4 cm para las rejas finas	OPS			X	El espaciamiento entre las barras es mayor al establecido ya que se utilizan barras delgadas.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	¿Cuentan con personal técnico, operador o fontanero para la operación y mantenimiento?	Información correspondiente a experiencia de la persona encargada, tiempo de duración en el cargo, capacitaciones recibidas por organismos competentes.	N/A					
	Registro de información.	Validar la información existente sobre actividades de mantenimiento realizadas durante el tiempo de funcionamiento.	Todas las actividades de mantenimiento (ya sea preventivo o correctivo) se deberán registrar considerando como mínimo los siguientes datos : fecha, localización, tipo de daño, causa del daño, repuestos utilizados y procedimiento realizado.			X		No se lleva registro de las operaciones realizadas.
	Procesos y frecuencia.	Descripción de procesos de mantenimiento, elementos utilizados, frecuencia con que se realiza la limpieza a las bocatomas.						Los procesos de mantenimiento se describen en el desarrollo de fase.
CALIDAD DEL AGUA CAPTADA	Caracterización del agua mediante la toma de muestras para análisis físicoquímico y microbiológico en las obras de captación.	Análisis de los resultados obtenidos. IRCA registrado.		Resolución 2115 de 2007				Los resultados de la caracterización del agua se exponen en el desarrollo de la fase.

Elaboración propia.

Anexo 10 FORMULARIO DE DIAGNOSTICO DE BOCATOMA 3 - ACUEDUCTO LA CRISTALINA

TIPO DE ASPECTOS	ITEM A ANALIZAR	CONTENIDO MINIMO	LINEAMIENTO A COMPARAR.	REFERENT E.	¿CUMPLE?			OBSERVACIONES
					SI	NO	PARCIAL	
GENERALES	Tipo de toma	Descripción breve del tipo de toma utilizado.	N/A					

	Estructura existente	Componentes que integran la obra de captación, verificación de existencia de elementos de control de caudal.	<p>La bocatoma debe de contar con dispositivos de rejillas y cribados necesarios para evitar el ingreso de objetos gruesos , ademas de tener elementos de control para devolver los excesos de agua captados al cauce de la fuente y evitar el ingreso de caudales mayores al de diseño. Inmediatamente después de la rejilla debe instalarse una compuerta que permita la realización de las operaciones de limpieza y mantenimiento, y que en lo posible permita el aforo de caudales como función de la apertura de la misma.</p>	RAS			X	La bocatoma cuenta con rejilla, muros de contención, caja de derivación, tubería de desagüe.
	Observaciones estado actual de la infraestructura.	Estabilidad de las obras, facilidad de operación y mantenimiento,	<p>-Las estructuras de captación deben ser estables con respecto a la calidad del suelo de cimentación aún en el caso de las máximas crecientes. Además, la estructura también debe ser estable cuando se presenten fallas de origen geotécnico o geológico en las cercanías a la captación.</p> <p>- El diseño de las obras de captación debe contemplar estructuras para el alivio o descarga de las mismas. Deben determinarse los medios para evitar la entrada de materiales o cuerpos extraños. Debe disponerse la instalación de un desarenador a continuación de la obra de captación cada vez que se considere necesario.</p>	RAS	X			La información correspondiente se expone en el desarrollo de fase.
	¿Dispone de medios de protección?	Descripción de elementos de protección presentes.	La zona de la bocatoma debe disponer de los medios de protección y cercado para evitar la entrada de personas no autorizadas y/o animales.	RAS	X			Cuenta con delimitación por franja amarilla.

	¿Cuenta con elementos de control de caudal?	Verificación de sistemas de aforo,	Toda captación deberá contar con los elementos de control necesarios para devolver los excesos de agua captados al cauce de la fuente y evitar de esta forma el ingreso de caudales mayores al de diseño al sistema de aducción.	RAS		X		No se realiza aforo de caudal. El caudal ecológico es bajo.
	¿Está localizada en una zona de fácil acceso?	Descripción de la zona en que está ubicada la obra de captación. Información relacionada con la zona de acceso.	Las captaciones deben estar ubicadas preferiblemente en los tramos rectos de los ríos con el fin de evitar erosiones y sedimentaciones, además de situarse en zonas de fácil acceso que permitan las operaciones de reparación, limpieza y mantenimiento.	RAS			X	La zona de acceso dificulta un poco las labores de mantenimiento, dado a que es muy inestable y constantemente se presentan movimientos en masa.
	Estado de la cobertura vegetal en los alrededores	Estado actual de la vegetación dentro de la microcuenca y las zonas cercanas a las obras de captación. Indagar sobre el estado de estos años atrás con el fin de realizar una comparación que permita identificar el impacto de las actividades que puedan relacionarse directamente a su estado actual.				X		La cobertura vegetal en los alrededores es poca.
	Línea de aducción.	Longitud desde la línea de aducción hasta el desarenador o siguiente componente del acueducto, diámetro de la tubería y material, verificar fugas y accesorios presentes (válvulas)	Debe procurarse que el trazado de la línea desde captación hasta el siguiente componente sea lo más corto posible.	RAS			X	No cuenta con accesorios. La Información correspondiente a dimensiones de la línea de aducción se presenta en el desarrollo de fase.
DISEÑO	Periodo de diseño	Información correspondiente al periodo transcurrido desde que fue construida la obra de captación	Para todos los componentes del sistema de acueducto se adopta como periodo de diseño 25 años.	RAS	X			

	Caudal	Caudal de diseño- Mediciones instantáneas de caudal promedio captado (diarias o semanales) - análisis de cumplimiento con dotación necesaria para los suscriptores del servicio.	Caudal de diseño debe de ser hasta 2 veces QMD (caudal máximo diario) .					
	Rejilla	Estado actual de las rejillas. Tomar medidas de : Grosor de las barras, espacio entre ellas.	El espaciamiento entre barras paralelas debe ser de 7,5 cm a 15 cm para las rejas gruesas, y de 2 cm a 4 cm para las rejas finas	OPS		X		El espaciamiento entre las barras es mayor al establecido ya que se utilizan barras delgadas.
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	¿Cuentan con personal técnico, operador o fontanero para la operación y mantenimiento?	Información correspondiente a experiencia de la persona encargada, tiempo de duración en el cargo, capacitaciones recibidas por organismos competentes.	N/A					
	Registro de información.	Validar la información existente sobre actividades de mantenimiento realizadas durante el tiempo de funcionamiento.	Todas las actividades de mantenimiento (ya sea preventivo o correctivo) se deberán registrar considerando como mínimo los siguientes datos: fecha, localización, tipo de daño, causa del daño, repuestos utilizados y procedimiento realizado.			X		No se lleva registro de las operaciones realizadas.
	Procesos y frecuencia.	Descripción de procesos de mantenimiento, elementos utilizados, frecuencia con que se realiza la limpieza a las bocatomas.					X	La información correspondiente se presenta en el desarrollo de fase.
CALIDAD DEL AGUA CAPTADA	Caracterización del agua mediante la toma de muestras para análisis fisicoquímico y microbiológico en las obras de captación.	Análisis de los resultados obtenidos. IRCA registrado.		Resolución 2115 de 2007				Los resultados de la caracterización del agua se exponen en el desarrollo de la fase.

Elaboración propia.