

**APOYO EN LA DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL
MUNICIPIO DE GUAPI-CAUCA**

LUIS ALBERTO CARABALÍ LEDEZMA

**Trabajo de grado, modalidad práctica profesional empresarial, como
requisito parcial para optar al título de Ingeniero Ambiental**



Universidad
del Cauca

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2017**

**APOYO EN LA DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL
MUNICIPIO DE GUAPI-CAUCA**

LUIS ALBERTO CARABALI LEDEZMA

**Trabajo de grado, modalidad práctica profesional empresarial, como
requisito parcial para optar al título de Ingeniero Ambiental**

Director:

**Ing. Lady Susana Montenegro Arboleda
Docente Departamento de Ingeniería Ambiental**



Universidad
del Cauca

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2017**

Nota de aceptación

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma Coordinador Programa de Ingeniería Ambiental

Popayán, Febrero del 2018

AGRADECIMIENTO

A Dios por estar conmigo y permitirme disfrutar de cada momento de mi vida, con su protección y bendición me ayudo a afrontar cada problema que se me presento en el camino para lograr este anhelado sueño.

A mi madre, por ser el apoyo más grande, en los momentos de desesperación, dudas y felicidad, ya que sin ella este sueño no hubiera sido posible.

A mi hijo, por ser ese motor que me impulsa a ser cada día mejor.

A mi novia, por su comprensión, su paciencia, y ser la inspiración para salir adelante y cumplir con esa etapa de mi vida.

A mi familia por apoyarme en todo momento para ser posible este sueño.

A mis amigos, por ser parte de mi vida y estar siempre ahí brindándome su apoyo incondicional.

A mi directora de trabajo de grado, ingeniera Lady Susana Montenegro y al ingeniero Javier Ernesto Fernández, por confiar en mí, por su tiempo, su dedicación, su motivación y sus conocimientos que me direccionaron en momentos que me sentía un poco perdido.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	15
1.1. Objetivo general.....	15
1.2. Objetivos específicos	15
2. MARCO REFERENCIAL	16
2.1. CALIDAD DEL AGUA EN COLOMBIA	16
2.2. MARCO NORMATIVO	16
2.2.1. Constitución Política	16
2.2.2. Ley 142 del 11 de julio de 1994.	16
2.2.3. Ley 715 de diciembre 21 de 2001	16
2.2.4. Decreto 1575 del 09 de mayo de 2007	17
2.2.5. Resolución 2115 del 22 de junio de 2007	17
2.2.6. Resolución 2320 del 27 de noviembre del 2009.....	17
2.2.7. Resolución 811 del 5 de marzo de 2008	17
2.3. MARCO CONTEXTUAL	18
2.3.1. Información general del Municipio de Guapi Cauca.....	18
3. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	20
3.1. ORGANIGRAMA.....	20
4. INFORMACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.....	22
4.1. FUENTE DE ABASTECIMIENTO	22
4.2. AIREACIÓN	23
4.3. VERTEDERO 1	23
4.4. VERTEDERO 2	23
4.5. FLOCULACIÓN	23
4.6. SEDIMENTACIÓN.....	24
4.7. FILTRACIÓN	24
4.8. CLORACIÓN	24
4.9. TANQUES DE ALMACENAMIENTO	25
4.10. SISTEMA DE BOMBEO	25

4.11.	TANQUES DE ALMACENAMIENTO ELEVADOS	25
4.12.	RED DE DISTRIBUCIÓN	25
4.13.	LABORATORIO.....	25
5.	METODOLOGIA.....	26
5.1.	HORARIO DE TRABAJO	27
6.	RESULTADOS DE LA PASANTÍA	28
6.1.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	28
6.1.1.	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000)	28
6.1.2.	Informe de mantenimiento de los dos pozos que abastecen la PTAP.....	30
6.1.3.	Pozos	30
6.1.4.	Vertedero 1	30
6.1.5.	Vertedero 2	33
6.1.6.	Floculadores	35
6.1.7.	Sedimentación	38
6.1.8.	Filtros	41
6.1.9.	Cloración	42
6.1.10.	Tanques de almacenamiento semienterrados	42
6.1.11.	Sistema de bombeo	42
6.1.12.	Tanque de almacenamientos elevados.....	43
6.1.13.	Red de distribución	43
6.1.14.	Encuestas	47
6.2.	ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA.....	48
6.2.1.	Fuentes de Abastecimiento	48
6.2.2.	Torre aireadora 1	50
6.2.3.	Planta de Tratamiento de Agua Potable	50
6.2.4.	Puntos de muestreos Red de distribución	51
6.3.	EVALUACIÓN DEL RIESGO	54
6.3.1.	Calculo del IRCA	54
6.3.2.	Evaluación del riesgo en cada componente del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable (SAAP)	61
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
7.1.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	65
7.1.1.	Floculadores.....	65

7.1.2.	Sedimentadores	65
7.1.3.	Filtros	65
7.1.4.	Cloración	66
7.1.5.	Tanques de almacenamiento semienterrados	67
7.1.6.	Red de distribución	67
7.1.7.	Encuestas	68
7.2.	ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA.....	70
7.2.1.	Pozos	70
7.2.2.	Torres aireadoras	71
7.2.3.	Planta de Tratamiento de Agua Potable	72
7.2.4.	Puntos de muestreo.....	73
7.3.	EVALUACIÓN DEL RIESGO	77
7.3.1.	Calculo del IRCA	77
7.3.2.	Evaluación del riesgo en cada componente del SAAP	79
8.	CONCLUSIONES.....	81
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
	ANEXOS.....	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Espesor de lodo y lecho en cada punto de muestra a diferente profundidad.....	42
Tabla 2. Porcentaje de lodo/lecho en cada punto de muestra a diferente profundidad.....	42
Tabla 3. Punto de fugas localizadas en la zona centro del Municipio	43
Tabla 4. Puntos de fugas localizadas en el barrio Santamonica.....	44
Tabla 5. Punto de fugas localizadas en los barrios del Pueblito y La Esperanza.....	46
Tabla 6. Resultados de las encuestas.....	48
Tabla 7. Análisis 1 (10/06/2017) en Pozos	48
Tabla 8. Análisis 2 (26/06/2017) en Pozos	48
Tabla 9. Análisis 3 (10/07/2017) en Pozos	49
Tabla 10. Análisis 4 (28/07/2017) en Pozos	49
Tabla 11. Análisis 5 (15/08/2017) en Pozos	49
Tabla 12. Análisis 1 (15/08/2017) en torre aireadora	50
Tabla 13. Análisis 1 (10/06/2017) en PTAP valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007).....	50
Tabla 14. Análisis 2 (26/06/2017) en PTAP Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007).....	50
Tabla 15. Análisis 3 (10/07/2017) en PTAP Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007).....	51
Tabla 16 Análisis 4 (28/07/2017) en PTAP Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007).....	51
Tabla 17 Análisis 5 (15/08/2017) en PTAP Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007).....	51
Tabla 18 Tabla 18. Análisis 1 (12/06/2017) en puntos de muestreos Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007).....	52
Tabla 19 Análisis 2 (17/07/2017) en puntos de muestreos Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)	52
Tabla 20 Análisis 3 (14/08/2017) en puntos de muestreos Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)	53
Tabla 21. Análisis 4 (11/09/2017) en puntos de muestreos Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)	53
Tabla 22 Análisis 5 (18/08/2017) en punto de muestreo 6 Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)	54
Tabla 23. Análisis de cloro residual (mg/L) en puntos de muestreo de la red	54
Tabla 24. Puntaje de riesgo.....	54
Tabla 25. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.....	55
Tabla 26. Resultados de análisis de agua mensuales punto 2: primera vivienda salida tanque de almacenamiento elevado 1	56

Tabla 27. Resultados del IRCA mensuales punto 2: Primera vivienda salida tanque de almacenamiento elevado 1	56
Tabla 28. Resultados de análisis de agua mensuales punto 3: frente vivienda Beatriz Caicedo.....	57
Tabla 29. Resultados del IRCA mensuales punto 3: frente vivienda Beatriz Caicedo.....	57
Tabla 30. Resultados de análisis de agua mensuales punto 4: frente a la guaca.....	58
Tabla 31. Resultados del IRCA mensuales punto 4: frente a la guaca	59
Tabla 32. Resultados de análisis de agua mensuales punto 5: cerca al hogar Monica	60
Tabla 33. Resultados del IRCA mensuales punto 5: cerca al hogar Monica	60
Tabla 34. Eventos que pueden representar un riesgo en el sistema de abastecimiento de agua.....	61
Tabla 35. Matriz de eventos peligrosos y peligro asociado.....	62
Tabla 36. Matriz semicuantitativa adaptada para la evaluación del riesgo en el Sistema de Distribución de Agua (SDA).....	63
Tabla 37. Clasificación del riesgo.....	64
Tabla 38. Valoración del riesgo	64

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Mapa ubicación geográfica Consejos Comunitarios del Municipio de Guapi Cauca Municipio de Guapi Cauca	18
Imagen 2. Organigrama Unidad Administrativa de Servicios Públicos Domiciliarios del Municipio de Guapi Cauca.....	21
Imagen 3. Floculador en planta y perfil.....	36
Imagen 4. Floculador en perfil.....	36
Imagen 5. Sedimentador en planta y perfil	39
Imagen 6. Filtro en planta y perfil	41
Imagen 7. Puntos de muestreo en el lecho.....	42
Imagen 8. Fugas localizadas en la zona centro del Municipio.....	44
Imagen 9. Fugas localizadas en el barrio Santamonica	45
Imagen 10. Fugas localizadas en los barrios del Pueblito y La Esperanza.....	47
Imagen 11. Zona de encuestas	47

TABLA DE GRÁFICAS

Grafica 1. Relación lodo/lecho en cada punto a diferentes profundidades.....	66
Grafica 2. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de relación lodo/lecho a diferentes profundidades.....	66
Grafica 3. Fugas en red de distribución en la zona Centro y Santamonica.....	67
Grafica 4. Tipo de fuga.....	68
Grafica 5. Viviendas con o sin acometida de acueducto	68
Grafica 6. Viviendas que les llegan o no el agua.....	69
Grafica 7. Viviendas que desean o no conectarse al servicio de acueducto	69
Grafica 8. Hogares con acometida que les llega o no el agua	70
Grafica 9. Concentraciones de hierro y manganeso en fuentes de abastecimiento	70
Grafica 10. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de Concentraciones de hierro y manganeso en fuentes de abastecimiento	71
Grafica 11. Concentraciones de color, turbiedad, hierro y manganeso en el afluente y efluente de la torre aireadora 1	71
Grafica 12. Concentraciones de color, turbiedad, hierro y manganeso en el afluente y efluente de la PTAP	72
Grafica 13. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de Concentraciones de color, turbiedad, hierro y manganeso en el afluente y efluente de la PTAP.....	72
Grafica 14. Concentraciones del color aparente en puntos de muestreo	73
Grafica 15. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de color aparente en puntos de muestreo	73
Grafica 16. Concentración de turbiedad en puntos de muestreo	74
Grafica 17. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de turbiedad aparente en puntos de muestreo	74
Grafica 18. Concentración de hierro en puntos de muestreo	75
Grafica 19. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de hierro aparente en puntos de muestreo.....	75
Grafica 20. Concentracion de manganeso en puntos de muestreo.....	76
Grafica 21. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de manganeso aparente en puntos de muestreo.....	76
Grafica 22. Concentración de Cloro residual en puntos de muestreo.....	76
Grafica 23. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de Cloro residual aparente en puntos de muestreo	77
Grafica 24. Coliformes totales en puntos de muestreo	77
Grafica 25. Porcentaje del IRCA en los puntos de muestreo.....	78
Grafica 26. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de Porcentaje del IRCA en los puntos de muestreo	78
Grafica 27. Nivel de riesgo	78

Grafica 28. Nivel de riesgo en los componentes del SAAP..... 79
Grafica 29. Clasificación del riesgo SAAP 80

INTRODUCCIÓN

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la satisfacción de las necesidades básicas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, indispensable para el desarrollo humano sostenible y para erradicar la pobreza y el hambre, su calidad es un factor determinante en las condiciones de salud de la población, ya que sus características pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades diarreicas (cólera, hepatitis A), polio, parasitosis, amebiasis, giardiasis, cryptosporidiasis y helmintiasis. La diferencia entre prevenir o transmitir este tipo de enfermedades de origen hídrico depende de la calidad y la continuidad del servicio, por lo tanto un abastecimiento adecuado de agua para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por estas enfermedades.

Según la ONU (2010), cada año fallecen cerca de 1,5 millones de niños menores de 5 años y se pierden 443 millones de días lectivos a causa de enfermedades relacionadas con el agua contaminada y el saneamiento básico. Según cifras del Viceministerio de Agua, en el país fallecen anualmente cerca de 2.600 niños de 1 a 5 años por esta causa (Yáñez, M. & Acevedo, K. 2013). Según el Reporte de Salud Mundial realizado por la OMS a fines del siglo XX, las diarreas son la séptima causa de muerte mundial, y es el principal síntoma de las infecciones en el tracto digestivo ocasionadas por bacterias, virus o parásitos.

De acuerdo a registros de enero hasta octubre del presente año, en la E.S.E Guapi se presentaron 183 casos de personas con diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso, de los cuales 102 casos fueron de niños menores a 15 años, 21 casos fueron de jóvenes de 15 a 29 años, 27 casos fueron de personas de 30 a 49 años y 18 caso fueron de personas mayores de 50 años.

Las enfermedades debido a la falta de agua también tienden a ser un serio riesgo para la salud. La falta de agua hace imposible mantener una buena higiene personal, una adecuada limpieza de los alimentos y utensilios. Las infecciones de la piel y de los ojos son, por lo tanto, propensas a desarrollarse, y las infecciones intestinales pueden propagarse con mucha mayor facilidad de una persona a otra. Sin duda la prevención de estas enfermedades por el uso continuo del agua depende de la disponibilidad de abastecimientos adecuados de agua y de su acceso a ellos (Huisman, L. et al. 1998)

Actualmente en el Municipio de Guapi se presenta una situación no deseada en cuanto a la cobertura, calidad, cantidad y continuidad del servicio de acueducto, su sistema de abastecimiento presenta deficiencias, ya que tiene una baja cobertura de: monitoreo, prevención, y control de la calidad del agua. El agua suministrada a la población no se le hacen pruebas diarias que garanticen el cumplimiento de los

parámetros de calidad exigido por la resolución 2115 del 2007, ya que su sistema de tratamiento a pesar de tener una muy buena infraestructura, carecen de mantenimientos y adecuaciones correspondientes a sus unidades. A esto se le suma el deterioro de las redes de distribución, que por la infiltración al ducto a través de sus fugas se disminuye la calidad de tan preciado líquido, y no ofrecen una oferta suficiente de agua que satisfaga las necesidades de su población. Cabe resaltar que el Acueducto de Popayán ya ha realizado trabajos de mejoramiento en la Planta de Tratamiento y las redes de distribución.

Partiendo de que el Municipio debe acogerse a la normatividad vigente y garantizar una buena salud pública. El presente trabajo se realizó como apoyo en la determinación de los factores de riesgo que se están presentando en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en el Municipio de Guapi (Cauca), el cual sirve como información en la vigilancia y control de la calidad del agua, facilitando la toma de decisiones para el mejoramiento de su calidad, cantidad y continuidad, reduciendo así el riesgo a la salud de la población.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Apoyar en la determinación de los factores de riesgo en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del Municipio de Guapi-Cauca

1.2. Objetivos específicos

- Recopilar la información importante para la determinación de los factores de Riesgo en el sistema de abastecimiento de agua para consumo Humano de las autoridades sanitarias competentes.
- Analizar la calidad del agua para consumo humano en las fuentes de abastecimiento, planta de tratamiento de agua potable y red de distribución del Municipio de Guapi.
- Evaluar el riesgo en los diferentes componentes técnicos del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. CALIDAD DEL AGUA EN COLOMBIA

El consumo de agua de baja calidad en el país, ha generado un aumento en las tasas de morbilidad y mortalidad infantil por las enfermedades generadas, entre las que se encuentran la diarrea y el cólera. Por esto es muy importante que los municipios del país cuenten con un sistema que permita hacerle seguimiento constante a la calidad del agua que distribuyen a sus habitantes.

El Ministerio de Salud y Protección Social, con sus denominaciones anteriores, como entidad rectora de la salud en Colombia, viene normalizando desde hace varias décadas la calidad del agua potable en el país y lleva a cabo la vigilancia de la misma a través de las Entidades Territoriales de Salud. Para perfeccionar la realización de esta tarea, se creó el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua, el cual fue adoptado mediante el Decreto número 1575 del año 2007 y sus Resoluciones reglamentarias, expedidas posteriormente.

Este Sistema establece no solamente los instrumentos de vigilancia y control del suministro de agua para consumo humano, sino también los diferentes niveles de responsabilidad de los actores involucrados, frente al deber constitucional de brindar agua apta para consumo humano, es decir, Sin Riesgo para la salud de la población colombiana. Para esto ha sido necesario mejorar las capacidades en vigilancia de la calidad del agua de las Direcciones Territoriales de Salud, el fortalecimiento de las Personas Prestadoras del servicio de acueducto, y también el involucramiento de las entidades públicas, privadas y gremiales pertenecientes al sector de agua y saneamiento básico en Colombia. Como resultado de este esfuerzo conjunto en el que también participan las Autoridades de Control, se ha evidenciado un proceso de mejora continua en la calidad del agua suministrada a la población, especialmente la urbana (Ministerio de Salud y Protección Social, 2104).

2.2. MARCO NORMATIVO

2.2.1. Constitución Política

El estado protege la diversidad e integridad del ambiente, conservara las áreas de especial importancia ecológica y fomentara la educación para el logro de estos fines.

2.2.2. Ley 142 del 11 de julio de 1994.

Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.

2.2.3. Ley 715 de diciembre 21 de 2001

Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias, ratifica el sector salud la competencia de realizar la vigilancia de la calidad del agua.

2.2.4. Decreto 1575 del 09 de mayo de 2007

A través del cual el Ministerio de la Protección Social junto con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecen el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, con el propósito de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

2.2.5. Resolución 2115 del 22 de junio de 2007

Mediante la cual los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establecen las características de calidad del agua para consumo humano, se disponen para todo el territorio colombiano, por lo que se deben acatar en todo sistema de abastecimiento de agua potable. Conforme al decreto, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua apta para el consumo humano.

2.2.6. Resolución 2320 del 27 de noviembre del 2009

Ministerio De Ambiente Vivienda Y Desarrollo Territorial: Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.

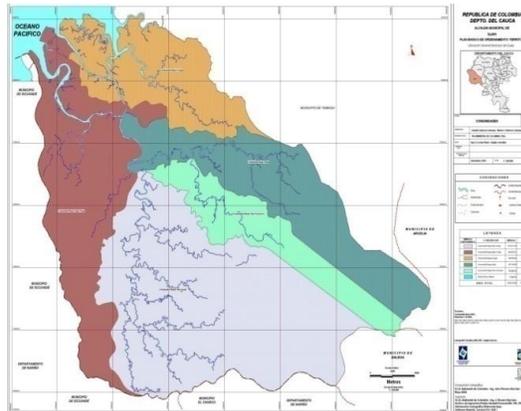
2.2.7. Resolución 811 del 5 de marzo de 2008

Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

2.3. MARCO CONTEXTUAL

2.3.1. Información general del Municipio de Guapi Cauca

Imagen 1. Mapa ubicación geográfica Consejos Comunitarios del Municipio de Guapi Cauca Municipio de Guapi Cauca



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Guapi Cauca 2008-2011

El municipio de Guapi se encuentra ubicado al sur occidente del departamento del Cauca, hacia la vertiente del Pacífico Colombiano, a orillas del río Guapi, sobre una altura de 5 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 29 °C y una precipitación anual de 12.000 mm. Su superficie de 2.688 km². Limita al Norte con el Océano Pacífico y el Municipio de Timbiquí; al este con el Municipio de Timbiquí y Argelia; al Oeste con el Océano Pacífico; al Sur con el Municipio de Santa Bárbara de Iscuandé (Nariño). La geografía de Guapi presenta una alta presencia de ríos navegables, que sumada a la cercanía al mar incide en que la economía dependa de los recursos hídricos (Plan todos somos pazcífico, 2015). Sus áreas rurales están conformadas en su mayoría por manglares y por selvas de bosque tropical húmedo. Según el DANE la población en la actualidad está constituida en un 97% por afrocolombianos y el resto entre indígenas y mestizos.

De acuerdo al Censo General del DANE (2005) Guapi cuenta con 28.649 habitantes, de los cuales 16.573 (57,8%) están en la cabecera del municipio o área urbana y 12.076 (42%) habitan la zona rural. De acuerdo a estimaciones de población para el año 2015, el municipio alcanzaría los 29.722 habitantes, 18.111 (60%) de ellos situados en la cabecera y 11.611 (40%) en el resto en área rural. Para el año 2020, se estima que habrán 30.042 habitantes, 11.583 (61%) distribuidos en el área rural y 18.459 (39%) en la cabecera o área urbana.

2.3.1.1. Economía

Las dinámicas económicas locales, relacionadas con generación de empleo e ingresos se desarrollan en los sectores pesquero, minero-tradicional, agricultura, actividad forestal y en menor medida en el turismo.

Las cuencas más destacadas relacionadas con la pesca son las del río Guapi y la del río Guajuí, donde se presentan esteros principales como el Loro, Limones, Quiroga, Playa Blanca, Los Obregones o Pejesapo y el Barrero. Al tratarse de una comunidad rodeada por agua, su vida gira en torno a este vital recurso. En cuanto al sector de la agricultura, las actividades que sustentan la economía municipal son los cultivos del coco, chontaduro, arroz el maíz, la Papachina, y otros cultivos del pancoger familiar. Hay también actividad pecuaria, especies menores de aves y cerdos. La minería tradicional artesanal de oro y platino se realiza en las zonas medias y altas de los ríos. La extracción maderera se lleva al mercado local y al del departamento del Valle del Cauca.

3. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD

Como es responsabilidad del Municipio prestar los servicios públicos como determina la Ley y solucionar las necesidades de agua potable y saneamiento básico, fue creada la unidad administrativa de servicios públicos domiciliarios del Municipio de Guapi Cauca, mediante el Decreto 047 del 23 de agosto del 2012 por el alcalde de turno Yarley Ocoro, para la prestación directa de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo; debido a que se agotó el procedimiento contemplado en el Artículo 5 y 6 de la Ley 142 de 1994, en donde se efectuó invitación pública a empresas de servicio público, sin recibir ninguna oferta.

La Unidad Administrativa de Servicios Públicos se define como la organización de dirección y control compuesta por la junta Municipal de Servicios Públicos y la Unidad administrativa de servicios públicos, responsable de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, apoyado por el resto de dependencias de la Administración Municipal.

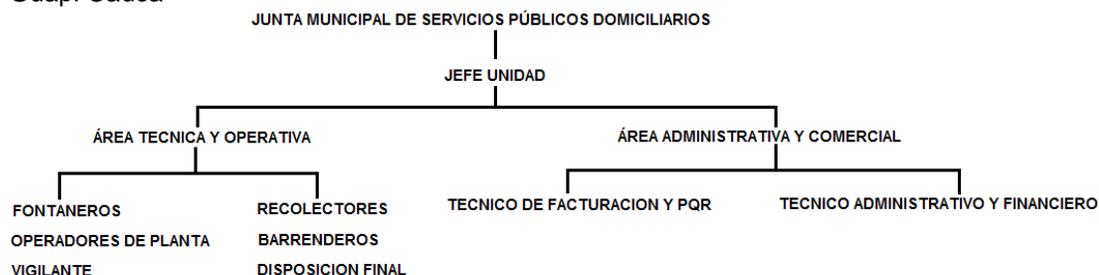
La Unidad Administrativa de Servicios Públicos Domiciliario tiene como función:

- Procurar la prestación eficiente de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
- Coadyuvar en la sostenibilidad económica y ambiental en la prestación de los servicios a su cargo.
- Adelantar la ejecución de programas para la recuperación de las fuentes de agua y velar por su cumplimiento.
- Colaborar en la gestión comercial para la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, con respecto a costos, tarifas consumo, facturación y atención al usuario.
- Procurar una adecuada aplicación de los recursos necesarios para la prestación eficiente de los servicios a su cargo.
- Registrar en cuentas separadas los ingresos y gastos de los diferentes servicios a su cargo, generando los diferentes estados financieros.
- Manejar los recursos físicos y humanos necesarios para la prestación eficiente de los servicios a su cargo.

3.1. ORGANIGRAMA

La Unidad Administrativa de Servicios Públicos Domiciliarios del Municipio de Guapi Cauca se encuentra organizada de acuerdo a la Imagen 2.

Imagen 2. Organigrama Unidad Administrativa de Servicios Públicos Domiciliarios del Municipio de Guapi Cauca



La Junta Municipal será la encargada de la Dirección, Control, Políticas y Normativa para garantizar a la comunidad una eficaz y adecuada prestación de los servicios. Y está integrada por:

- El Alcalde Municipal, quien le presidirá con voz y voto.
- El Secretario de Planeación y obras públicas Municipal.
- El Vocal de control que para tal fin se haya registrado en la Alcaldía y la Empresa Prestadora de los Servicios, con voz y voto.
- El Jefe de la Unidad Administrativa de los Servicios Públicos Domiciliarios, quien a su vez ejercerá el cargo de secretario de la junta.
- El Tesorero Municipal.

La estructura organizacional de la Unidad Administrativa de Servicios Públicos Domiciliarios está constituida por las siguientes dependencias:

- Una jefatura de la unidad.
- Área técnica y Operativa.
- Área Administrativa y comercial.

La planta del personal está constituida por:

- Un jefe de despacho (planeación y gestión de los servicios públicos)
- Técnico Administrativo
 - ✓ Un encargado de la parte administrativa: gestión de personal, gestión de recursos físicos, SUI, Archivos
 - ✓ Un encargado de facturación, y PQR
- Técnico Operativo
 - ✓ Un encargado de la Operación y Mantenimiento de los Sistemas
- Un auxiliar administrativo (secretaria recaudadora)
- Dos (2) fontaneros
- Dos (2) operadores de la PTAP
- Treinta y uno (31) Operarios de Aseo (cuatro (4) recolectores, quince (15) barrenderos y doce (12) disposición final)

4. INFORMACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

El Acueducto del Municipio de Guapi Cauca fue construido por la Empresa de Obras Sanitarias del Cauca (EMPOCAUCA) a principios de los años 90, inicialmente el Acueducto Operaba mediante un sistema mixto por bombeo y gravedad con una continuidad de 2 horas diarias y una cobertura del 23, 42 %, y escasamente el agua llegaba a un 15 % de las viviendas; esta era extraída desde dos pozos hacia un tanque elevado. Para ese entonces no se contaba con una Planta de Tratamiento de Agua Potable. En 1995 durante la administración del alcalde Cesar Eudoxio Prado Paredes EMPOCAUCA construye la Planta de Tratamiento de Agua Potable ubicada en el barrio ciudadela deportiva con un diseño y una estructura para funcionar como un sistema de tratamiento convencional, el agua que la abastecía pasó a ser captada de la Quebrada Guinul. A principios del siglo XXI debido al crecimiento poblacional se pasó a captar el agua de dos (2) pozos, dado que la Quebrada Guinul no tenía la capacidad de abastecer a toda la población.

Actualmente la Planta de Tratamiento de agua Potable sigue operando mediante un sistemas mixto con una cobertura del 45 %, la red de distribución se encuentra dividido en 5 sectores; Olímpico, Zarabanda, Fortaleza, Santamonica, y Centro. Con una continuidad de 10 horas diarias (2 horas diarias por sector). Los sábados, domingos y si llueve no hay servicio de acueducto. Ante la poca cobertura y continuidad del servicio de acueducto, los Guapireños se ven obligados a construí diferentes sistemas de almacenamiento de agua lluvia, aprovechando la alta pluviosidad del litoral Pacífico. Los tanques varían entre 500, 1000 y 2000 litros dependiendo de la disposición de recursos económicos, y pocas viviendas tienen sofisticados sistemas de almacenamiento con tuberías y filtros de purificación del agua; sin embargo, la mayoría ha acondicionado mecanismos de distribución del agua por toda la casa, desde los tanques almacenadores hasta las distintas instalaciones como baños, duchas, lavaderos, cocinas y patios. Sin embargo durante las sequías los habitantes optan por ahorrar el agua de lluvia, la emplean solo para cocinar y para el aseo personal. No todas las familias, ni los inmuebles comerciales y oficiales tienen sistema de almacenamiento, en el sector residencial el 40 %, en el sector comercio 50%, en el sector oficial el 20% no cuentan con almacenamiento (Plan todos somos pazcífico, 2015). El agua que abastece la Planta de Tratamiento se sigue extrayendo de los dos (2) pozos, los cuales siempre están operando al mismo tiempo.

4.1. FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Los dos (2) pozos que abastecen la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Municipio de Guapi se encuentran localizados en zonas residenciales, el pozo 1 se encuentra ubicado en las instalaciones de la Planta, con una profundidad de 108 m, su bomba de 20 Hp-69 Amperios y 220 Voltios se encuentra sumergida a 33 m la cual genera un caudal de 15,6 L/s. El pozo 2 se encuentra ubicado a 300 metros de

la PTAP en el barrio Olímpico, a una profundidad de 86 m, su bomba trifásica de 20 Hp-25 Kv y 200 Voltios se encuentra sumergida a 33 m la cual genera un caudal de 15,3 L/s. El agua es extraída de los pozos a través de tuberías de acero al carbón de 3", una vez extraída pasa por macromedidores y conducida a través de tuberías de PVC de 3" a dos (2) Torres de aireación ubicadas a 5 m de altura aproximadamente.

4.2. AIREACIÓN

Para el pretratamiento la Planta de Tratamiento de Agua potable cuenta con dos Torres aireadoras para la oxidación y remoción de compuestos que normalmente se encuentran presentes en las aguas subterráneas como; el Hierro, Manganeseo, CO₂ y compuestos orgánicos volátiles responsables de olores y sabores en el agua. Estas reciben aguas provenientes de los dos pozos y cumplen con las especificaciones de diseño, cada una está compuesta por 4 bandejas, las cuales utilizan carbón coque como material filtrante, la separación entre bandejas es de 0,72 m y 0,4 m, el diámetro de los orificios es de 10 mm y la distancia entre orificio es de 7 cm. El agua aireada de la torre de aireación 1 se recolecta en un canal de entrada que termina en un vertedero rectangular. El agua aireada de la torre de aireación 2 se recolecta en una cámara ubicada a la salida del vertedero 1, es decir el agua de los dos pozos se mezclan en la cámara a la salida del vertedero 1.

4.3. VERTEDERO 1

El vertedero de pared delgada rectangular sin contracciones con caída libre tiene una altura de 0,395 m, un ancho de 0,42 m, y el caudal que pasa por él es de 15,6 L/s, recibe solo el agua proveniente del pozo 1, el cual puede ser utilizado como punto de mezcla rápida (dosificación del coagulante). En la actualidad la PTAP opera sin una dosificación de Coagulante.

4.4. VERTEDERO 2

Cuando el agua aireada de los dos pozos se mezcla en la cámara a la salida del vertedero 1, esta es dirigida a través de dos (2) canales en donde cada uno cuenta con un (1) vertedero de pared delgada rectangular sin contracciones en caída libre, que también pueden servir como punto de mezcla rápida (dosificación de coagulante). Los vertederos tienen una altura de 0,2 m y un ancho de 0,195 m.

4.5. FLOCULACIÓN

Una vez el agua pasa por los dos vertederos de caída libre, esta es dirigida hasta dos floculadores hidráulicos de tabiques de flujo horizontal de tres (3) canales, sitio en el que el agua realiza un recorrido a través ellos, los cuales tienen diferentes volúmenes, tiempos de mezcla y gradientes hidráulicos, permitiendo así que las

partículas que han sido desestabilizadas por el coagulante se acercan y se unen para formar flocs.

4.6. SEDIMENTACIÓN

De los floculadores el agua es llevada a una cámara que a través de orificios en la pared es trasladada a cuatro (4) sedimentadores de alta tasa de placas paralelas, importantes en la remoción de la turbiedad, color, materia orgánica, hierro y manganeso. Los flocs que se forman en el floculador son sedimentados y acumulados por acción de la gravedad en el fondo de la unidad, los flocs de menor peso y difíciles de sedimentar se adhieren en las paredes de las placas que están instaladas a lo largo de la unidad. En la actualidad los sedimentadores no cuentan con todas las placas y algunas de ellas se encuentran deterioradas, quebradas y con fisuras. Cada unidad tiene un área superficial 2,4 x 4,01 m, cada placa mide 2,4 m de ancho, 1,2 m de alto y un espesor de 5 mm, la separación entre placas está entre 5-7 cm. En la superficie se ubican dos (2) tuberías PVC de 6" con orificios, para recolectar el agua con menor sedimento. La unidad cuenta con una válvula de 10" para el desagüe de lodos.

4.7. FILTRACIÓN

A través de orificios en la tubería PVC de 6" ubicado en los sedimentadores, el agua es descargada a cuatro (4) unidades de filtración de flujo descendentes por el lecho de material compuesto de antracita, arena y grava, importantes en la remoción de sólidos que no fueron sedimentados. Cada filtro tiene un área superficial de 2,48 m x 2,105 m, el espesor del lecho filtrante; antracita = 0,6 y arena = 0,2 m. las unidades están diseñados hidráulicamente para hacer retro lavado. El sistema de lavado es de flujo ascendente, el cual se puede operar una vez cerradas las compuertas de entrada y salida de agua al filtro, se abre la compuerta de vaciado del filtro y la válvula de secado del lecho filtrante. Una vez secado el lecho filtrante se realiza un lavado de su superficie con agua a presión, luego se cierra la válvula de secado y finalmente se abre la compuerta de salida del agua del filtro para que el agua filtrada retorne al filtro mediante un flujo ascendente, permitiendo que el lecho se expanda y se eliminen las partículas a través de la compuerta de vaciado.

4.8. CLORACIÓN

Este sistema consiste en utilizar una bomba para succionar agua filtrada y mezclarla con cloro gaseoso, de tal manera que la mezcla se inyecte con la misma fuerza de impulsión de la bomba a través de una tubería PVC de 1" con orificios denominada flauta dosificadora (manual de operación y mantenimiento de la PTAP de Guapi, 2016).

4.9. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Una vez el agua es clorada es pasada a través de una canaleta parshall hasta dos (2) tanques de almacenamiento semienterrados cuyos volúmenes son de 450 y 750 m³.

4.10. SISTEMA DE BOMBEO

El proceso de bombeo se lleva a cabo en el cuarto de máquinas, donde se succiona el agua de los tanques semienterrados y se lleva a presión hacia 2 tanques elevados. Para el bombeo se utilizan tres (3) bombas SIEMENS de 50 HP, 200 L y 60 Hz cada una.

4.11. TANQUES DE ALMACENAMIENTO ELEVADOS

En la actualidad existen dos (2) tanques elevados para la distribución del agua por gravedad a través de la red de distribución. El tanque elevado 1 está localizado a pocos metros de la PTAP, a una altura de 22 m y un volumen de 180 m³ aproximadamente. El tanque elevado 2 está localizado en el hogar Mónica, en el barrio Santa Mónica a 22 m de altura y un volumen de 450 m³ aproximadamente.

4.12. RED DE DISTRIBUCIÓN

Actualmente el acueducto distribuye el agua hacia la población a través de redes que fueron colocadas en los años 90, estas redes son en PVC de 3, 4, 6, 8 y 10 pulgadas, hay redes domiciliarias en PVC, manguera y otro material de ½". La cobertura de la red es de 45 %, pero existen viviendas que no tienen acometida y si las tienen no están conectados a la red o no tienen red domiciliaria.

4.13. LABORATORIO

El laboratorio para realizar los análisis de agua esta compuesto por un Turbidímetro, un Espectrofotómetro Hach DR 1900, un Medidor Multiparamétrico, un Titulador Digital con su respectivo Kit de Reactivos, un Equipo Microbiológico con Incubadora Portátil, y un Equipo para Pruebas de Jarras. En la actualidad no se cuenta con una infraestructura adecuada para realizar los análisis de agua.

5. METODOLOGIA

Para realizar un adecuado trabajo de pasantía fue necesario la elaboración de una metodología, en la cual se desarrolló una serie de fases que permitieron que el trabajo finalizara de una forma satisfactoria, y se describen a continuación:

Fase 1. Recopilación de información secundaria. Se realizó revisión bibliográfica de la documentación existente en la Unidad Administrativa de Servicios Públicos Domiciliarios, Alcaldía Municipal y E.S.E Guapi. También se recopiló información a través de visitas técnicas realizadas en todo el sistema de abastecimiento de agua desde su captación hasta su distribución a las viviendas.

Fase 2. Reconocimiento del sistema de abastecimiento de agua Municipal. Se realizaron visitas técnicas en las fuentes de abastecimiento, Planta de Tratamiento y Red de distribución. Con el propósito de identificar los posibles riesgos que puedan afectar en el sistema de abastecimiento.

Fase 3. Recolección de datos de campo. Debido a que la Unidad cuenta con muy poca información acerca del sistema de abastecimiento de agua, se generaron bitácoras de las actividades realizadas como:

- Mediciones de los caudales de los pozos, entrada a la PTAP, entrada y salida de los tanques elevados.
- Medición de las unidades de la Planta de Tratamiento.
- Determinación de los volúmenes de los tanques semienterrados y elevados.
- Encuestas en la zona centro.
- Georreferenciación de fuentes de abastecimiento, Planta de Tratamiento y Tanques elevados.
- Georreferenciación e Identificación de fugas en la red de distribución.
- Análisis de agua en todo el sistema de abastecimiento de agua.

Fase 4. Comparación de datos. Se comparó los datos obtenidos con los recopilados y la normatividad vigente, con la finalidad de encontrar veracidad de la información y obtener nuevos hallazgos.

Fase 5. Se realizó un seguimiento de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento, Planta de Tratamiento y red de distribución, mediante análisis de agua periódicamente.

Fase 6. Se llevó un registro fotográfico de cada visita realizada.

Fase 7. Realización de informes. Se realizaron informes mensuales de todas las actividades y hallazgos encontrados en las fuentes de abastecimientos, Planta de

Tratamiento y red de distribución, los cuales fueron entregados al Director de Pasantía y Jefa de la Unidad Administrativa de Servicios Públicos Domiciliarios.

5.1. HORARIO DE TRABAJO

El horario de trabajo para realizar las actividades propuestas en el desarrollo de la pasantía, fue de 8:00 am a 12:00 pm. Y en la tarde de 2:00 pm a 6:00 pm, lo que corresponde a 8 horas diarias, de lunes a viernes, contando con 40 horas semanales.

6. RESULTADOS DE LA PASANTÍA

6.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recopilación de información, fue necesario realizar visitas técnicas y revisión bibliográfica como:

- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000).
- Censos del DANE en el Municipio de Guapi del año 1993 y 2005
- Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Municipio de Guapi.
- Informe de mantenimiento de los dos pozos que abastecen la PTAP.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Guapi.
- Reporte de casos de personas con enfermedades en el tracto digestivo desde enero del 2017, registrados en la E.S.E Guapi.
- Manual de funcionamiento de equipos de laboratorio.
- Recopilación de información a través de visitas técnicas.

6.1.1. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000)

Mediante el método aritmético propuesta por el presente reglamento y con la información realizada por el DANE en 1993 y 2005 en el Municipio, se pudo determinar la población actual en la cabecera Municipal.

DANE 1993 = 23.505 hab, de los cuales 9.988 hab pertenecen a la cabecera Municipal

DANE 2005 = 28.663 hab, de los cuales 16.273 hab pertenecen a la cabecera Municipal

- **Método Aritmético**

$$Pf = Puc (1 + r)^{(Tf - Tuc)} \quad \text{Donde} \quad r = \left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{(Tuc - Tci)}} - 1$$

Siendo:

Pf: Población correspondiente al año que se quiere proyectar.

Puc: Población correspondiente al último año censado con información.

Pci: Población correspondiente al censo inicial con información.

Tuc: año correspondiente al último año censado con información.

Tci: año correspondiente al censo inicial con información.

Tf: año al que se quiere proyectar la información.

$$r = \left(\frac{28.663}{23.505}\right)^{\frac{1}{(2005-1993)}} - 1 = 0,01667 \quad \text{Entonces}$$

$$Pf = 16.273 (1 + 0,01667)^{(2017-2005)} = 19.844 \text{ hab}$$

Para el año actual existe una población de 19.844 hab, de acuerdo con el título A del Reglamento Técnico para esta población el nivel de complejidad es medio alto con una capacidad económica de los usuarios media.

Cálculo de la dotación neta mínima y máxima: la dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurra en el sistema de acueducto.

De acuerdo el Reglamento Técnico, para un nivel de complejidad medio alto la dotación neta mínima y máxima es de 130 L/hab.día y 135 L/hab.día respectivamente. Debido a que el clima en el municipio es mayor a 28 °C, hay un aumento del 20 %, por lo tanto la dotación neta mínima y máxima sería de 156 L/hab.día y 162 L/hab.día respectivamente.

Para abastecer a toda la población del municipio de Guapi se requiere generar como mínimo un caudal de 3.095 m³/día (35,8 L/s) sin considerar perdidas.

Para una cobertura del 45 %, se necesita como mínimo un caudal de 1.393 m³/día (16,1 L/s) para abastecer a todos los usuarios sin considerar pérdidas.

Cálculo de la dotación bruta:

$$\text{dotacion bruta} = \frac{\text{dotacion neta}}{1-\%p} = \frac{156 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}}{1-0,25} = 208 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}$$

Calculo del caudal medio diario: El caudal medio diario (Qmd), es el caudal medio calculado para la población proyectada.

$$Qmd = \frac{\text{poblacion} * \text{dotacion bruta}}{86400} = \frac{19.844 \text{ hab} * 208 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}}{86400} = 47,8 \frac{L}{s} = 4.130 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Se requiere como mínimo un caudal medio diario de $4.130 \frac{m^3}{\text{día}}$ ($47,8 \frac{L}{s}$) para abastecer a la población, considerando pérdidas del 25 %.

Para una cobertura del 45 %, se requiere como mínimo un caudal medio diario de $1.858 \frac{m^3}{dia}$ ($21,5 \frac{L}{s}$) para abastecer a todos los usuarios, considerando pérdidas del 25 %.

6.1.2. Informe de mantenimiento de los dos pozos que abastecen la PTAP

De acuerdo al informe de mantenimiento de los pozos se pudo determinar mediante operaciones de bombeo alternando tiempos de arranque y reposo del bombeo en el pozo 2 y midiendo el nivel estático en ambos pozos que los acuíferos que los alimentan se encuentran conectados, ya que tienen la misma corriente subterránea. De acuerdo a los sondeos eléctricos verticales realizados en zonas aledañas a los pozos, se determinó que los acuíferos son de tipo porosos debido a las características del suelo; limos, limos arcillosos, peñones y grava saturadas, arenas saturadas, y arenas y grava saturadas, al tener en su parte superior una capa de suelo limoso arcilloso el cual es de baja permeabilidad, y al tener sus niveles estáticos de 1,5 m en ambos pozos, el cual está por encima del nivel freático (5 m), son considerados acuíferos semiconfinados o semicautivos.

6.1.3. Pozos

Para la determinación de los caudales que genera cada pozo fue necesario realizar mediciones periódicas en los macromedidores, los cuales dieron un resultado para el pozo 1 un caudal de 15,6 L/s, para el pozo 2 un caudal de 15,3 L/s. Al encontrarse en una zona residencial representa un riesgo de contaminación del agua, debido a que gran parte de las viviendas de la zona no se encuentran conectados al sistema de acueducto, realizando sus descargas de aguas residuales en letrinas, que mediante la infiltración puede llegar a contaminar las aguas subterráneas.

6.1.4. Vertedero 1

Con el fin de verificar si el vertedero puede ser usado como aforador y mezclador rápido, se realizó medición del vertedero 1 rectangular sin contracciones, el cual tiene altura de 0,395 m, un ancho de 0,42 m, que mediante cálculos y con la información obtenida se pudo determinar:

- **Carga sobre el vertedero (H_o)**

$$\text{Sea } Q = 1,838 (L - 0,1 * n * H_o) H_o^{\frac{3}{2}} \left(\frac{m^3}{s}\right) \quad (1)$$

Dónde:

Q: Caudal en el vertedero

L: Ancho del vertedero

n: Numero de contracciones

Entonces $0,0156 = 1,838(0,42 - 0) * Ho^{\frac{3}{2}} \quad (\frac{m^3}{s})$
 Despejando **Ho** en (1) tenemos que **Ho** = 0,074 m

- **Energía total en el punto o (Eo)**

Sea $Eo = P + Ho + \frac{Vo^2}{2g}$

Dónde:

Vo: velocidad en el punto o

P: altura del vertedero

g: gravedad

Calculamos Vo

$Q = V * A$

Entonces

$V = \frac{Q}{A}$ Donde $A = L * (P + Ho) = 0,42 m * (0,395 m + 0,074 m) = 0,197 m^2$

$Vo = \frac{0,0156 m^3/s}{0,197 m^2} = 0,079 m/s$

Entonces $Eo = 0,395 m + 0,074 m + \frac{(0,079 \frac{m}{s})^2}{2 * 9,81} = 0,47 m$

- **Calculo la profundidad critica del flujo (hc)**

$hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$ Donde $q = \frac{Q}{L} = \frac{0,0156 m^3/s}{0,42 m} = 0,037$

$hc = \sqrt[3]{\frac{0,037^2}{9,81}} = 0,052 m$

- **Calculo h1**

$h1 = hc * \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{p}{hc} + 1,5}}$

Entonces $h1 = 0,052 m * \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{0,395 m}{0,052 m} + 1,5}} = 0,018 m$

Sea **Fr** = $\frac{V1}{\sqrt{g * h1}}$ para $V1 = \frac{Q}{L * h1} = \frac{0,0156 \frac{m^3}{s}}{0,42 m * 0,018 m} = 2,06 \frac{m}{s}$

Entonces $Fr = \frac{2,06 \frac{m}{s}}{\sqrt{9,81 * 0,018 m}} = 4,9$ está dentro del rango $4,5 \leq Fr \leq 9,0$

- **Calculo altura conjugada del resalto hidráulico (RH)**

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1) = \frac{0,018}{2} * (\sqrt{1 + 8 * 4,9^2} - 1) = 0,116 \text{ m}$$

- **Calculo de la perdida de carga en el RH**

$$h_f = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_1 * h_2} = \frac{(0,116 \text{ m} - 0,018 \text{ m})^3}{4 * 0,018 \text{ m} * 0,116 \text{ m}} = 0,113 \text{ m}$$

- **Calculo longitud del RH**

$$L_i = 6 * (h_2 - h_1) = 6 * (0,116 \text{ m} - 0,018 \text{ m}) = 0,588 \text{ m}$$

- **Calculo de la velocidad en el puno 2**

$$V_2 = \frac{Q}{L * h_2} = \frac{0,0156 \text{ m}^3/\text{s}}{0,42 \text{ m} * 0,116 \text{ m}} = 0,32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Calculo del tiempo de mezcla**

$$\text{Sea } V = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}} \text{ entonces } t = \frac{L_i}{\frac{V_1 + V_2}{2}} = \frac{0,588 \text{ m}}{1,19 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,494 \text{ s}$$

- **Calculo del gradiente (G)**

$$\text{Sea } G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta H}{\mu * T_m}}$$

Dónde:

γ : peso específico

μ : Viscosidad Absoluta

ΔH : Perdida de carga

T_m : Tiempo de mezcla

Temperatura (**T°**) **agua** = 26 °C

Viscosidad absoluta (**μ**) a 26 °C = 0,000875 $\frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$

Peso específico (**γ**) a 26 °C = 9774,4 $\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

$$G = \sqrt{\frac{9774,4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 0,113 \text{ m}}{0,000875 \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} * 0,49 \text{ s}}} = 1605 \text{ s}^{-1}$$

- **Relación P/hc**

- ✓ Para reducir la pérdida de energía en la caída libre de la lámina vertedora esta relación debe ser la menor posible.
- ✓ Para que el vertedero pueda ser usado como aforador $P/hc > 3$

$$\frac{P}{hc} = \frac{0,395 \text{ m}}{0,052 \text{ m}} = 7,6 \quad \text{Como } 7,6 > 3, \text{ el vertedero se puede usar como aforador}$$

6.1.5. Vertedero 2

Con el fin de verificar si el vertedero puede ser usado como aforador y mezclador rápido, se realizó medición del vertedero 2 rectangular sin contracciones, el cual tiene altura de 0,2 m, un ancho de 0,195 m, que mediante cálculos y con la información obtenida se pudo determinar:

- **Carga sobre el vertedero (Ho)**

$$\text{Sea } Q = 1,838 (L - 0,1 * n * Ho) Ho^{\frac{3}{2}} \left(\frac{m^3}{s}\right) \quad (1)$$

Dónde:

Q: Caudal en el vertedero

L: Ancho del vertedero

n: Numero de contracciones

$$Q = \frac{15,3+15,6}{2} = 15,45 \frac{L}{s}$$

$$\text{Entonces } 0,01545 \left(\frac{m^3}{s}\right) = 1,838(0,195 - 0) * Ho^{\frac{3}{2}}$$

Despejando **Ho** en (1) tenemos que

$$Ho = 0,123m$$

- **Energía total en el punto o (Eo)**

$$\text{Sea } Eo = P + Ho + \frac{Vo^2}{2g}$$

Dónde:

Vo: velocidad en el punto o

P: altura del vertedero

g: gravedad

Calculamos **Vo**

$$Q = V * A$$

$$\text{Entonces } V = \frac{Q}{A}$$

$$\text{Donde } A = L * (P + Ho) = 0,195 \text{ m} * (0,2 \text{ m} + 0,123 \text{ m}) = 0,063 \text{ m}^2$$

$$V_0 = \frac{0,01545 \text{ m}^3/\text{s}}{0,063 \text{ m}^2} = 0,245 \text{ m/s}$$

$$\text{Entonces } E_0 = 0,2 \text{ m} + 0,123 \text{ m} + \frac{(0,245 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 9,81} = 0,33 \text{ m}$$

- **Calculo la profundidad critica del flujo (hc)**

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad \text{Donde } q = \frac{Q}{L} = \frac{0,01545 \text{ m}^3/\text{s}}{0,195 \text{ m}} = 0,079 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0,079^2}{9,81}} = 0,086 \text{ m}$$

- **Calculo h1**

$$h_1 = h_c * \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{p}{h_c} + 1,5}}$$

$$\text{Entonces } h_1 = 0,086 \text{ m} * \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{0,2 \text{ m}}{0,086 \text{ m}} + 1,5}} = 0,04 \text{ m}$$

$$\text{Sea } Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} \quad \text{para } V_1 = \frac{Q}{L \cdot h_1} = \frac{0,01545 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,195 \text{ m} \cdot 0,04 \text{ m}} = 1,98 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Entonces } Fr = \frac{1,98 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{9,81 \cdot 0,04 \text{ m}}} = 3,16 \quad \text{no está dentro del rango } 4,5 \leq Fr \leq 9,0$$

- **Calculo altura conjugada del resalto hidráulico (Rh)**

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1) = \frac{0,04}{2} * (\sqrt{1 + 8 * 3,16^2} - 1) = 0,16 \text{ m}$$

- **Calculo de la perdida de carga en el Rh**

$$h_f = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 \cdot h_1 \cdot h_2} = \frac{(0,16 \text{ m} - 0,04 \text{ m})^3}{4 \cdot 0,04 \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m}} = 0,67 \text{ m}$$

- **Calculo longitud del Rh**

$$L_i = 6 * (h_2 - h_1) = 6 * (0,16 \text{ m} - 0,04 \text{ m}) = 0,72 \text{ m}$$

- **Calculo de la velocidad en el punto 2**

$$V_2 = \frac{Q}{L \cdot h_2} = \frac{0,01545 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,195 \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m}} = 0,495 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Calculo del tiempo de mezcla**

Sea $V = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}}$ entonces $t = \frac{Li}{\frac{v_1+v_2}{2}} = \frac{0,72 \text{ m}}{1,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,58 \text{ s}$

- **Calculo del gradiente (G)**

Sea $G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta H}{\mu * Tm}}$

Dónde:

γ : peso específico

μ : Viscosidad Absoluta

ΔH : Perdida de carga

Tm : Tiempo de mezcla

Temperatura (**T°**) **agua** = 26 °C

Viscosidad absoluta (**μ**) a 26 °C = 0,000875 $\frac{N \cdot s}{m^2}$

Peso específico (**γ**) a 26 °C = 9774,4 $\frac{N}{m^3}$

$$G = \sqrt{\frac{9774,4 \frac{N}{m^3} * 0,67m}{0,000875 \frac{N \cdot s}{m^2} * 0,58 \text{ s}}} = 3592 \text{ s}^{-1}$$

- **Relación P/hc**

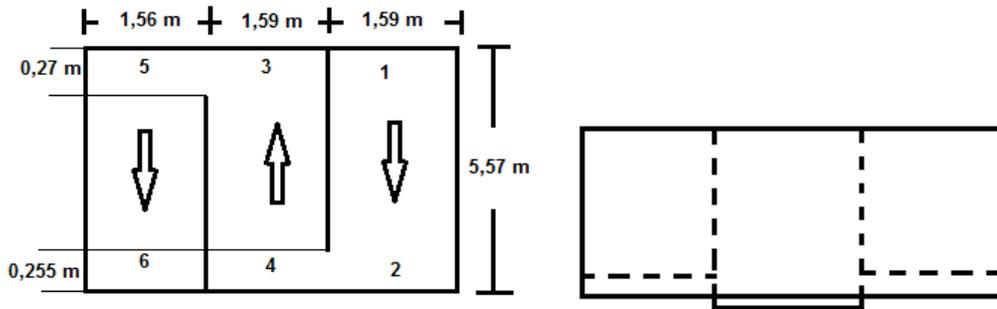
- ✓ Para reducir la pérdida de energía en la caída libre de la lámina vertedora esta relación debe ser la menor posible.
- ✓ Para que el vertedero pueda ser usado como aforador $P/hc > 3$

$$\frac{P}{hc} = \frac{0,2 \text{ m}}{0,086 \text{ m}} = 2,3 \quad \text{Como } 2,3 < 3, \text{ el vertedero no se puede usar como aforador}$$

6.1.6. Floculadores

Con el fin de establecer el funcionamiento de la unidad, se efectuó la medición de los floculadores como su altura, ancho, largo, y profundidad del agua en cada uno de sus canales, con base a esta información se determinó su volumen, tiempo de floculación y gradiente de floculación.

Imagen 3. Floculador en planta y perfil

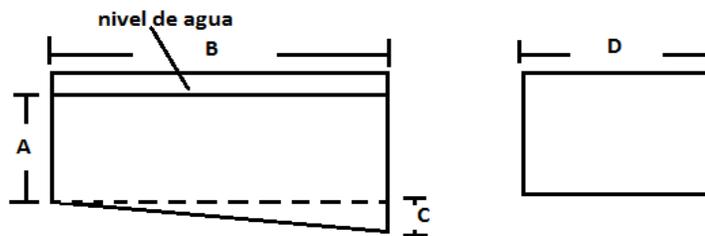


Altura

- Punto 1 = 1,02 m
- Punto 2 = 1,3 m
- Punto 3 = 1,3 m
- Punto 4 = 1,27 m
- Punto 5 = 1,24 m
- Punto 6 = 1,39 m

Calculo del volumen en cada canal: Para el cálculo del volumen en cada canal se midió en ancho, largo y profundidad del agua en cada uno.

Imagen 4. Floculador en perfil



Entonces $V = (A * B * D) + (\frac{C*B}{2} * D)$

$V1(1 - 2) = 0,485 * 1,59 * 5,57 = 4,3 m^3$

$V2(1 - 2) = \frac{0,18*5,57}{2} * 1,59 = 0,8 m^3$

$VT(1 - 2) = (4,3 + 0,8)m^3 = 5,1 m^3$

$V1(3 - 4) = 0,68 * 1,59 * 5,57 = 6,02 m^3$

$V2(3 - 4) = \frac{0,075*5,57}{2} * 1,59 = 0,33 m^3$

$VT(3 - 4) = (6,02 + 0,33)m^3 = 6,35 m^3$

$V1(5 - 6) = 0,77 * 1,56 * 5,57 = 6,69 m^3$

$V2(5 - 6) = \frac{0,065*5,57}{2} * 1,56 = 0,28 m^3$

$VT(5 - 6) = (6,69 + 0,28)m^3 = 6,97 m^3$

Calculo del tiempo de mezcla lenta: Una vez hallado el volumen en cada canal del floculador se calcula el tiempo que demora una partícula en recorrer cada canal.

$$\text{Entonces } Tm = \frac{\text{volumen del canal}}{\text{caudal de entrada al floculador}}$$

Para determinar el caudal de entrada se sumaron los dos caudales que generan los pozos y se dividió entre 2 ya que son dos (2) floculadores.

$$Q_{\text{pozo 1}} = 15,6 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{pozo 2}} = 15,3 \text{ L/s}$$

$$\text{Caudal total de entrada a la PTAP} = (15,6 + 15,3) \frac{\text{L}}{\text{s}} = 30,9 \text{ L/s}$$

Entonces el caudal que entra en cada floculador es $Q = 15,45 \text{ L/s} = 0,01545 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Tm(1 - 2) = \frac{5,1 \text{ m}^3}{0,01545 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 5,50 \text{ min}$$

$$Tm(3 - 4) = \frac{6,35 \text{ m}^3}{0,01545 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 6,85 \text{ min}$$

$$Tm(5 - 6) = \frac{6,97 \text{ m}^3}{0,01545 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 7,52 \text{ min}$$

Tiempo total de floculación: para el cálculo del tiempo total de floculación se sumaron los tiempos obtenidos en cada canal del floculador, dando un tiempo total de 19,87 min.

Calculo del gradiente de mezcla lenta: para el cálculo del gradiente hidráulico en los dos (2) puntos de cada canal del floculador se determinó la pérdida de carga.

$$\text{Sea Gradiente (G)} = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta H}{\mu * Tm}}$$

Dónde:

γ : peso específico

μ : Viscosidad Dinámica

ΔH : Perdida de carga

Tm : Tiempo de mezcla lenta

Sea Temperatura (T°) agua = 26 °C

Viscosidad absoluta (μ) a 26 °C = 0,000875 $\frac{N \cdot s}{m^2}$

Peso específico (γ) a 26 °C = 9774,4 $\frac{N}{m^3}$

Para el cálculo de la perdida de carga en cada canal, se determinó la perdida de carga a la entrada y salida de cada canal del floculador.

$\Delta H1 = 0,778 \text{ m}$
 $\Delta H2 = 0,78 \text{ m}$
 $\Delta H3 = 0,78 \text{ m}$
 $\Delta H4 = 0,776 \text{ m}$
 $\Delta H5 = 0,778 \text{ m}$
 $\Delta H6 = 0,776 \text{ m}$

Se calculó la pérdida de carga de cada canal, mediante la diferencia entre la entrada y salida del canal.

$$\Delta H(1 - 2) = (0,78 - 0,778) = 0,002 \text{ m}$$

$$\Delta H(3 - 4) = (0,78 - 0,776) = 0,004 \text{ m}$$

$$\Delta H(5 - 6) = (0,778 - 0,776) = 0,002 \text{ m}$$

- Se calculó el gradiente hidráulico en cada canal.

$$G(1 - 2) = \sqrt{\frac{9774,4 \text{ N/m}^3 * 0,002 \text{ m}}{0,000875 \frac{\text{N*s}}{\text{m}^2} * 330 \text{ s}}} = 8,2 \text{ s}^{-1}$$

$$G(3 - 4) = \sqrt{\frac{9774,4 \text{ N/m}^3 * 0,004 \text{ m}}{0,000875 \frac{\text{N*s}}{\text{m}^2} * 411 \text{ s}}} = 10,4 \text{ s}^{-1}$$

$$G(5 - 6) = \sqrt{\frac{9774,4 \text{ N/m}^3 * 0,002 \text{ m}}{0,000875 \frac{\text{N*s}}{\text{m}^2} * 451,2 \text{ s}}} = 7 \text{ s}^{-1}$$

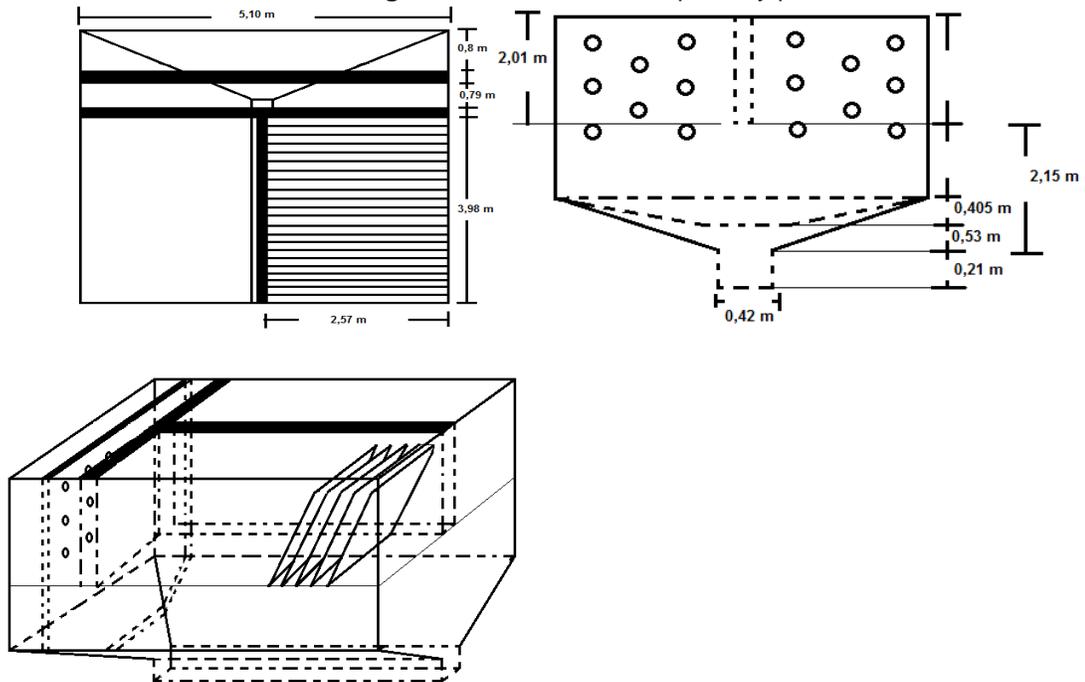
Calculo del gradiente total de floculación (Gt): para el cálculo del gradiente total de floculación se sumaron las pérdidas de carga y tiempos de floculación obtenidos en cada canal del floculado.

$$Gt = \sqrt{\frac{9774,4 \text{ N/m}^3 * 0,008 \text{ m}}{0,000875 \frac{\text{N*s}}{\text{m}^2} * 1192 \text{ s}}} = 8,7 \text{ s}^{-1}$$

6.1.7. Sedimentación

Para determinar el funcionamiento del sistema, se realizó la medición de la unidad de sedimentación como su área superficial, profundidad, dimensiones de las placas y separación entre placas.

Imagen 5. Sedimentador en planta y perfil



Placas:

Ancho = 2,4 m

Alto = 1,2 m

Espesor = 6 mm = 0,006 m

Separación entre placas = 5 cm

Angulo de inclinación= 60°

- **Calculo la carga superficial (Cs) o velocidad crítica (Vcs)**

$$\text{Sea } Vcs = Cs = \frac{Q}{As}$$

Dónde:

Q: caudal en el sedimentador

Ast: área superficial total del sedimentador

Asu: área superficial útil del sedimentador

Asp: área superficial de placas

Como son 4 sedimentadores el caudal de entrada a la PTAP se divide entre 4 para encontrar el caudal en un (1) sedimentador.

$$Q = \frac{30,9}{4} = 7,725 \frac{L}{s} = 0,0077 \frac{m^3}{s}$$

$$Ast = 2,4 m * 3,98 m = 9,55 m^2$$

$$Asp = 2,4 \text{ m} * 0,006 \text{ m} * 68 = 0,98 \text{ m}^2$$

$$Asu = (9,55 - 0,98) \text{ m}^2 = 8,57 \text{ m}^2$$

$$\text{Entonces } Cs = \frac{0,0077 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{8,57 \text{ m}^2} = 0,0009 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{s}} = 77,6 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{dia}}$$

- **Calculo de la longitud ocupada por las placas**

Sea $L = \frac{l}{e}$ donde:

L: longitud ocupada para las placas

l: altura de cada placa

e: separación entre placas

$$\text{Entonces } L = \frac{1,2 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} = 24$$

- **Calculo de la velocidad de ascenso de la partícula a través de dos placas (Vo)**

$$\text{Sea } Vo = Vcs(\text{sen } \theta + L \text{ cos } \theta) = 77,6 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{dia}} (\text{sen } 60^\circ + 24 \text{ cos } 60^\circ) = 998,4 \frac{\text{m}}{\text{dia}}$$

$$= 1,16 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Calculo de número de Reynolds**

$$R = \frac{Vo * e}{\nu}$$

Dónde:

Vo: Velocidad de ascenso de la partícula entre dos placas

e: Separación entre placas

ν : Viscosidad cinética, para T° de agua = 26 °C

$$R = \frac{0,0116 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,05 \text{ m}}{0,00000878 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 658 > 250 \text{ flujo turbulento.}$$

- **Calculo del área útil**

$$\text{Sea } Au = e * Lp$$

Dónde:

Aue: área útil entre placas

e: separación entre placas

Lp: ancho de placa

Entonces $Aue = 0,05 \text{ m} * 2,4 \text{ m} = 0,12 \text{ m}^2$

- **Calculo número de canales**

Sea # canales = $\frac{Asi}{Au}$ donde $Asi = As * \text{sen } 60^\circ$

Entonces $Asi = 9,55 \text{ m}^2 * \text{sen } 60^\circ = 8,01 \text{ m}^2$

$$\# \text{ canales} = \frac{8,01 \text{ m}^2}{0,12 \text{ m}^2} = 67$$

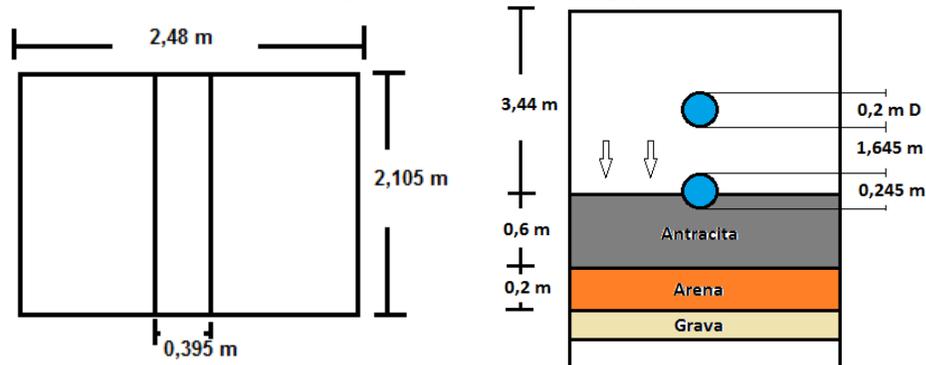
- **Calculo número de placas**

Sea # placas = # canales + 1 = 67 + 1 = 68

6.1.8. Filtros

Se tomaron las dimensiones de la unidad de filtro como; su ancho, largo, altura, espesor del material filtrante y el diámetro de la tubería de entrada y descarga.

Imagen 6. Filtro en planta y perfil



- **Calculo de la velocidad de filtración**

Sea $V = \frac{Q}{AS}$ entonces $V = \frac{0,007725 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{(2,48 \text{ m} * 2,105 \text{ m})} = 127,9 \frac{\text{m}}{\text{dia}} < 300 \frac{\text{m}}{\text{dia}}$

Para determinar la suciedad del lecho filtrante, posteriormente del lavado de los filtros se tomaron muestras de forma aleatoria en cuatro (4) puntos en un filtro con un tubo de 1". En cada punto se tomó muestra a cada 0,1 m de profundidad hasta 0,7 m, para un total de 7 muestras por punto. Cada muestra fue llevada a una probeta de 300 ml a la cual se le agrego suficiente agua limpia, de tal forma que permitiera separar el lodo del lecho mediante agitación. Se dejó sedimentar por 10 min, luego se midió el espesor del lodo y material filtrante.

Imagen 7. Puntos de muestreo en el lecho

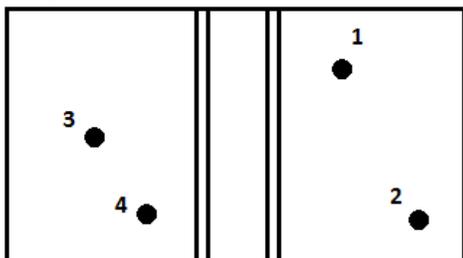


Tabla 1. Espesor de lodo y lecho en cada punto de muestra a diferente profundidad

PUNTO	PROFUNDIDAD													
	A 0,1 m		A 0,2 m		A 0,3 m		A 0,4 m		A 0,5 m		A 0,6 m		A 0,7 m	
	Lodo (cm)	Lecho (cm)	Lodo (cm)	Lecho (cm)	Lodo (cm)	Lecho (cm)	Lodo (cm)	Lecho (cm)	Lodo (cm)	Lecho (cm)	Lodo (cm)	Lecho (cm)	Lodo (cm)	Lecho (cm)
1	0,5	4,4	0,2	4,3	0,1	4,4	0,4	4,9	0,4	5,3	0,7	5,3	0,4	5,3
2	0,2	4,4	0,1	4,4	0,1	4,8	0,1	4,9	0,05	4,9	0,5	5,2	0,2	4,6
3	0,3	4,0	0,1	4,0	0,3	4,2	0,3	4,4	0,2	5,0	0,5	5,5	0,2	5,9
4	0,1	4,1	0,05	3,7	0,1	4,9	0,05	4,2	0,1	5,0	0,5	4,0	0,6	5,9

Para determinar si el material filtrante se encuentra limpio la relación del espesor de $\frac{\text{lodo (cm)}}{\text{lecho (cm)}} * 100 < 1 \%$, los resultados se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Porcentaje de lodo/lecho en cada punto de muestra a diferente profundidad

PUNTO	$\frac{\text{lodo (cm)}}{\text{lecho (cm)}} * 100$ A DIFERENTE PROFUNDIDAD						
	A 0,1 m	A 0,2 m	A 0,3 m	A 0,4 m	A 0,5 m	A 0,6 m	A 0,7 m
1	11,36	4,6	2,3	8,1	7,5	13,2	7,5
2	4,54	2,3	2,1	2	1	9,6	4,3
3	7,5	2,5	7,1	6,8	4	9,1	3,4
4	2,4	1,3	2	1,2	2	12,5	10,1

6.1.9. Cloración

No se tiene una dosis óptima de cloro. Se está dosificando 305 g /Hr gas de Cloro, se realizaron análisis de cloro en los puntos de muestreo para ser comparados con la resolución 2115 del 2007.

6.1.10. Tanques de almacenamiento semienterrados

Se realizó medición de los tanques y se determinó su volumen, de acuerdo a operarios de la planta los tanques llevan más de un (1) año sin ser lavado.

Volumen tanque 1 = 450 m3

Volumen tanque 2 = 750 m3

6.1.11. Sistema de bombeo

Se pudo observar que una de las tres (3) bombas se encuentra dañada. Se observó también que el techo en donde se encuentra el tablero electrónico de los dos (2) pozos está deteriorado, ya que cuando llueve hay infiltración de agua.

6.1.12. Tanque de almacenamientos elevados

La estructura de los tanques de almacenamiento se encuentra muy deteriorada, a simple vista se ve la cantidad de óxido y la falta de mantenimiento, además hay partes que se han zafado los tornillos y se encuentran flojas, según uno de los trabajadores de la planta el último mantenimiento que se le hizo al tanque 1 fue a mediados del 2010 y al tanque 2 nunca se le ha hecho mantenimiento. Se tomaron registros de los macromedidores de entrada de agua a los tanques y se determinó sus volúmenes los cuales son $V_{\text{tanque 1}} = 200 \text{ m}^3$, $V_{\text{tanque 2}} = 250 \text{ m}^3$.

6.1.13. Red de distribución

El material de la red de distribución es en PVC de 3, 4, 6, 8 y 10 pulgadas hay redes domiciliarias en PVC, manguera y otro material de $\frac{1}{2}$ ". Actualmente el acueducto tiene una cobertura de 45 %, pero existen viviendas que no tienen acometida y si las tienen no están conectados a la red o no tienen red domiciliaria. Algunos elementos de la red de distribución se encuentran en un alto deterioro y a menudo se presentan daños (fugas) en ella, que generan pérdida de este vital recurso, por tal motivo se desarrollaron actividades de localización y georreferenciación de fugas. Se localizaron y georreferenciaron un total de 103 fugas. De las 103 fugas encontradas, 16 se localizaron en la zona centro, de las cuales 10 son fugas superficiales y 6 son fugas internas. Y 87 fugas localizadas en los barrios de Santamonica y el pueblito, de las cuales 57 son fugas superficiales y 30 son fugas internas. La gran mayoría de las fugas superficiales son generadas por los mismos habitantes de la zona ya que se les preguntó el porqué de los cortes en la tubería y la respuesta fue que dentro de las viviendas el agua llegaba con poca presión.

En los barrios del Pueblito y Santamonica hay partes que se inundan, ya que estos barrios se encuentran cerca de un río que en épocas de puja aumenta el nivel de sus aguas. También existen calles que se han rellenado con residuos sólidos.

Tabla 3. Punto de fugas localizadas en la zona centro del Municipio

PUNTO	COORDENADAS		ALTURA (m)	OBSERVACION
	LATITUD	LONGITUD		
C1	2°34'16.45"N	77°53'20.18"O	12	FUGA INTERNA
C2	2°34'18.28"N	77°53'17.51"O	15	FUGA SUPERFICIAL
C3	2°34'18.36"N	77°53'14.94"O	15	FUGA INTERNA
C4	2°34'18.36"N	77°53'14.96"O	17	FUGA SUPERFICIAL
C5	2°34'16.70"N	77°53'12.87"O	12	FUGA INTERNA
C6	2°34'17.10"N	77°53'12.12"O	12	FUGA SUPERFICIAL
C7	2°34'21.18"N	77°53'9.90"O	13	FUGA SUPERFICIAL
C8	2°34'19.56"N	77°53'8.70"O	16	FUGA SUPERFICIAL
C9	2°34'18.18"N	77°53'7.14"O	14	FUGA SUPERFICIAL

C10	2°34'18.84"N	77°53'6.36"O	16	FUGA INTERNA
C11	2°34'16.26"N	77°53'4.80"O	16	FUGA SUPERFICIAL
C12	2°34'16.14"N	77°53'5.04"O	16	FUGA SUPERFICIAL
C13	2°34'12.72"N	77°52'56.94"O	17	FUGA INTERNA
C14	2°34'19.36"N	77°53'1.00"O	16	FUGA SUPERFICIAL
C15	2°34'18.40"N	77°53'2.30"O	15	FUGA INTERNA
C16	2°34'18.20"N	77°52'59.35"O	12	FUGA SUPERFICIAL

Imagen 8. Fugas localizadas en la zona centro del Municipio

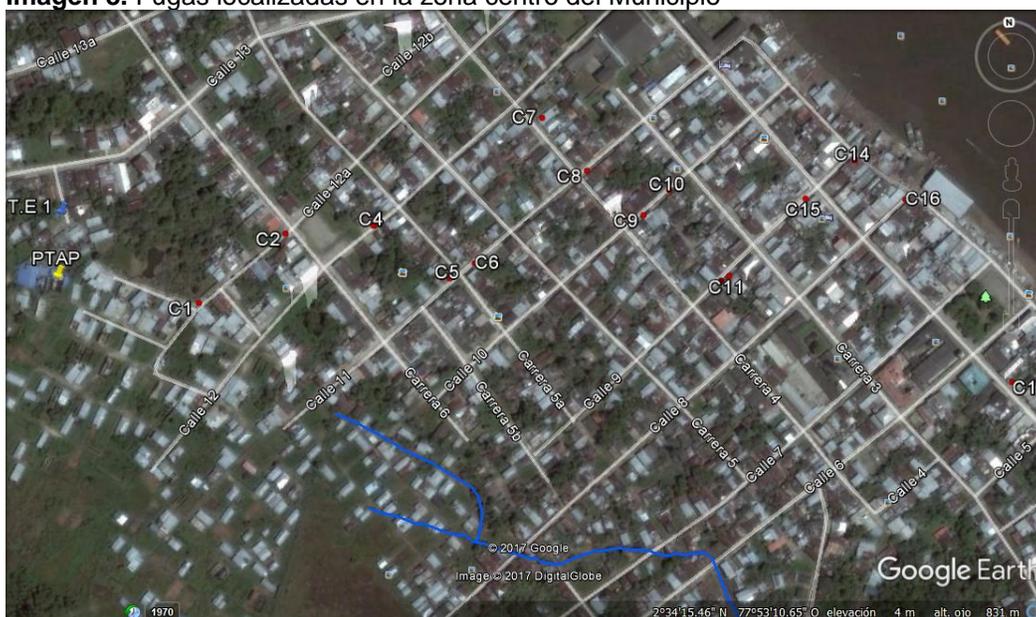


Tabla 4. Puntos de fugas localizadas en el barrio Santamónica

PUNTO	COORDENADAS		ALTURA (m)	OBSERVACION
	LATITUD	LONGITUD		
S1	2°34'3.42"N	77°53'11.70"O	13	FUGA SUPERFICIAL
S2	2°34'5.28"N	77°53'12.18"O	10	FUGA SUPERFICIAL
S3	2°34'6.06"N	77°53'10.56"O	7	FUGA SUPERFICIAL
S4	2°34'7.14"N	77°53'9.18"O	8	FUGA SUPERFICIAL
S5	2°34'7.38"N	77°53'9.00"O	7	FUGA SUPERFICIAL
S6	2°34'7.74"N	77°53'8.34"O	7	FUGA SUPERFICIAL
S7	2°34'7.86"N	77°53'8.04"O	7	FUGA SUPERFICIAL
S8 Y S9	2°34'8.52"N	77°53'7.02"O	8	FUGA SUPERFICIAL
S10	2°34'8.70"N	77°53'6.66"O	9	FUGA SUPERFICIAL
S11 Y S12	2°34'8.88"N	77°53'6.36"O	10	FUGA SUPERFICIAL
S13	2°34'8.94"N	77°53'6.12"O	10	FUGA SUPERFICIAL
S14	2°34'8.94"N	77°53'6.00"O	10	FUGA SUPERFICIAL
S15 Y S16	2°34'9.18"N	77°53'5.46"O	9	FUGA SUPERFICIAL
S17	2°34'10.86"N	77°53'2.28"O	12	FUGA SUPERFICIAL
S18	2°34'9.84"N	77°53'1.44"O	15	FUGA SUPERFICIAL
S19	2°34'9.30"N	77°53'3.30"O	12	FUGA SUPERFICIAL
S20	2°34'8.58"N	77°53'4.44"O	13	FUGA SUPERFICIAL
S21	2°34'8.58"N	77°53'4.44"O	13	FUGA SUPERFICIAL
S22	2°34'8.52"N	77°53'3.42"O	14	FUGA SUPERFICIAL
S23	2°34'7.68"N	77°53'2.40"O	13	FUGA INTERNA

S24	2°34'8.16"N	77°53'2.28"O	17	FUGA SUPERFICIAL
S25	2°34'8.64"N	77°53'2.10"O	16	FUGA SUPERFICIAL
S26	2°34'7.20"N	77°53'2.58"O	13	FUGA SUPERFICIAL
S27	2°34'6.54"N	77°53'2.70"O	15	FUGA SUPERFICIAL
S28	2°34'6.24"N	77°53'2.82"O	13	FUGA SUPERFICIAL
S29	2°34'8.28"N	77°53'4.80"O	10	FUGA SUPERFICIAL
S30	2°34'7.26"N	77°53'6.18"O	12	FUGA INTERNA
S31	2°34'7.20"N	77°53'6.42"O	13	FUGA INTERNA
S32 Y 33	2°34'7.02"N	77°53'6.66"O	14	FUGA INTERNA
S34	2°34'6.66"N	77°53'7.26"O	14	FUGA INTERNA
S35	2°34'6.54"N	77°53'7.08"O	11	FUGA SUPERFICIAL
S36	2°34'6.12"N	77°53'7.68"O	12	FUGA SUPERFICIAL
S37	2°34'5.34"N	77°53'9.00"O	15	FUGA SUPERFICIAL
S38	2°34'5.28"N	77°53'9.12"O	12	FUGA INTERNA
S39	2°34'5.16"N	77°53'9.48"O	14	FUGA INTERNA
S40 Y S41	2°34'4.80"N	77°53'9.96"O	12	FUGA INTERNA
S42	2°34'4.50"N	77°53'10.44"O	15	FUGA INTERNA
S43	2°34'4.38"N	77°53'10.26"O	14	FUGA INTERNA
S44	2°34'5.34"N	77°53'8.46"O	13	FUGA INTERNA
S45	2°34'5.10"N	77°53'8.34"O	14	FUGA INTERNA
S46	2°34'4.86"N	77°53'8.16"O	11	FUGA INTERNA
S47	2°34'4.98"N	77°53'8.10"O	13	FUGA INTERNA
S48	2°34'3.66"N	77°53'7.38"O	14	FUGA SUPERFICIAL
S49	2°34'3.00"N	77°53'6.96"O	12	FUGA SUPERFICIAL
S50	2°34'2.76"N	77°53'6.72"O	11	FUGA INTERNA
S51	2°34'2.04"N	77°53'6.24"O	12	FUGA INTERNA
S52	2°34'1.80"N	77°53'6.36"O	13	FUGA INTERNA
S53	2°34'1.68"N	77°53'6.12"O	14	FUGA INTERNA
S54	2°34'1.44"N	77°53'5.82"O	13	FUGA INTERNA
S55	2°34'1.08"N	77°53'5.64"O	11	FUGA INTERNA
S56	2°34'0.84"N	77°53'6.48"O	11	FUGA SUPERFICIAL

Imagen 9. Fugas localizadas en el barrio Santamonica

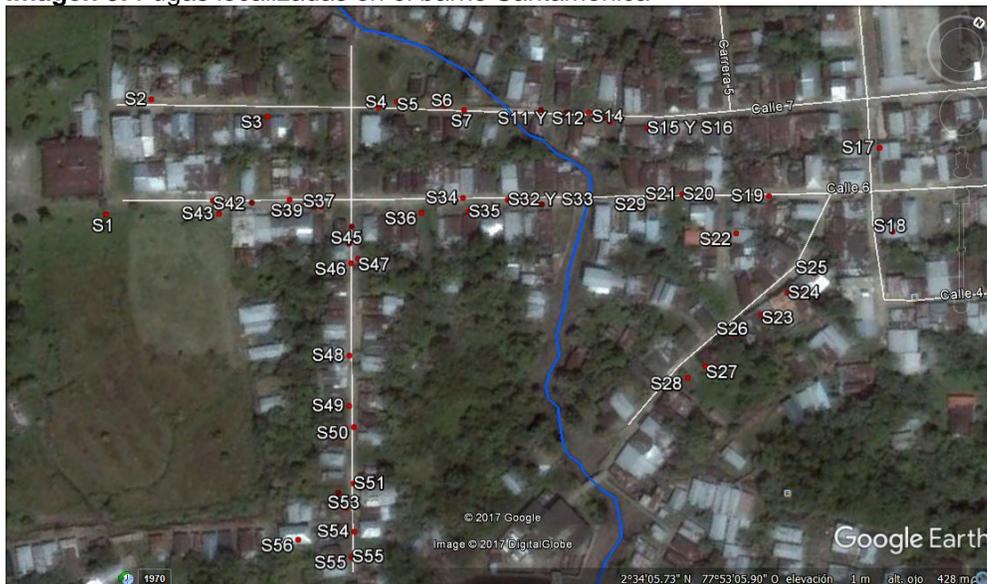
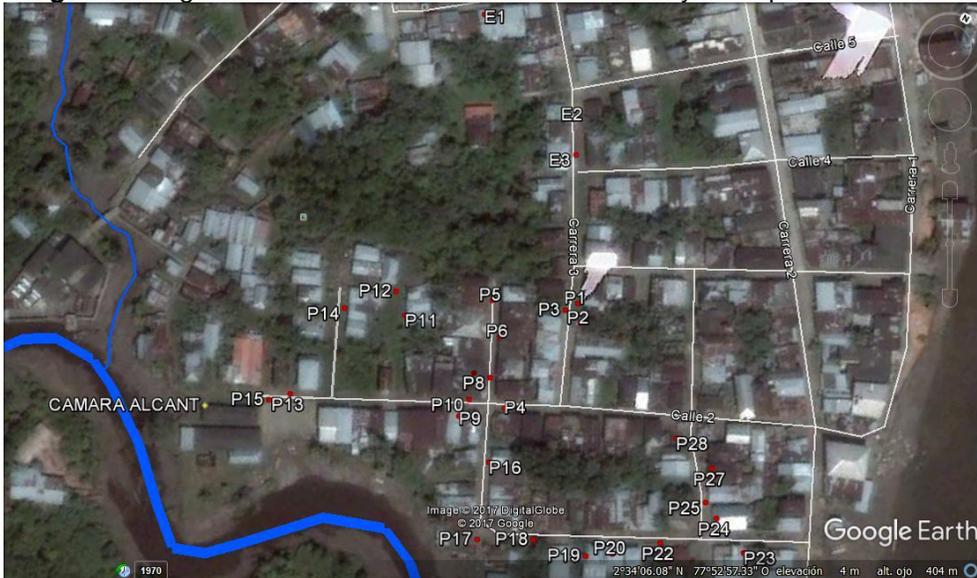


Tabla 5. Punto de fugas localizadas en los barrios del Pueblito y La Esperanza

PUNTO	COORDENADAS		ALTURA (m)	OBSERVACION
	LATITUD	LONGITUD		
E1	2°34'9.66"N	77°52'59.58"O	5	FUGA SUPERFICIAL
E2	2°34'8.94"N	77°52'57.60"O	4	FUGA INTERNA
E3	2°34'8.46"N	77°52'57.30"O	5	FUGA INTERNA
P1	2°34'6.54"N	77°52'56.16"O	2	FUGA INTERNA
P2	2°34'6.30"N	77°52'55.98"O	2	FUGA SUPERFICIAL
P3	2°34'6.36"N	77°52'56.28"O	3	FUGA SUPERFICIAL
P4	2°34'4.62"N	77°52'56.34"O	4	FUGA INTERNA
P5	2°34'5.94"N	77°52'57.30"O	5	FUGA SUPERFICIAL
P6	2°34'5.52"N	77°52'56.94"O	4	FUGA INTERNA
P7	2°34'4.86"N	77°52'57.00"O	5	FUGA SUPERFICIAL
P8	2°34'4.92"N	77°52'56.76"O	5	FUGA INTERNA
P9	2°34'4.20"N	77°52'56.88"O	7	FUGA SUPERFICIAL
P10	2°34'4.49"N	77°52'56.87"O	7	FUGA SUPERFICIAL
P11	2°34'5.10"N	77°52'58.32"O	8	FUGA SUPERFICIAL
P12	2°34'5.34"N	77°52'58.62"O	6	FUGA SUPERFICIAL
P13	2°34'3.24"N	77°52'59.22"O	8	FUGA SUPERFICIAL
P14	2°34'4.74"N	77°52'59.16"O	7	FUGA SUPERFICIAL
P15	2°34'3.00"N	77°52'59.46"O	7	FUGA SUPERFICIAL
P16	2°34'3.84"N	77°52'56.16"O	9	FUGA SUPERFICIAL
P17	2°34'2.76"N	77°52'55.74"O	7	FUGA SUPERFICIAL
P18	2°34'3.18"N	77°52'55.02"O	8	FUGA SUPERFICIAL
P19	2°34'3.36"N	77°52'54.24"O	9	FUGA SUPERFICIAL
P20	2°34'3.60"N	77°52'53.94"O	12	FUGA SUPERFICIAL
P21	2°34'3.72"N	77°52'54.00"O	9	FUGA SUPERFICIAL
P22	2°34'4.08"N	77°52'53.40"O	11	FUGA INTERNA
P23	2°34'4.80"N	77°52'52.86"O	11	FUGA SUPERFICIAL
P24	2°34'4.92"N	77°52'53.10"O	10	FUGA SUPERFICIAL
P25	2°34'5.34"N	77°52'53.16"O	9	FUGA SUPERFICIAL
P26	2°34'5.40"N	77°52'53.28"O	12	FUGA SUPERFICIAL
P27	2°34'5.52"N	77°52'53.94"O	10	FUGA SUPERFICIAL
S19	2°34'9.30"N	77°53'3.30"O	12	FUGA INTERNA
S22	2°34'8.52"N	77°53'3.42"O	14	FUGA SUPERFICIAL

Imagen 10. Fugas localizadas en los barrios del Pueblito y La Esperanza



Se observó que hay una gran cantidad de tuberías que se encuentran a muy poca profundidad, lo cual facilita los cortes por parte de los habitantes. También hay personas que se han conectado a las redes sin ninguna autorización por parte de la Unidad.

6.1.14. Encuestas

Acompañado de estudiantes del SENA y contratistas del acueducto de Popayán, se realizó una visita a hogares que conforman la zona comercial, con el fin de realizar encuestas que sirvan como información en la elaboración del catastro de usuarios.

Imagen 11. Zona de encuestas



Se encuestaron un total de 479 hogares, a los cuales se les realizaron preguntas como:

- ¿Nombre Usuario?
- ¿Número de Integrantes del hogar?
- ¿Dirección?
- ¿Acometida de acueducto?, sí o no
- ¿Llega el agua?, sí o no
- ¿Desea conectarse al servicio de acueducto?, sí o no

Tabla 6. Resultados de las encuestas

# HOGARES	POBLACION	ACOMETIDA DE ACUEDUCTO		LLEGA EL AGUA		DESEA CONECTARSE AL SERVICIO DE ACUEDUCTO	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO
479	1572	290	189	233	246	163	26

6.2. ANALISIS DE CALIDAD DEL AGUA

Para analizar la calidad del agua se tomaron muestras en las fuentes de abastecimiento, en puntos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y red de distribución, para ser comparados con la resolución 2115 de 2007.

6.2.1. Fuentes de Abastecimiento

Se tomaron muestras de agua a la salida de los pozos 1 y 2, a las cuales se les determinaron algunos parámetros fisicoquímicos.

Tabla 7. Análisis 1 (10/06/2017) en Pozos

Parámetros	Unidades	Pozo 1 (PTAP)	Pozo 2 (Olímpico)
Caudal	L/s	16	14,9
Temperatura	(°C)	26	26,5
PH		7,14	7,0
Color	(UPC)	1	1
Turbiedad	(UNT)	0,34	0,23
Conductividad	(us/cm)	217,7	245
Nitrito	(mg/L) NO2	0,002	0,001
Nitrato	(mg/L) NO3	1,3	1,2
Hierro total	(mg/L) Fe	2,91	1,95
Manganeso	(mg/L) Mn	0,2	0,2
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	118	115
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0
Cloruros	(mg/L) Cl	< 3	< 3

Tabla 8. Análisis 2 (26/06/2017) en Pozos

Parámetros	Unidades	Pozo 1 (PTAP)	Pozo 2 (Olímpico)
Caudal	L/s	15,6	14,75
Temperatura	(°C)	26,2	26,3
PH		6,89	6,99

Color	(UPC)	3	5
Turbiedad	(UNT)	0,7	0,66
Conductividad	(us/cm)	218,8	242
Nitrito	(mg/L) NO2	0,002	0,002
Nitrato	(mg/L) NO3	1,1	1
Hierro total	(mg/L) Fe	2,67	1,92
Manganeso	(mg/L) Mn	0,3	0,4
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	116	112
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0
Cloruros	(mg/L) Cl	< 3	< 3

Tabla 9. Análisis 3 (10/07/2017) en Pozos

Parámetros	Unidades	Pozo 1 (PTAP)	Pozo 2 (Olímpico)
Caudal	L/s	15,5	14,98
Temperatura	(°C)	26,3	26,6
PH		6,94	7,2
Color	(UPC)	4	6
Turbiedad	(UNT)	0,36	0,18
Conductividad	(us/cm)	218,2	242
Nitrito	(mg/L) NO2	0,003	0,001
Nitrato	(mg/L) NO3	1,2	1,1
Hierro total	(mg/L) Fe	2,71	1,96
Manganeso	(mg/L) Mn	0,4	0,4
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	120	118
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0
Cloruros	(mg/L) Cl	< 3	< 3

Tabla 10. Análisis 4 (28/07/2017) en Pozos

Parámetros	Unidades	Pozo 1 (PTAP)	Pozo 2 (Olímpico)
Caudal	L/s	16,2	15,1
Temperatura	(°C)	26,5	26,3
PH		7,28	7,1
Color	(UPC)	2	4
Turbiedad	(UNT)	0,4	1,2
Conductividad	(us/cm)	219	227
Nitrito	(mg/L) NO2	0,003	0,005
Nitrato	(mg/L) NO3	0,3	0,4
Hierro total	(mg/L) Fe	2,7	2,5
Manganeso	(mg/L) Mn	1	0,6
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	123	116
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0
Cloruros	(mg/L) Cl	< 3	< 3

Tabla 11. Análisis 5 (15/08/2017) en Pozos

Parámetros	Unidades	Pozo 1 (PTAP)	Pozo 2 (Olímpico)
Caudal	L/s	16,1	15,23
Temperatura	(°C)	26,5	26,9
PH		7,02	7,3
Color	(UPC)	1	1
Turbiedad	(UNT)	0,47	0,37
Conductividad	(us/cm)	221	218,1
Nitrito	(mg/L) NO2	0	0,002
Nitrato	(mg/L) NO3	1,3	1,1
Hierro total	(mg/L) Fe	3	2,9
Manganeso	(mg/L) Mn	1,1	0,4
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	115	112
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0
Cloruros	(mg/L) Cl	< 3	< 3

6.2.2. Torre aireadora 1

Para determinar la eficiencia de remoción de hierro y manganeso de las torres, se realizó un análisis de agua en el afluente y efluente de la torre aireadora.

Tabla 12. Análisis 1 (15/08/2017) en torre aireadora

Parámetros	Unidades	Afluente	Efluente
Caudal	L/s	16,1	
Temperatura	(°C)	26,5	26,2
PH		7,02	7,49
Color	(UPC)	0	54
Turbiedad	(UNT)	0,47	4,44
Conductividad	(us/cm)	221	208,3
Nitrito	(mg/L) NO2	0	0,002
Nitrato	(mg/L) NO3	1,3	3,0
Hierro total	(mg/L) Fe	3	2,5
Manganeso	(mg/L) Mn	1,1	0,6
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0

6.2.3. Planta de Tratamiento de Agua Potable

Para analizar la calidad del agua se tomaron muestras de agua después de las torres de aireación en toda la caída del vertedero 1 y a la salida de la PTAP después de las unidades de filtración, a las cuales se les determino algunos parámetros fisicoquímicos.

Tabla 13. Análisis 1 (10/06/2017) en PTAP valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	Entrada (PTAP)	Salida (PTAP)	Valor máximo admisible	Cumple
Caudal	L/s	30,9			
Temperatura	(°C)	25,9	26,4	---	---
PH		7,5	7,3	6,5 – 9,0	Si / Si
Color	(UPC)	45	59	≤ 15	Si / No
Turbiedad	(UNT)	1,85	4,46	≤ 2	No / No
Conductividad	(us/cm)	225	226	1000	Si / Si
Nitrito	(mg/L) NO2	0,003	0,002	0,1	Si / Si
Nitrato	(mg/L) NO3	1	2,1	10	Si / Si
Hierro total	(mg/L) Fe	2,93	2,27	0,3	No / No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,2	0,1	0,1	No / Si
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	250	Si / Si

Tabla 14. Análisis 2 (26/06/2017) en PTAP Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	Entrada (PTAP)	Salida (PTAP)	Valor máximo admisible	Cumple
Caudal	L/s	30,35			
Temperatura	(°C)	26,1	26,1	---	---
PH		7,26	7,22	6,5 – 9,0	Si / Si
Color	(UPC)	59	61	≤ 15	Si / No
Turbiedad	(UNT)	4,55	5,69	≤ 2	No / No
Conductividad	(us/cm)	226	222	1000	Si / Si
Nitrito	(mg/L) NO2	0,002	0,002	0,1	Si / Si
Nitrato	(mg/L) NO3	1,3	2	10	Si / Si

Hierro total	(mg/L) Fe	2,06	1,98	0,3	No / No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,2	0,2	0,1	No / No
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	250	Si / Si

Tabla 15. Análisis 3 (10/07/2017) en PTAP Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	Entrada (PTAP)	Salida (PTAP)	Valor máximo admisible	Cumple
Caudal	L/s	30,13			
Temperatura	(°C)	26,8	26,7	---	---
PH		7,15	7,11	6,5 – 9,0	Si / Si
Color	(UPC)	43	45	≤ 15	Si / No
Turbiedad	(UNT)	3,5	5,15	≤ 2	No / No
Conductividad	(us/cm)	225	221	1000	Si / Si
Nitrito	(mg/L) NO2	0,001	0,001	0,1	Si / Si
Nitrato	(mg/L) NO3	1	1,2	10	Si / Si
Hierro total	(mg/L) Fe	2,32	1,83	0,3	No / No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,3	0,2	0,1	No / No
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	250	Si / Si

Tabla 16 Análisis 4 (28/07/2017) en PTAP Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	Entrada (PTAP)	Salida (PTAP)	Valor máximo admisible	Cumple
Caudal	L/s	31,3			
Temperatura	(°C)	26,5	26,2	---	---
PH		7,37	7,3	6,5 – 9,0	Si / Si
Color	(UPC)	45	50	≤ 15	No / No
Turbiedad	(UNT)	4,0	4,8	≤ 2	No / No
Conductividad	(us/cm)	223	220	1000	Si / Si
Nitrito	(mg/L) NO2	0,004	0,003	0,1	Si / Si
Nitrato	(mg/L) NO3	0,5	0,4	10	Si / Si
Hierro total	(mg/L) Fe	2,62	2,3	0,3	No / No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,7	0,6	0,1	No / No
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	250	Si / Si

Tabla 17 Análisis 5 (15/08/2017) en PTAP Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	Entrada (PTAP)	Salida (PTAP)	Valor máximo admisible	Cumple
Caudal	L/s	16,1			
Temperatura	(°C)	26,2	26,3	---	---
PH		7,49	7,20	6,5 – 9,0	Si / Si
Color	(UPC)	54	58	≤ 15	No / No
Turbiedad	(UNT)	4,44	4,08	≤ 2	No / No
Conductividad	(us/cm)	208,3	217,8	1000	Si / Si
Nitrito	(mg/L) NO2	0,002	0,011	0,1	Si / Si
Nitrato	(mg/L) NO3	3,0	3,2	10	Si / Si
Hierro total	(mg/L) Fe	2,5	2,09	0,3	No / No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,6	0,5	0,1	No / No
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	250	Si / Si

6.2.4. Puntos de muestreos Red de distribución

Para poder evaluar, controlar y vigilar la calidad del agua, se tomaron muestras de agua mensualmente de forma manual a la salida de los tanques de almacenamientos y en 3 puntos de muestreo que instalo la secretaria de salud en

el sistema de distribución de acuerdo al Decreto 1575 del 2007 y la Resolución 811 de 2008, para determinar sus características fisicoquímicas y microbiológicas. De los seis (6) puntos de muestreo solo cuatro (4) se encuentran en buen estado, los cuales se encuentran ubicados en el Barrio Ciudadela Deportiva (primera vivienda), Barrio Bellavista (frente vivienda de Beatriz Caicedo), Barrio Porvenir (frente a la Guaca) y Barrio Santamonica (cerca al Hogar Monica), los primeros tres (3) puntos le llegan aguas provenientes del Tanque elevado 1, al punto 3 le llegan aguas provenientes del Tanque 2. También se realizaron muestreos con mayor frecuencia para la determinación de cloro residual.

Punto 1: Salida tanque de almacenamiento semienterrado

Punto 2: Primera vivienda salida tanque de almacenamiento elevado 1

Punto 3: Frente vivienda Beatriz Caicedo

Punto 4: Frente a la Guaca

Punto 5: Cerca al Hogar Mónica

Tabla 18 Tabla 18. Análisis 1 (12/06/2017) en puntos de muestreos Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	Valor máximo admisible	Cumple
Temperatura	(°C)	26,2	26,5	26,3	26,7	25,9	---	---
PH		7,89	8,03	8	7,9	8	6,5 – 9,0	Si/Si/Si/Si/Si
Color	(UPC)	56	51	48	53	65	≤ 15	No/No/No/No/No
Turbiedad	(UNT)	4,14	3,89	4,81	4,2	4,9	≤ 2	No/No/No/No/No
Cloro residual	(mg/L) Cl	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3 – 2,0	No/No/No/No/No
Calcio	(mg/L) Ca	15,2	13,6	16	---	---	60	Si/Si/Si/--/--
Conductividad	(us/cm)	221	220	219	216	219	1000	Si/Si/Si/Si/Si
Nitrato	(mg/L) NO2	0,002	0,004	0,003	0,003	0,004	0,1	Si/Si/Si/Si/Si
Nitrato	(mg/L) NO3	0,8	0,5	1	1,1	1,2	10	Si/Si/Si/Si/Si
Hierro total	(mg/L) Fe	1,7	1,5	1,8	1,8	1,7	0,3	No/No/No/No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,6	0,8	0,5	0,7	0,9	0,1	No/No/No/No
Magnesio	(mg/L) Mg	8,26	6,32	10,2	---	---	36	Si/Si/Si/--/--
Dureza total	(mg/L)	72	60	82	---	---	300	Si/Si/Si/--/--
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	0	0	0	250	Si/Si/Si/Si/Si
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	100	107	120	---	---	200	Si/Si/Si/--/--
Coliformes totales	(UFC/cm3)	0	0	0	0	---	0	Si/Si/Si/Si/--
E. coli (U.F.C)	(UFC/cm3)	0	0	0	0	---	0	Si/Si/Si/Si/--

Tabla 19 Análisis 2 (17/07/2017) en puntos de muestreos Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	Valor máximo admisible	Cumple
Temperatura	(°C)	26,2	26,3	26	26,4	25,9	---	---
PH		7,62	7,57	7,8	7,6	7,5	6,5 – 9,0	Si/Si/Si/Si/Si
Color	(UPC)	67	68	69	45	65	≤ 15	No/No/No/No/No
Turbiedad	(UNT)	4,62	4,67	5,33	4,65	4,9	≤ 2	No/No/No/No/No
Cloro residual	(mg/L) Cl	1,7	1,7	1,6	1,67	1,6	0,3 – 2,0	Si/Si/Si/Si/Si
Calcio	(mg/L) Ca	14,4	---	14,4	---	---	60	Si/--/Si/--/--
Conductividad	(us/cm)	213,6	213	211,1	212,4	215	1000	Si/Si/Si/Si/Si
Nitrato	(mg/L) NO2	0,007	0,005	0,006	0,008	0,001	0,1	Si/Si/Si/Si/Si
Nitrato	(mg/L) NO3	1,2	1	1,3	1	1,2	10	Si/Si/Si/Si/Si
Hierro total	(mg/L) Fe	1,8	1,9	1,9	2	2	0,3	No/No/No/No/No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,6	0,7	0,5	0,7	0,6	0,1	No/No/No/No/No
Magnesio	(mg/L) Mg	14,6	---	13,1	---	---	36	Si/--/Si/--/--

Dureza total	(mg/L)	96	---	90	---	---	300	Si/--/Si/--/--
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	0	0	0	250	Si/Si/Si/Si/Si
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	116	115	118	116	119	200	Si/Si/Si/Si/Si
Coliformes totales	(UFC/cm3)	0	0	0	0	---	0	Si/Si/Si/Si/--
E. coli (U.F.C)	(UFC/cm3)	0	0	0	0	---	0	Si/Si/Si/Si/--

Tabla 20 Análisis 3 (14/08/2017) en puntos de muestreos Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	Valor máximo admisible	Cumple
Temperatura	(°C)	26,3	26,7	26	26,6	25,8	---	---
PH		7,9	7,5	7,7	7,3	7,4	6,5 – 9,0	Si/Si/Si/Si/Si
Color	(UPC)	48	51	47	45	65	≤ 15	No/No/No/No/No
Turbiedad	(UNT)	4,46	4,2	4,87	4,36	4,93	≤ 2	No/No/No/No/No
Cloro residual	(mg/L) Cl	1,6	1,6	1,6	1,45	1,55	0,3 – 2,0	Si/Si/Si/Si/Si
Calcio	(mg/L) Ca	---	---	---	---	---	60	---
Conductividad	(us/cm)	204	215	208	218	219	1000	Si/Si/Si/Si/Si
Nitrito	(mg/L) NO2	0,003	0,001	0,005	0,004	0,002	0,1	Si/Si/Si/Si/Si
Nitrato	(mg/L) NO3	0,8	0,6	0,4	0,7	0,8	10	Si/Si/Si/Si
Hierro total	(mg/L) Fe	1,7	1,9	1,9	1,8	2	0,3	No/No/No/No/No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,9	0,8	1,1	1,1	1	0,1	No/No/No/No/No
Magnesio	(mg/L) Mg	8,75	---	9,23	---	---	36	Si/--/Si/--/--
Dureza total	(mg/L)	72	---	74	---	---	300	Si/--/Si/--/--
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	0	0	0	250	Si/Si/Si/Si/Si
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	100	108	117	112	115	200	Si/Si/Si/Si/Si
Coliformes totales	(UFC/cm3)	0	0	0	2	---	0	Si/Si/Si/No/--
E. coli (U.F.C)	(UFC/cm3)	0	0	0	0	---	0	Si/Si/Si/Si/--

Tabla 21. Análisis 4 (11/09/2017) en puntos de muestreos Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	Valor máximo admisible	Cumple
Temperatura	(°C)	28	28	27,8	27,6	27	---	---
PH		7,74	7,65	7,54	7,85	7,7	6,5 – 9,0	Si/Si/Si/Si/Si
Color	(UPC)	45	59	64	52	63	≤ 15	No/No/No/No/No
Turbiedad	(UNT)	4,96	5,19	5,18	4,79	5	≤ 2	No/No/No/No/No
Cloro residual	(mg/L) Cl	1,6	1,45	1,45	1,5	1,5	0,3 – 2,0	Si/Si/Si/Si/Si
Calcio	(mg/L) Ca	---	---	---	---	---	60	---
Conductividad	(us/cm)	215	218	220	219,6	220	1000	Si/Si/Si/Si/Si/Si
Nitrito	(mg/L) NO2	0,002	0,003	0,004	0,001	0,002	0,1	Si/Si/Si/Si/Si/Si
Nitrato	(mg/L) NO3	0,5	0,6	1,5	1,6	1,2	10	Si/Si/Si/Si/Si/Si
Hierro total	(mg/L) Fe	1,9	1,94	1,94	1,91	1,8	0,3	No/No/No/No/No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,8	0,8	1	1,2	1	0,1	No/No/No/No/No
Magnesio	(mg/L) Mg	11,2	---	---	15,6	---	36	Si/--/--/Si/--
Dureza total	(mg/L)	82	---	---	102	---	300	Si/--/--/Si/--
Sulfato	(mg/L) SO4	0	0	0	0	0	250	Si/Si/Si/Si/Si/Si
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	129	118	116	96	115	200	Si/Si/Si/Si/Si/Si
Coliformes totales	(UFC/cm3)	0	0	0	3,1	---	0	Si/Si/Si/No/--
E. coli (U.F.C)	(UFC/cm3)	0	0	0	0	---	0	Si/Si/Si/Si/--

También se realizó análisis de agua a un punto de muestra que fue construido por el Acueducto de Popayán pero no se encuentra registrado ante la Secretaria de Salud del Cauca.

PUNTO 6: Pueblito

Tabla 22 Análisis 5 (18/08/2017) en punto de muestreo 6 Red de distribución Valores máximos admisibles para consumo humano (Res. 2115 de 2007)

Parámetros	Unidades	PUNTO 6	Valor máximo admisible	Cumple
Temperatura	(°C)	26,4	---	---
PH		7,60	6,5 – 9,0	Si
Color	(UPC)	65	≤ 15	No
Turbiedad	(UNT)	4,63	≤ 2	No
Cloro residual	(mg/L) Cl	1,3	0,3 – 2,0	Si
Calcio	(mg/L) Ca	---	60	---
Conductividad	(us/cm)	212,4	1000	Si
Nitrito	(mg/L) NO2	0,018	0,1	Si
Nitrato	(mg/L) NO3	1	10	Si
Hierro total	(mg/L) Fe	2,1	0,3	No
Manganeso	(mg/L) Mn	0,9	0,1	No
Magnesio	(mg/L) Mg	---	36	---
Dureza total	(mg/L)	--	300	---
Sulfato	(mg/L) SO4	0	250	Si
Alcalinidad	(mg/L) CaCO3	118	200	Si
Coliformes totales	(UFC/cm3)	---	0	---
E. coli (U.F.C)	(UFC/cm3)	---	0	---

Se realizaron análisis de cloro con mayor frecuencia en los puntos de muestreo para ser comparados con la resolución 2115 del 2007.

Tabla 23. Análisis de cloro residual (mg/L) en puntos de muestreo de la red

ANÁLISIS	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
2	1.7	1.7	1.6	1.67	1.6
3	1.6	1.6	1.6	1.45	1.55
4	1.6	1.45	1.45	1,5	1.5
5	1,8	1.7	1.6	1.7	1.7
6	0.8	0.8	0.7	0.65	0.7
7	1.2	1.1	1,25	1.2	1.25
8	1.45	1.3	1.3	1.2	1.35

6.3. EVALUACIÓN DEL RIESGO

6.3.1. Calculo del IRCA

Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro N°.6 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente Resolución. El IRCA se determinó para cada mes en cada punto de muestreo.

Tabla 24. Puntaje de riesgo

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 (Al ₃₊)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

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 presente Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA), se realizará utilizando las siguientes fórmulas:

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

Tabla 25. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.

0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.
-------	------------	---------------------------------------	--

En la siguiente tabla se encuentra los resultados de los análisis de agua mensual, que se tomaron en el punto 2 de muestreo con sus respectivos puntajes de riesgo. Estos resultados se compararon con la resolución 2115 de 2007 para determinar qué características del agua se encuentran por encima de la presente resolución.

Tabla 26. Resultados de análisis de agua mensuales punto 2: primera vivienda salida tanque de almacenamiento elevado 1

Característica	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de riesgo
Color Aparente (UPC)	51	68	51	59	15	6
Turbiedad (NTU)	3,89	4,67	4,2	5,19	2	15
pH	8,3	7,57	7,5	7,65	6,5-9,0	1,5
Cloro Residual Libre (mg/L)	0,2	1,7	1,6	1,45	0,3-2,0	15
Alcalinidad Total (mgCaCo3/L)	107	115	108	118	200	1
Calcio (mg Ca/L)	13,6	N/A	N/A	N/A	60	1
Manganeso (mg Mn/L)	0,8	0,7	0,8	0,8	0,1	1
Magnesio (mg Mg/L)	6,32	N/A	N/A	N/A	36	1
Dureza Total (mg CaCo3/L)	60	N/A	N/A	N/A	300	1
Sulfatos (mg/L)	0	0	0	0	250	1
Hierro Total (mg Fe/L)	1,5	1,9	1,9	1,94	0,3	1,5
Nitratos (mg NO3-/L)	0,5	1	1	0,6	10	1
Nitritos (mg NO2-/L)	0,004	0,005	0,006	0,003	0,1	3
Coliformes Totales	0	0	0	0	0	15
Escherichia Coli	0	0	0	0	0	25

A partir de los datos de la tabla anterior, se calcula el IRCA para cada mes.

Tabla 27. Resultados del IRCA mensuales punto 2: Primera vivienda salida tanque de almacenamiento elevado 1

Mes	Característica no aceptable	Puntuación de las características no aceptable	Σ Puntuación de las características no aceptable	Puntaje de riesgo total asignado	IRCA (%)
Junio	Color	6	38,5	100 – 11 = 89	43,26
	Turbiedad	15			
	Cloro	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Julio	Color	6	23,5	100 – 14 = 86	27,33
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Agosto	Color	6	23,5	100 – 14 = 86	27,33
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Septiembre	Color	6	23,5	100 – 14 = 86	27,33
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			

EJEMPLO mes de Junio

Color Aparente (UPC) = 6
 Turbiedad (NTU) = 15
 Cloro residual (mg Cl/L) = 15
 Manganeseo (mg Mn/L) = 1
 Hierro Total (mg Fe/L) = 1,5
TOTAL = 38,5

Puntaje de riesgo total asignado: 100 – 11 = 89

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

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{38,5}{89} * 100 = 43,26 \%$$

En la siguiente tabla se encuentra los resultados de los análisis de agua mensual, que se tomaron en el **punto 3** de muestreo con sus respectivos puntajes de riesgo. Estos resultados se compararon con la resolución 2115 de 2007 para determinar qué características del agua se encuentran por encima de la presente resolución.

Tabla 28. Resultados de análisis de agua mensuales punto 3: frente vivienda Beatriz Caicedo

Característica	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de riesgo
Color Aparente (UPC)	48	69	47	64	15	6
Turbiedad (NTU)	4,81	5,33	4,87	5,18	2	15
pH	8	7,8	7,7	7,54	6,5-9,0	1,5
Cloro Residual Libre (mg/L)	0,2	1,6	1,6	1,45	0,3-2,0	15
Alcalinidad Total (mg CaCo3/L)	120	118	117	116	200	1
Calcio (mg Ca/L)	16	14,4	N/A	N/A	60	1
Manganeseo (mg Mn/L)	0,5	0,5	1,1	1	0,1	1
Magnesio (mg Mg/L)	10,2	13,1	9,23	N/A	36	1
Dureza Total (mg CaCo3/L)	82	90	74	N/A	300	1
Sulfatos (mg/L)	0	0	0	0	250	1
Hierro Total (mg Fe/L)	1,8	1,9	1,9	1,94	0,3	1,5
Nitratos (mg NO3-/L)	1	1,3	0,4	1,5	10	1
Nitritos (mg NO2-/L)	0,003	0,06	0,005	0,004	0,1	3
Coliformes Totales	0	0	0	0	0	15
Escherichia Coli	0	0	0	0	0	25

A partir de los datos de la tabla anterior, se calcula el IRCA para cada mes.

Tabla 29. Resultados del IRCA mensuales punto 3: frente vivienda Beatriz Caicedo

Mes	Característica no aceptable	Puntuación de las características no aceptable	Σ Puntuación de las características no aceptable	Puntaje de riesgo total asignado	IRCA (%)
Junio	Color	6	38,5	100 – 11 = 89	43,26
	Turbiedad	15			
	Cloro	15			
	Manganeseo	1			
	Hierro	1,5			
Julio	Color	6	23,5	100 – 11 = 89	26,40

	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Agosto	Color	6	23,5	100 – 12 = 88	26,70
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Septiembre	Color	6	23,5	100 – 14 = 86	27,33
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			

EJEMPLO mes de Junio

Color Aparente (UPC) = 6

Turbiedad (NTU) = 15

Manganeso (mg Mn/L) = 1

Hierro Total (mg Fe/L) = 1,5

TOTAL = 23, 5

Puntaje de riesgo total asignado: 100 – 11 = 89

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

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{23,5}{89} * 100 = 26,40 \%$$

En la siguiente tabla se encuentra los resultados de los análisis de agua mensual, que se tomaron en el **punto 4** de muestreo con sus respectivos puntajes de riesgo. Estos resultados se compararon con la resolución 2115 de 2007 para determinar qué características del agua se encuentran por encima de la presente resolución.

Tabla 30. Resultados de análisis de agua mensuales punto 4: frente a la guaca

Característica	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de riesgo
Color Aparente (UPC)	53	45	45	52	15	6
Turbiedad (NTU)	4,2	4,65	4,36	4,79	2	15
pH	7,9	7,6	7,3	7,85	6,5-9,0	1,5
Cloro Residual Libre (mg/L)	0,1	1,67	1,45	1,5	0,3-2,0	15
Alcalinidad Total (mg CaCo3/L)	N/A	116	112	96	200	1
Manganeso (mg Mn/L)	0,7	0,7	1,1	1,2	0,1	1
Magnesio (mg Mg/L)	N/A	N/A	N/A	15,6	36	1
Dureza Total (mg CaCo3/L)	N/A	N/A	N/A	102	300	1
Sulfatos (mg/L)	0	0	0	0	250	1
Hierro Total (mg Fe/L)	1,8	2	1,8	1,91	0,3	1,5
Nitratos (mg NO3-/L)	1,1	1	0,7	1,6	10	1
Nitritos (mg NO2-/L)	0,003	0,008	0,004	0,001	0,1	3
Coliformes Totales	0	0	2	3,1	0	15
Escherichia Coli	0	0	0	0	0	25

A partir de los datos de la tabla anterior, se calcula el IRCA para cada mes.

Tabla 31. Resultados del IRCA mensuales punto 4: frente a la guaca

Mes	Característica no aceptable	Puntuación de las características no aceptable	Σ Puntuación de las características no aceptable	Puntaje de riesgo total asignado	IRCA (%)
Junio	Color	6	38,5	100 – 15 = 85	45,29
	Turbiedad	15			
	Cloro	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Julio	Color	6	23,5	100 – 14 = 86	27,33
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Agosto	Color	6	38,5	100 – 14 = 86	44,77
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
	Coliformes Totales	15			
Septiembre	Color	6	38,5	100 – 12 = 88	43,75
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
	Coliformes Totales	15			

EJEMPLO mes de Junio

Color Aparente (UPC) = 6
 Turbiedad (NTU) = 15
 Cloro residual (mg Cl/L) = 15
 Manganeso (mg Mn/L) = 1
 Hierro Total (mg Fe/L) = 1,5
TOTAL = 38, 5

Puntaje de riesgo total asignado: 100 – 15 = 85

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

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{38,5}{85} * 100 = 45,29 \%$$

En la siguiente tabla se encuentra los resultados de los análisis de agua mensual, que se tomaron en el **punto 5** de muestreo con sus respectivos puntajes de riesgo. Estos resultados se compararon con la resolución 2115 de 2007 para determinar qué características del agua se encuentran por encima de la presente resolución.

Tabla 32. Resultados de análisis de agua mensuales punto 5: cerca al hogar Monica

Característica	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de riesgo
Color Aparente (UPC)	65	65	65	63	15	6
Turbiedad (NTU)	4,9	4,9	4,93	5	2	15
pH	8	7,5	7,4	7,7	6,5-9,0	1,5
Cloro Residual Libre (mg/L)	0,2	1,6	1,5	1,5	0,3-2,0	15
Alcalinidad Total (mg CaCo3/L)	N/A	119	115	115	200	1
Manganeso (mg Mn/L)	0,9	0,6	1	1	0,1	1
Sulfatos (mg/L)	0	0	0	0	250	1
Hierro Total (mg Fe/L)	1,7	2	2	1,8	0,3	1,5
Nitratos (mg NO3-/L)	1,2	1,2	0,8	1,2	10	1
Nitritos (mg NO2-/L)	0,004	0,001	0,002	0,002	0,1	3

A partir de los datos de la tabla anterior, se calcula el IRCA para cada mes.

Tabla 33. Resultados del IRCA mensuales punto 5: cerca al hogar Monica

Mes	Característica no aceptable	Puntuación de las características no aceptable	Σ Puntuación de las características no aceptable	Puntaje de riesgo total asignado	IRCA (%)
Junio	Color	6	38,5	100 – 55 =45	85,55
	Turbiedad	15			
	Cloro	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Julio	Color	6	23,5	100 – 54 =46	51,08
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Agosto	Color	6	23,5	100 – 54 =46	51,08
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			
Septiembre	Color	6	23,5	100 – 54 =46	51,08
	Turbiedad	15			
	Manganeso	1			
	Hierro	1,5			

EJEMPLO mes de Enero

Color Aparente (UPC) = 6
 Turbiedad (NTU) = 15
 Cloro residual (mg Cl/L) = 15
 Manganeso (mg Mn/L) = 1
 Hierro Total (mg Fe/L) = 1,5
TOTAL = 38,5

Puntaje de riesgo total asignado: 100 – 55 = 45

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

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{38,5}{45} * 100 = 85,55 \%$$

6.3.2. Evaluación del riesgo en cada componente del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable (SAAP)

Para la evaluación del riesgo en los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua, fue necesario identificar que peligros o eventos peligrosos pudieran producirse en cada uno de ellos. La determinación de los peligros se realiza mediante visitas sobre el terreno y análisis de la documentación. La inspección visual de aspectos como la zona adyacente a los puntos y los componentes del tratamiento puede revelar peligros que no se habrían detectado únicamente mediante análisis de la documentación.

Tabla 34. Eventos que pueden representar un riesgo en el sistema de abastecimiento de agua

Componente	EVENTOS	OBSERVACIÓN
Fuente de abastecimiento	Viviendas: fosas sépticas	Contaminación microbiológica
	Ruptura de tuberías.	Entrada de contaminantes
	Seguridad deficiente / vandalismo	Contaminación / corte de suministro
	Falta de Mantenimiento y limpieza de los pozos.	Escases / corte de suministro
Planta de tratamiento	Deterioro de las torres aireadoras	Eliminación insuficiente de Hierro y Manganeso
	Falta de dosificación de coagulante	Eliminación insuficiente de partículas
	Gradientes de floculación bajos	Eliminación insuficiente de partículas
	Deterioro y ausencia de placas de sedimentación	Eliminación insuficiente de partículas
	Obstrucción de filtros	Eliminación insuficiente de partículas
	Falta de dosis optima de cloro	Eliminación insuficiente de microorganismos, formación de subproductos
	Fallas de las compuertas a la salida de los filtro	Eliminación insuficiente de partículas
	Seguridad deficiente / vandalismo	Contaminación / corte de suministro
	Suministro eléctrico	Corte de suministro
	Falta de monitoreo de la calidad del agua en las unidades de tratamiento.	Eliminación insuficiente de partículas
Falta de capacitación de operarios de la Planta.	Eliminación insuficiente de partículas	
Estaciones de bombeo	Falta de Mantenimiento de bombas	Corte de suministro
	Mal Estado de la infraestructura del cuarto de máquinas.	Corte de suministro
	Suministro eléctrico	Corte de suministro
Tanques de almacenamiento	Falta mantenimiento y limpieza de tanques de almacenamiento de agua.	Contaminación / corte de suministro
	Seguridad deficiente / vandalismo.	Contaminación / corte de suministro
Red de distribución	Ruptura de tuberías.	Entrada de contaminantes
	Fluctuaciones de la presión	Entrada de contaminantes
	Baja cobertura del monitoreo de calidad de agua	Contaminación
	Intermitencia del suministro	Entrada de contaminantes
	Zonas de inundaciones.	Entrada de contaminantes
	Seguridad / vandalismo	Contaminación
	Terreno contaminado	Entrada de contaminantes
	Apertura y cierre de válvulas	Perturbación de depósitos por la inversión o modificación del flujo, Introducción de agua viciada
	Ruptura del Alcantarillado	Entrada de contaminantes
Conexiones no autorizadas	Contaminación por contraflujo	

6.3.2.1. Matriz de peligro y eventos peligrosos

La información recopilada sobre el SAA desde su descripción hasta su funcionamiento, es primordial para poder determinar los puntos del sistema que son vulnerables a eventos peligrosos e identificar los tipos de peligros relevantes. Para cada componente se identificó los eventos peligrosos y los peligros asociados a cada evento, los cuales se clasifican en; B: biológico, Q: químico, F: físico, R: radioactivo y C: asociado a la cantidad de agua (insuficiencia de agua).

Tabla 35. Matriz de eventos peligrosos y peligro asociado

COMPONENTE	EVENTOS PELIGROSOS	PELIGROS ASOCIADOS
Fuente de abastecimiento	Viviendas: fosas sépticas	Biológico
	Ruptura de tuberías.	Biológico, químico, físico, insuficiencia de agua
	Seguridad deficiente / vandalismo	Biológico, químico, físico, insuficiencia de agua
	Falta de Mantenimiento y limpieza de los pozos.	Insuficiencia de agua
Planta de tratamiento	Deterioro de las torres aireadoras	químico, físico
	Falta de dosificación de coagulante	Biológico, químico, físico
	Gradientes de floculación bajos	Biológico, químico, físico
	Deterioro y ausencia de placas de sedimentación	Biológico, químico, físico
	Obstrucción de filtros	Biológico, químico, físico,
	Falta de dosis optima de cloro	Biológico, químico
	Fallas de las compuertas a la salida de los filtro	Biológico, químico, físico,
	Seguridad deficiente / vandalismo	Biológico, químico, físico, insuficiencia de agua
	Suministro eléctrico	Insuficiencia de agua
	Falta de monitoreo de la calidad del agua en las unidades de tratamiento.	Biológico, químico, físico
	Falta de capacitación de operarios de la Planta.	Biológico, químico, físico, insuficiencia de agua
Estaciones de bombeo	Falta de Mantenimiento de bombas	Insuficiencia de agua
	Mal Estado de la infraestructura del cuarto de máquinas.	Insuficiencia de agua
	Suministro eléctrico	Insuficiencia de agua
Tanques de almacenamiento	Falta mantenimiento y limpieza de tanques de almacenamiento de agua.	Biológico, químico, físico, insuficiencia de agua
	Seguridad deficiente / vandalismo.	Biológico, químico, físico, insuficiencia de agua
Red de distribución	Ruptura de tuberías.	Biológico, químico, físico, insuficiencia de agua
	Fluctuaciones de la presión	Biológico, químico, físico
	Baja cobertura del monitoreo de calidad de agua	Biológico, químico, físico
	Intermitencia del suministro	Biológico, químico, físico
	Zonas de inundaciones.	Biológico, químico, físico
	Seguridad / vandalismo	Biológico, químico, físico, insuficiencia de agua
	Terreno contaminado	Biológico, químico, físico
	Apertura y cierre de válvulas	Biológico, químico, físico
	Ruptura del Alcantarillado	Biológico, químico, físico
Conexiones no autorizadas	Biológico, químico, físico	

6.3.2.2. Valoración del riesgo

Para la valoración del riesgo se adaptó la matriz semicuantitativa propuesta en la metodología de la Organización Mundial de la Salud – OMS descrita en el Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua (BARTRAM J, 2009), la cual es muy utilizada en los planes de seguridad del agua (PSA) ajustando el significado de los niveles de gravedad o efecto de éstos, se consideraron aspectos relacionados con la calidad, cantidad de agua y continuidad del servicio; permitió que se facilitara la evaluación de riesgos de forma amplia y precisa.

Para cada evento peligroso, la estimación del riesgo se realizó multiplicando la probabilidad de ocurrencia (escala 1-5) y el efecto o gravedad de sus consecuencias (escala 1-5).

Tabla 36. Matriz semicuantitativa adaptada para la evaluación del riesgo en el Sistema de Distribución de Agua (SDA)

MATRIZ DE RIESGO SEMICUANTITATIVA			EFECTO O GRAVEDAD				
			INSIGNIFICANTE Sin repercusión. No detectable distribución de agua segura en todo el SDA	MENOR Suministro de agua con incumplimiento de características organolépticas en parte o todo el SDA	MODERADO Consecuencias en la salud pública a largo plazo (riesgo crónico) y/o características organolépticas insuficiencia de agua < 24 horas en parte del SDA	MAYOR Incumplimiento reglamentario con repercusión en la salud pública a corto (riesgo agudo) o largo plazo (riesgo crónico). Insuficiencia de agua > 24 horas en parte del SDA	CATASTRÓFICO Incumplimiento reglamentario con repercusión en la salud pública a corto (riesgo agudo) y largo plazo (riesgo crónico). Insuficiencia de agua en todo el SDA
			Clasificación :1	Clasificación:2	Clasificación:3	Clasificación:4	Clasificación:5
P R O B A B I L I D A D E O C U R R E N C I A	Casi seguro Ya ha ocurrido anteriormente y puede volver a ocurrir	5	5	10	15	20	25
	Muy probable Ya ha ocurrido anteriormente y cabe la posibilidad que vuelva a ocurrir	4	4	8	12	16	20
	Previsible Es posible y podría ocurrir en determinadas circunstancias	3	3	6	9	12	15
	Improbable Es posible y no puede descartarse que ocurra en el futuro	2	2	4	6	8	10
	Muy improbable No ha ocurrido anteriormente y es muy improbable que ocurra en el futuro	1	1	2	3	4	5

La clasificación final del riesgo se basó en cuatro niveles de acuerdo a la puntuación obtenida, Bajo (< 6), Medio (6-9), Alto (10-15) y Muy alto (>15).

Tabla 37. Clasificación del riesgo

Puntuación del riesgo	< 6	6-9	10-15	≥ 16
Nivel de riesgo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

Tabla 38. Valoración del riesgo

COMPONENTE	EVENTOS PELIGROSOS	ESTIMACION DEL RIESGO		
		Probabilidad	Efecto	Riesgo
Fuente de abastecimiento	Viviendas: fosas sépticas	4	4	16
	Ruptura de tuberías.	4	4	16
	Seguridad deficiente / vandalismo	4	5	20
	Falta de Mantenimiento y limpieza de los pozos.	4	5	20
Planta de tratamiento	Deterioro de las torres aireadoras	5	4	20
	Falta de dosificación de coagulante	5	4	20
	Gradientes de floculación bajos	5	4	20
	Deterioro y ausencia de placas de sedimentación	5	4	20
	Obstrucción de filtros	5	4	20
	Falta de dosis optima de cloro	5	5	25
	Fallas de las compuertas a la salida de los filtro	5	4	20
	Seguridad deficiente / vandalismo	2	5	10
	Suministro eléctrico	5	5	25
	Falta de monitoreo de la calidad del agua en las unidades de tratamiento.	5	5	25
	Falta de capacitación de operarios de la Planta.	4	5	20
Estaciones de bombeo	Falta de Mantenimiento de bombas	5	5	25
	Mal Estado de la infraestructura del cuarto de máquinas.	4	5	20
	Suministro eléctrico	5	5	25
Tanques de almacenamiento	Falta mantenimiento y limpieza de tanques de almacenamiento de agua.	5	5	25
	Seguridad deficiente / vandalismo.	5	5	25
Red de distribución	Ruptura de tuberías.	5	5	25
	Fluctuaciones de la presión	5	4	20
	Baja cobertura del monitoreo de calidad de agua	5	5	25
	Intermitencia del suministro	5	5	25
	Zonas de inundaciones.	4	5	20
	Seguridad / vandalismo	5	4	20
	Terreno contaminado	5	5	25
	Apertura y cierre de válvulas	5	4	20
	Ruptura del Alcantarillado	5	5	25
Conexiones no autorizadas	5	4	20	

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

De acuerdo a los cálculos de población y dotación neta, para abastecer a toda la población del Municipio de Guapi se requiere generar como mínimo un caudal de 3.095 m³/día (35,8 L/s) sin considerar las pérdidas, pero como la cobertura es del 45 %, se necesita un caudal de 16,2 L/s como mínimo para abastecer a todos los usuarios. En la actualidad ese caudal es insuficiente debido al desperdicio de agua por parte de la población y las fugas en la red de distribución.

7.1.1. Floculadores

De acuerdo a los cálculos realizados, se considera que el tiempo de floculación (19,87 min) pareciera ser adecuado, ya que según el RAS el tiempo de floculación debe estar entre 20 y 30 min. Los gradientes de floculación de 8,25 s⁻¹, 10,45 s⁻¹, 7,05 s⁻¹ y gradiente Total de floculación 8.7 s⁻¹ son muy bajos, según el RAS estos deben estar entre 20 s⁻¹ y 70 s⁻¹, evitando la formación de buenos flocs, y generando disminución de la eficiencia de remoción de partículas de la PTAP, aumentando el riesgo a la salud de la población por el consumo de agua que por sus características fisicoquímicas y microbiológicas se considera no apta para consumo humano.

7.1.2. Sedimentadores

De acuerdo a los cálculos realizados, no hay una buena sedimentación de los flocs en los sedimentadores, ya que el flujo del agua a través de las placas de sedimentación es turbulento, generando disminución de la eficiencia de remoción de partículas de la PTAP, aumentando el riesgo a la salud de la población por el consumo de agua que por sus características fisicoquímicas y microbiológicas se considera no apta para consumo humano.

Las cargas superficiales en sedimentadores de alta tasa es de 77,6 m³/m²/día según el RAS estos deben estar entre 120 y 180 m³/m²/día, está por debajo, lo cual mejora el proceso y permite tener disponibilidad para tratar más cantidad de agua.

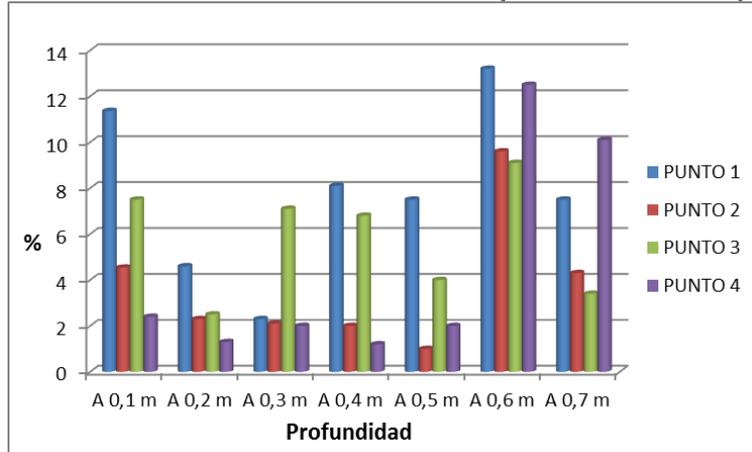
7.1.3. Filtros

De acuerdo a los resultados de las pruebas realizadas al material filtrante, se determinó que el material está demasiado sucio, ya que todos los resultados de las pruebas dieron ≥ 1 , por lo tanto se requiere un cambio o lavado exhaustivo del material, el cual está generando disminución de la eficiencia en remoción de partículas de la PTAP, aumentando el riesgo a la salud de la población por el

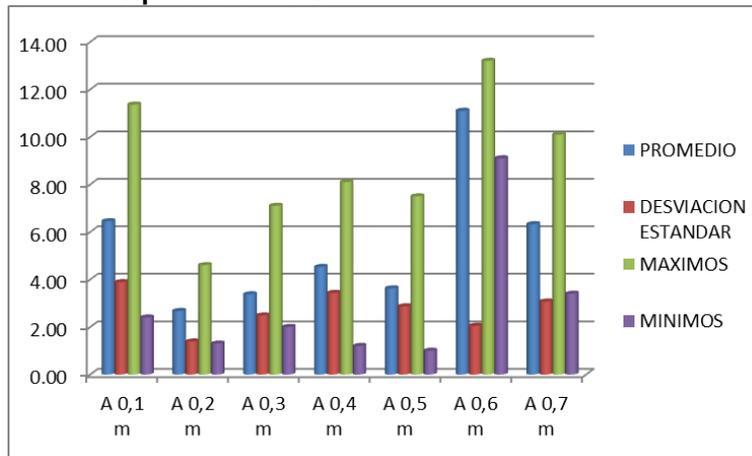
consumo de agua que por sus características fisicoquímicas y microbiológicas se considera no apta para consumo humano.

A continuación se muestra los resultados de los ensayos realizados en el lecho filtrante en cuatro puntos del filtro a diferentes profundidades.

Gráfica 1. Relación lodo/lecho en cada punto a diferentes profundidades



Gráfica 2. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de relación lodo/lecho a diferentes profundidades



7.1.4. Cloración

La falta de una dosificación óptima aumenta el riesgo a la salud de la población por el consumo de agua, ya que con dosis bajas de cloro no se está eliminando por completo los microorganismos patógenos presentes en ella. Un exceso de cloro puede reaccionar con la materia orgánica, originando subproductos tóxicos como los trihalometanos (THM). La formación de estos compuestos es mayor al aumentar la concentración de cloro, la materia orgánica, la temperatura y el pH del agua, así

como con el tiempo de contacto del cloro con el agua (Junta de Castilla y Leon, 2009).

7.1.5. Tanques de almacenamiento semienterrados

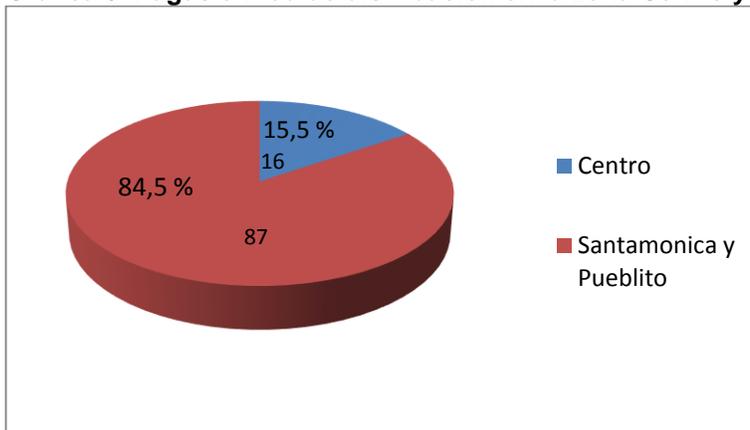
De acuerdo al resultado obtenido del caudal medio diario ($4.130 \frac{m^3}{dia}$), que multiplicado por 40% se obtiene aproximadamente el volumen diario requerida para abastecer a toda la población ($1.652 m^3/dia$), comparado con el volumen total de los tanques de almacenamiento ($1.200 m^3$), se puede decir que el volumen de los tanques no satisface la demanda de agua diaria de toda la población.

Pero para un caudal medio diario ($1.858 m^3/dia$), el cual corresponde a una cobertura del 45%, que al ser multiplicado por 40% se obtiene aproximadamente el volumen diario requerida para abastecer a todos los usuarios ($743,2 m^3/dia$), comparado con el volumen total de los tanques de almacenamiento ($1.200 m^3$), se puede decir que el volumen de los tanques satisface la demanda de agua diaria de todos los usuarios.

7.1.6. Red de distribución

De las 103 fugas localizadas y georreferenciadas en la red de distribución se pudo determinar según la Grafica 3, que 16 de ellas que corresponden al 15,5 % fueron localizadas en la zona centro, y 87 que corresponden al 84,5 % fueron localizadas en la zona de los barrios Santamonica y el Pueblito. Siendo estos últimos los barrios en donde se presentan inundaciones, y donde existen calles rellenas con residuos generados por el Municipio. Lo cual Representa un alto riesgo a la salud de los habitantes por el consumo de agua contaminada.

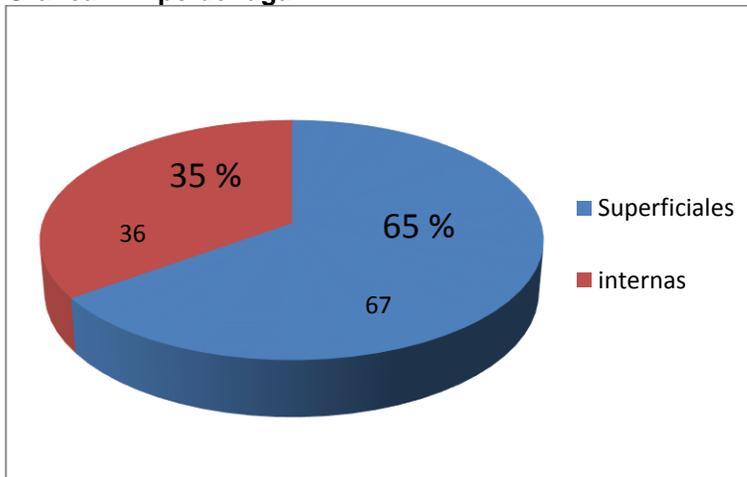
Grafica 3. Fugas en red de distribución en la zona Centro y Santamonica



Según la gráfica 3. De las 103 fugas localizadas y georreferenciadas, 67 de ellas que corresponden al 65 % son fugas de tipo superficial, de las cuales la gran

mayoría fueron generadas por los mismos habitantes de la zona. Y 36 que corresponden al 35 % son fugas de tipo internas.

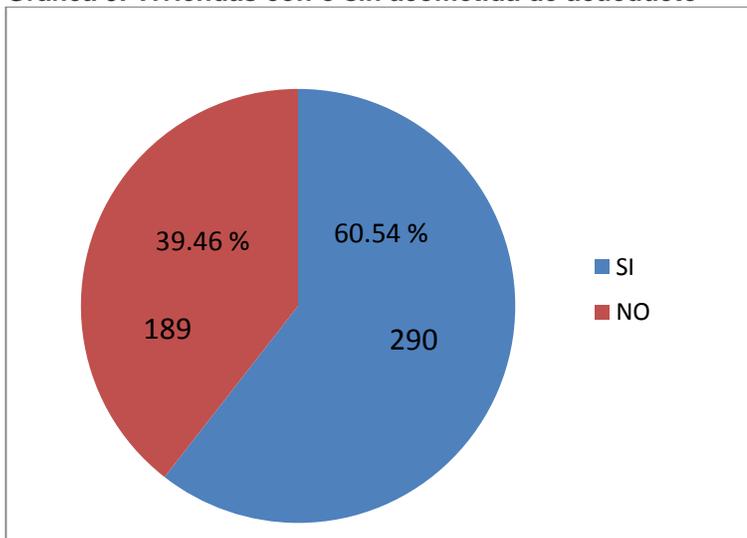
Grafica 4. Tipo de fuga



7.1.7. Encuestas

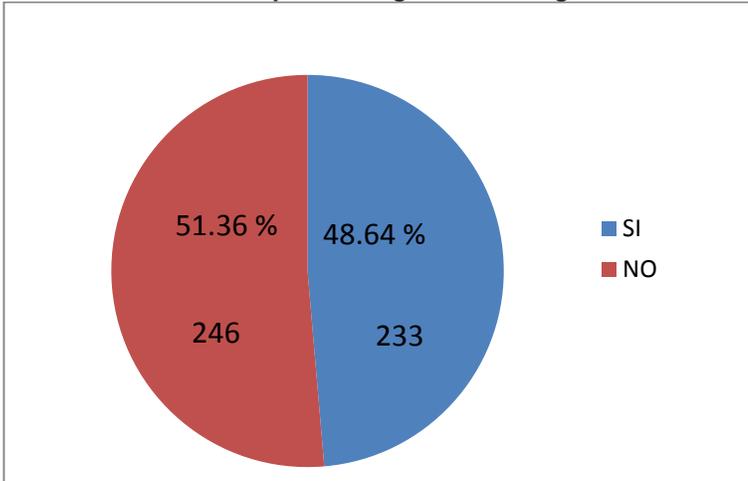
De acuerdo con la gráfica 5, de los 479 hogares encuestados, 290 de ellos que corresponde al 60.54 % tienen acometida, y 189 hogares que corresponde al 39.46 % no tienen acometida.

Grafica 5. Viviendas con o sin acometida de acueducto



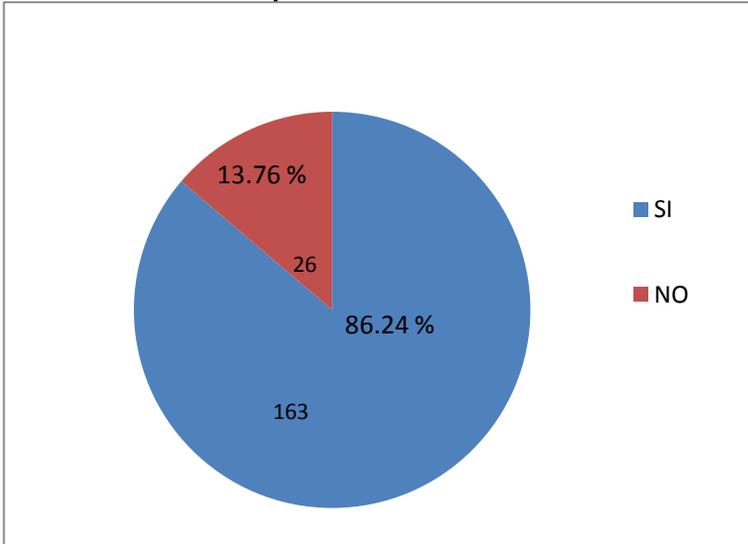
De acuerdo con la gráfica 6, de los 479 hogares encuestados, 233 de ellos que corresponde al 48.64 % si les llega el agua, y 246 hogares que corresponde al 51.36 % no les llega el agua.

Grafica 6. Viviendas que les llegan o no el agua



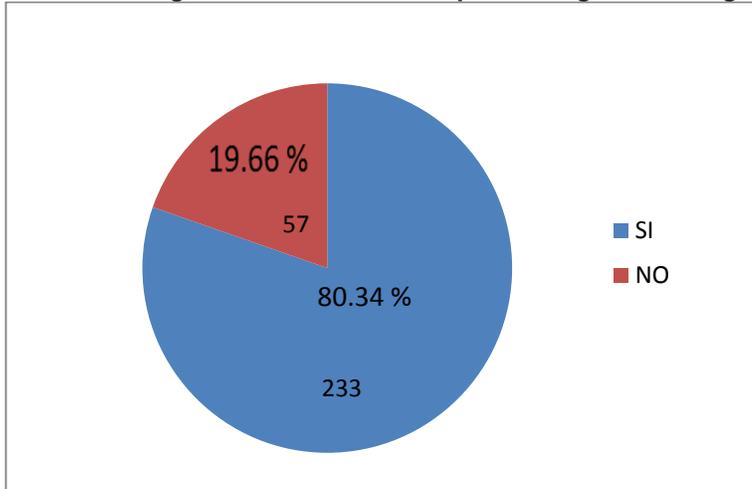
De acuerdo con la gráfica 7, de los 189 hogares encuestados que no tienen acometida, 163 de ellos que corresponde al 86.24 % si desean conectarse al acueducto, y 26 hogares que corresponde al 13.76 % no desean conectarse al acueducto.

Grafica 7. Viviendas que desean o no conectarse al servicio de acueducto



De acuerdo con la gráfica 8, de los 290 hogares encuestados con acometida, 233 de ellos que corresponde al 80.34 % si les llega el agua, y 57 hogares que corresponde al 19.66 % no si les llega el agua.

Grafica 8. Hogares con acometida que les llega o no el agua

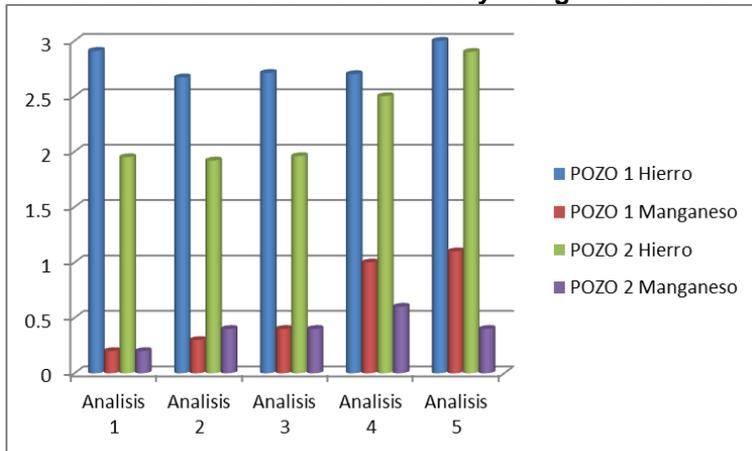


7.2. ANALISIS DE CALIDAD DEL AGUA

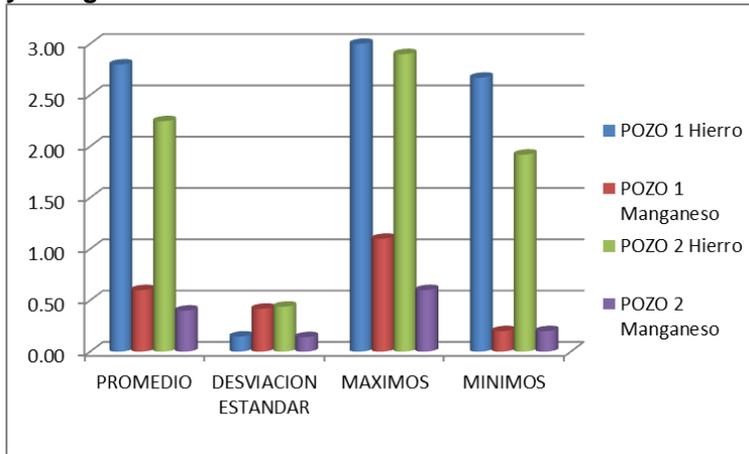
7.2.1. Pozos

De acuerdo a los resultados de los análisis de agua realizados en los pozos que abastecen a la Planta de tratamiento, se pudo determinar que tienen un alto contenido de hierro y manganeso. El pozo 1 tiene una concentración promedio de hierro y manganeso de 2,8 y 0,6 mg/L respectivamente, y el pozo 2 tiene una concentración promedio de hierro y manganeso de 2,2 y 0,4 mg/L respectivamente (Grafica 9 y Grafica 10).

Grafica 9. Concentraciones de hierro y manganeso en fuentes de abastecimiento



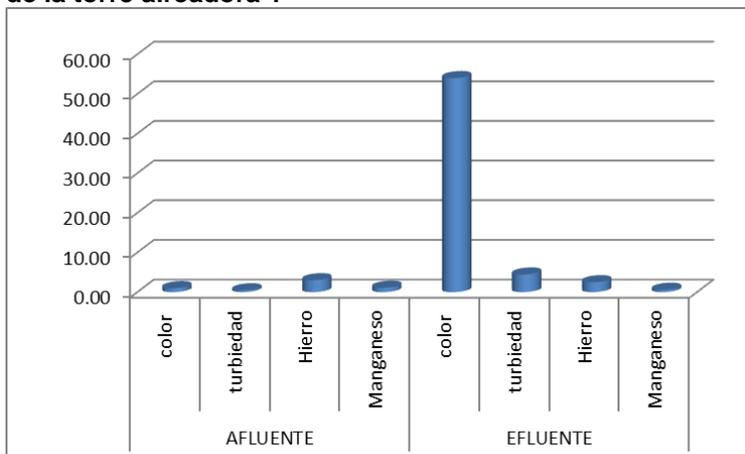
Grafica 10. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de Concentraciones de hierro y manganeso en fuentes de abastecimiento



7.2.2. Torres aireadoras

De acuerdo al resultado de análisis de agua realizados en el afluente y efluente de la Torre aireadora 1. Se pudo determinar que la concentración de color y turbiedad aumenta considerablemente en el efluente de la torre aireadora, este aumento puede ser debido a la oxidación del hierro y manganeso, a la falta de limpieza del material de carbón coque, y el deterioro de las bandejas que conforman la torre aireadora. Las torres aireadoras tienen una eficiencia de 45 % en remoción de manganeso y 16 % en remoción de hierro. Esa baja eficiencia en la remoción de hierro puede ser debido a que el hierro se encuentra presente en el agua como $Fe(II)$ y $FeMO$. El $Fe(II)$ puede ser oxidado mediante la aireación, pero él $FeMO$ solos puede ser oxidado mediante un proceso química, operación que no se esa realizando. En la Grafica 11 se encuentran las concentraciones de color, turbiedad, hierro y manganeso en el afluente y efluente de la torre aireadora.

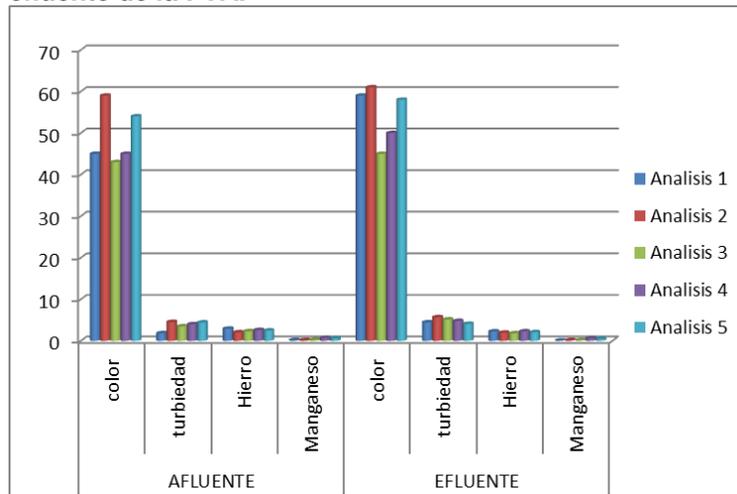
Grafica 11. Concentraciones de color, turbiedad, hierro y manganeso en el afluente y efluente de la torre aireadora 1



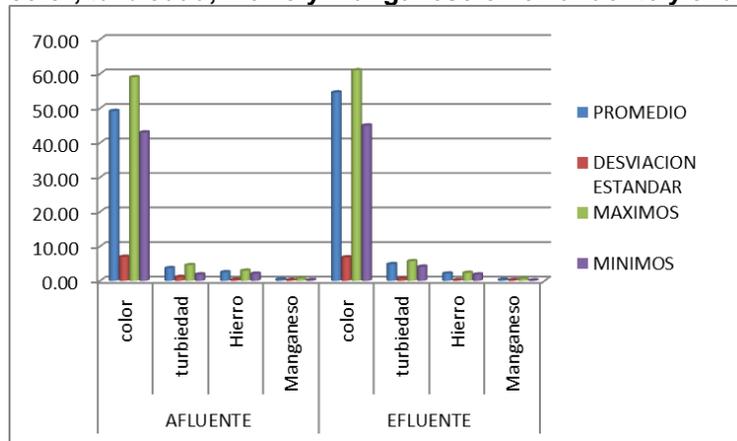
7.2.3. Planta de Tratamiento de Agua Potable

De acuerdo a los resultados de los análisis de agua en el afluente y efluente de la Planta de tratamiento de Agua Potable, las concentraciones del color y turbiedad arrojó resultados mayores a la salida que a la entrada de la PTAP, lo cual indica que la PTAP está contaminando el agua aportándole color y turbiedad, es posible que esto se deba a la oxidación del hierro y manganeso, la falta de dosificación de coagulante y limpieza de las unidades de tratamiento como el lecho filtrante. La PTAP tiene una eficiencia promedio en remoción de hierro y manganeso de 15,2 y 22,9 % respectivamente, la cual es muy baja. En la gráfica 12 y 13 se puede observar como los parámetros de turbiedad, color, hierro y manganeso se encuentran por encima de los límites permisibles propuestos por el decreto 2115 de 2007, por lo tanto el agua que se está abasteciendo a la población no es un agua apta para consumo humano.

Gráfica 12. Concentraciones de color, turbiedad, hierro y manganeso en el afluente y efluente de la PTAP



Gráfica 13. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de Concentraciones de color, turbiedad, hierro y manganeso en el afluente y efluente de la PTAP

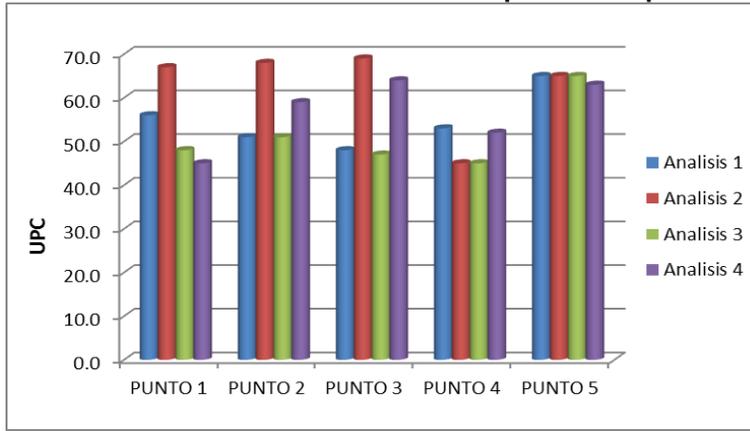


7.2.4. Puntos de muestreo

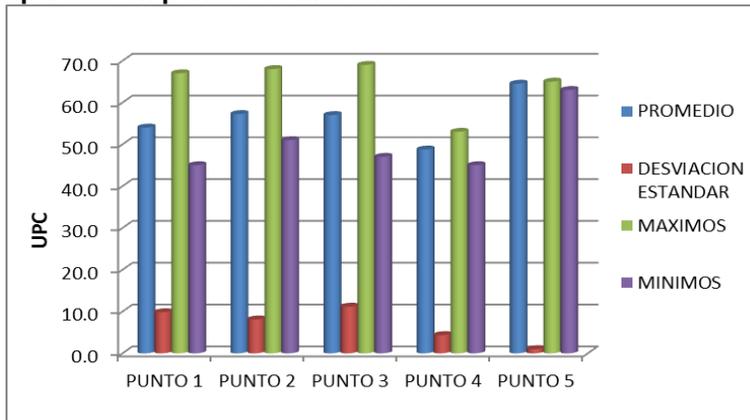
De acuerdo a los resultados de los análisis (gráfica 14 y 15), las concentraciones de color se encuentran por encima de los límites permisibles en todos los puntos de muestreo, lo cual representa un alto riesgo en la salud de los usuarios.

La elevada concentración del color presente en el agua proveniente de la red de distribución, puede ser debida a la concentración con la que sale de la PTAP, y a la generada por la infiltración de compuestos contaminantes a través de las fugas.

Gráfica 14. Concentraciones del color aparente en puntos de muestreo



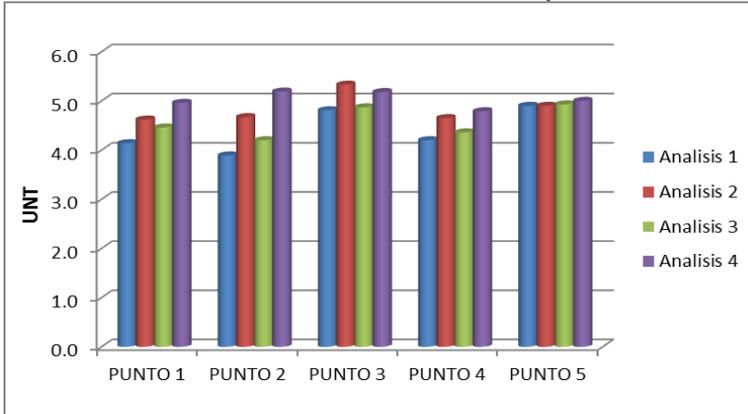
Gráfica 15. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de color aparente en puntos de muestreo



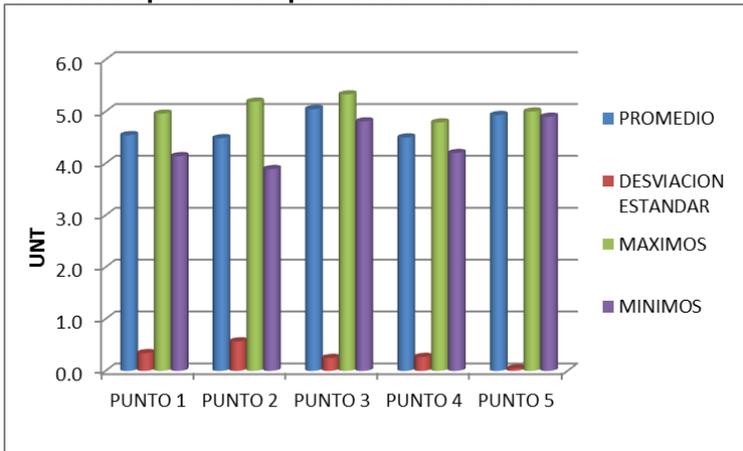
De acuerdo a los resultados de los análisis (gráfica 16 y 17), las concentraciones de turbiedad se encuentran por encima de los límites permisibles en todos los puntos de muestreo, lo cual representa un alto riesgo en la salud de los usuarios.

La elevada concentración del turbiedad presente en el agua proveniente de la red de distribución, puede ser debida a la concentración con la que sale de la PTAP, y a la generada por la infiltración de compuestos contaminantes a través de las fugas.

Gráfica 16. Concentración de turbiedad en puntos de muestreo



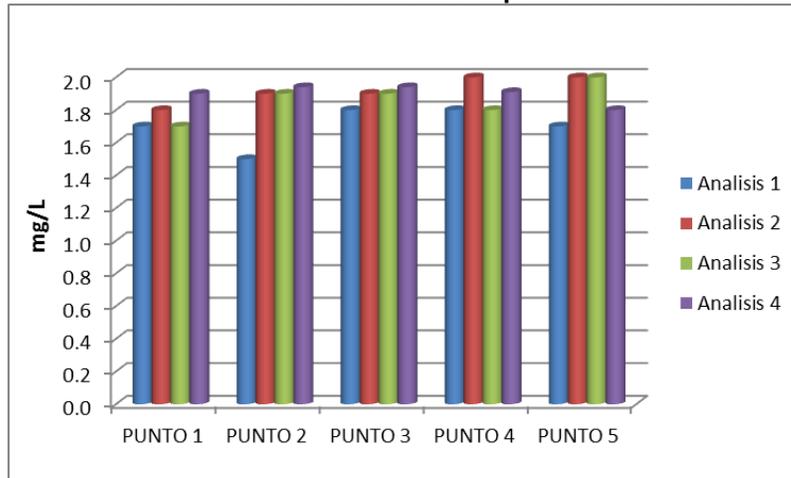
Gráfica 17. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de turbiedad aparente en puntos de muestreo



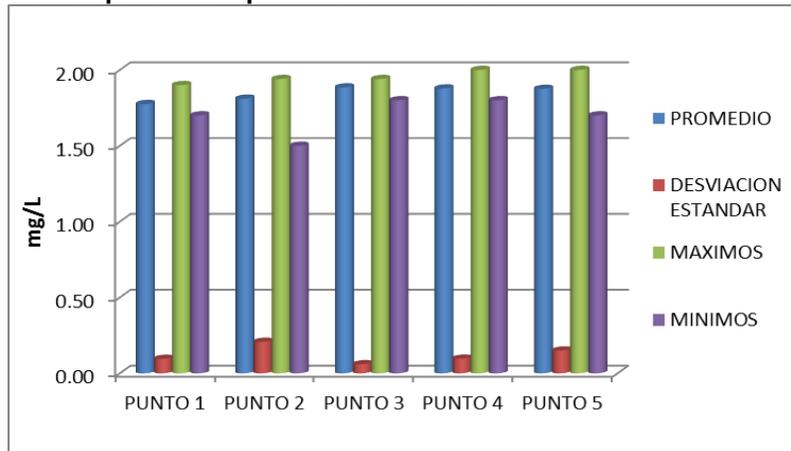
De acuerdo a los resultados de los análisis (gráfica 18 y 19), las concentraciones de hierro se encuentran por encima de los límites permisibles en todos los puntos de muestreo, lo cual representa un alto riesgo en la salud de los usuarios.

La elevada concentración de hierro presente en el agua proveniente de la red de distribución, puede ser debida a la concentración con la que sale de la PTAP.

Grafica 18. Concentración de hierro en puntos de muestreo



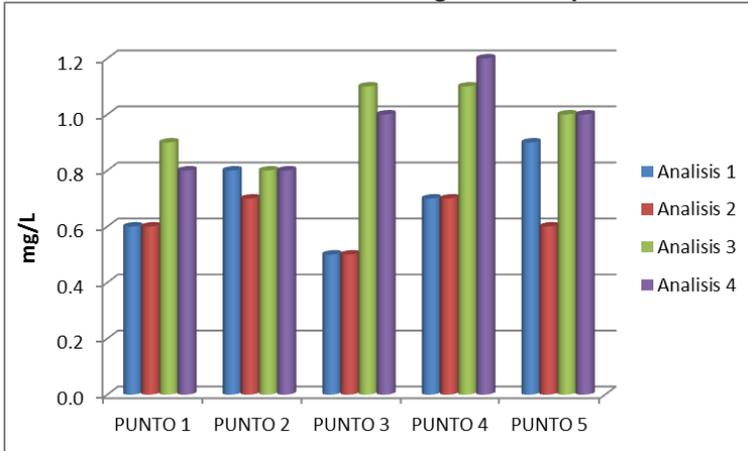
Grafica 19. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de hierro aparente en puntos de muestreo



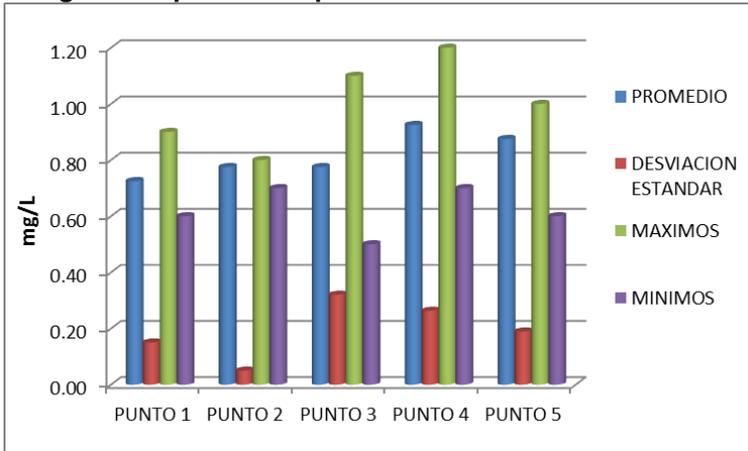
De acuerdo a los resultados de los análisis (gráfica 20 y 21), las concentraciones de manganeso se encuentran por encima de los límites permisibles en todos los puntos de muestreo, lo cual representa un alto riesgo en la salud de los usuarios.

La elevada concentración de manganeso presente en el agua proveniente de la red de distribución, es debida a la concentración con la que sale de la PTAP

Gráfica 20. Concentración de manganeso en puntos de muestreo

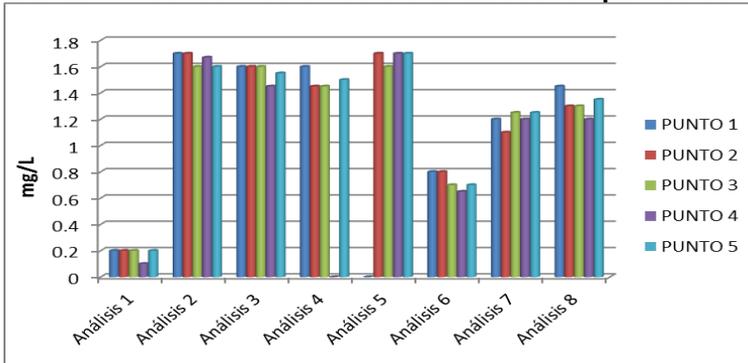


Gráfica 21. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de manganeso aparente en puntos de muestreo

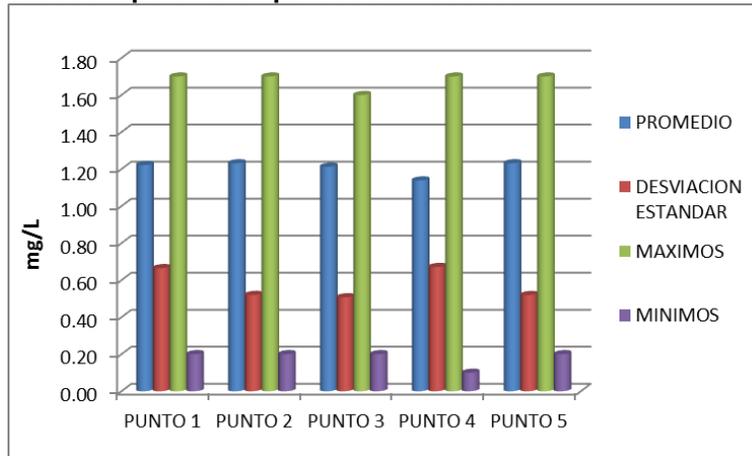


Aunque se realizaron varios análisis de cloro, el análisis 1 arrojo concentraciones de cloro residual por debajo de los límites permisibles en todos los puntos de muestreo, debido a que no se ha determinado una dosis óptima de cloro (gráfica 22 y 23).

Gráfica 22. Concentración de Cloro residual en puntos de muestreo

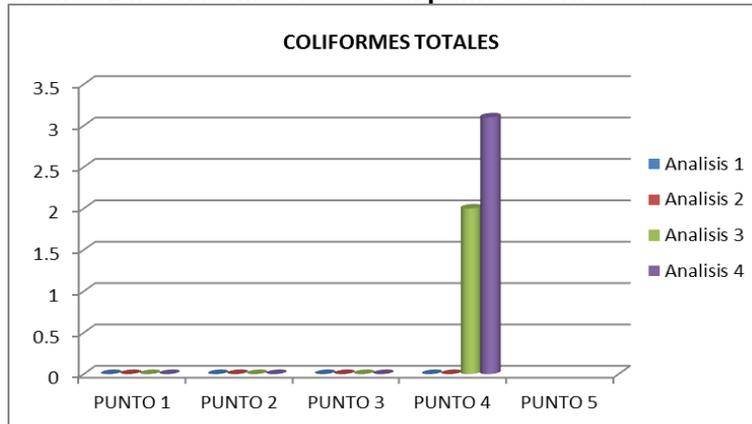


Grafica 23. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de concentraciones de Cloro residual aparente en puntos de muestreo



En los análisis 3 y 4, se encontraron coliformes totales en el punto 4 de muestreo, la presencia de coliformes puede ser debido a la falta de limpieza del punto de muestreo y a fugas presentes en la red de distribución (gráfica 24).

Grafica 24. Coliformes totales en puntos de muestreo



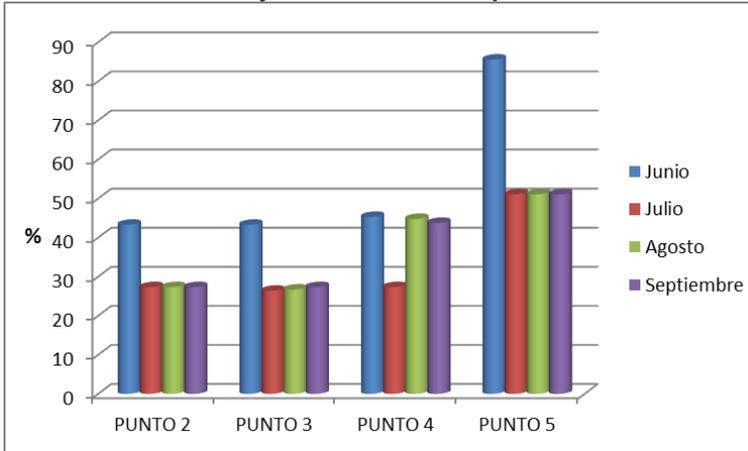
7.3. EVALUACIÓN DEL RIESGO

7.3.1. Cálculo del IRCA

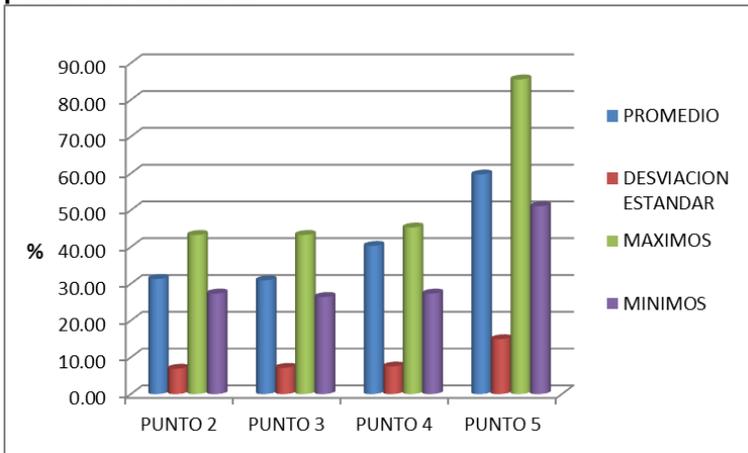
De acuerdo a los resultados arrojados mediante la metodología para el cálculo del IRCA propuesta en la resolución 2115 del 2007 (gráfica 25 y 26). Para los puntos de muestreos 2 y 3 se calculó un nivel de riesgo medio, con una calificación de 31,3 y 30,9 % respectivamente. Para los puntos de muestreo 4 y 5 se calculó un nivel de riesgo alto, con una calificación de 40,3 y 59,7 % respectivamente.

De acuerdo a estos niveles de riesgo medio y alto, el agua que se le está suministrando a la población no es agua apta para consumo humano.

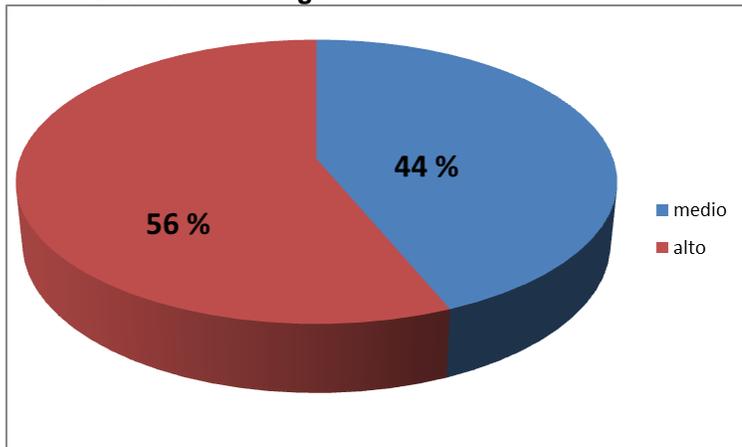
Grafica 25. Porcentaje del IRCA en los puntos de muestreo



Grafica 26. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de Porcentaje del IRCA en los puntos de muestreo



Grafica 27. Nivel de riesgo



De todos los análisis realizados el 56 % arrojaron resultados de nivel de riesgo alto, mientras que el 44 % arrojaron resultados de nivel de riesgo medio (gráfica 27).

La baja concentración de cloro determinado en el mes de Junio en todos los puntos, aumentaron los porcentajes del IRCA en cada uno de ellos. El nivel de riesgo alto en los puntos 4 y 5, puede ser debido a la presencia de coliformes en el punto 4 y a la baja cantidad de parámetros analizados en ambos puntos.

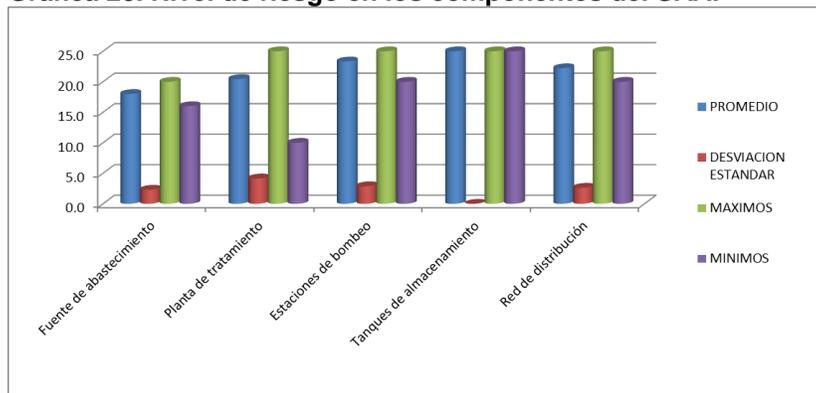
Los altos porcentajes del IRCA obtenidos en el mes de junio, la presencia de coliformes en el punto 4 y la baja cantidad de parámetros analizados en los puntos 4 y 5, generaron la variabilidad de los resultados de porcentajes del IRCA.

7.3.2. Evaluación del riesgo en cada componente del SAAP

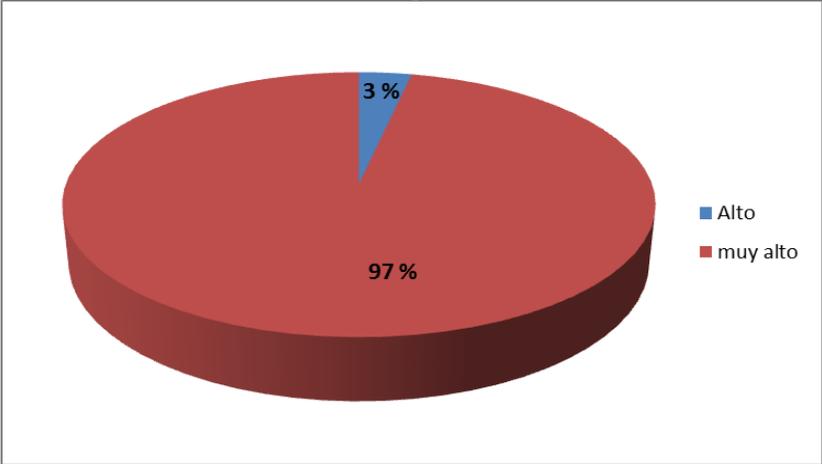
De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de la metodología propuesta por la OMS (gráfica 28 y 29), se determinó que el nivel de riesgo para los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano es muy alto, ya que el 97 % de los eventos identificados arrojaron una clasificación de riesgo muy alto. Por lo tanto existe un alto riesgo de problemas de salubridad pública a causa de la escases y calidad del agua que se le está abasteciendo a la población del Municipio de Guapi.

Los eventos peligrosos que presentaron niveles de riesgo muy alto estuvieron asociados principalmente a que estos eventos ya se han presentado y en la actualidad se siguen presentando, entre las que se encuentran daños en las tuberías de agua potable, daños en el alcantarillado, mantenimiento de unidades en todo el sistema, deficiencias en el sistema de tratamiento, fallas humanas (falta de capacitación).

Gráfica 28. Nivel de riesgo en los componentes del SAAP



Grafica 29. Clasificación del riesgo SAAP



8. CONCLUSIONES

Es importante contar con información confiable de todo el sistema de abastecimiento de agua potable, ya que permite hacer un análisis preciso sobre los potenciales riesgos que se puedan presentar en todo el sistema, para poder darles solución oportuna y exacta en el momento en el que se presente algún evento peligroso que afecte la calidad y continuidad del abastecimiento de agua potable.

La elevada concentración de color, turbiedad, hierro y manganeso presentes en el agua no la hacen apta para consumo humano de acuerdo a la resolución 2115 del 2007, la elevada concentración de estos parámetros están asociados con la falta de dosificación de coagulante, falta de mantenimiento y limpieza de las diferentes unidades de tratamiento y componentes del SAAP.

Es necesaria la elaboración de un programa de ahorro y uso eficiente del agua que permita que la población Guaireña tome conciencia de la importancia de este vital recurso, que mediante fugas incontroladas generadas por ellos mismos se está desperdiciando una gran cantidad de agua.

La evaluación del riesgo permite identificar eventos peligrosos, estimar el riesgo, mediante la elaboración de matrices semicuantitativas como herramientas de fácil aplicación que no solo incluyó el criterio de calidad de agua que comúnmente se emplea sino que también incluyó el concepto de cantidad y continuidad del servicio, de manera que se implementen las medidas de control adecuadas para reducirlos o eliminarlos.

Es urgente realizar las acciones correctivas para la reducción del IRCA determinado en el SAAP, que permita la distribución del agua para consumo humano de una forma segura.

Es de suma importancia terminar lo antes posible las labores de adecuación de todos los componentes del SAAP para la disminución de los riesgos, de manera que permitan la prestación de un servicio que cumpla con la normatividad vigente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amézquita, P. Pérez, A. Torres, P. Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua

Aurazo. Capítulo 2 aspectos biológicos de la calidad del agua.

Barrenechea, A. Capítulo 1 aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua.

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. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009.

Briñez, K. Guarnizo, J. Arias, S. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima, 2012.

Chulluncuy, N. tratamiento de agua para consumo humano, universidad nacional mayor de san marcos, 2011.

Caicedo, H. Análisis fisicoquímico y microbiológico en las aguas subterráneas del corregimiento de San Miguel del Tigre en Yondo Antioquia, Universidad industrial de Santander, Bucaramanga, 2011.

Collazo, M. Montaña J. Manual de agua subterránea, Montevideo, Uruguay, 2012.

Donado, L. Hidráulica de pozos. Capítulo 8.

El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Capítulo 1: El estado del agua, el alcantarillado y los residuos sólidos en los municipios,

Gobernación de Boyacá. Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano del centro urbano del Municipio de Caldas-Boyacá, 2014.

Huisman, L. De Azevedo, J. Sundaresan, B. Lanoix, J. Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades. Holanda, 1988.

Junta de Castilla y León, Consejería de Sanidad. Manual de tratamientos del agua de consumo humano, 2009.

Loaiza, A. Remoción de hierro y manganeso en aguas subterráneas mediante doble filtración con flujo a presión. Caso el hormiguero – Cali, Santiago de Cali, 2009.

López, A. & Jiménez, B. Proyecto de grado diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable san Antonio- asociación sucuneta, Bogotá D.C, 2016.

Manrique, H. &Roa, M. Evaluación técnica y operativa del proceso de Tratamiento de Agua Potable en la Empresa de Acueducto del Municipio Yopal, Casanare, Yopal, 2014.

LylaMehta, L. Cordeiro, O. Oweis, T. Ringler, C. Schreiner, B. Varghese, S. Contribución del agua a la seguridad alimentaria y la nutrición, 2015.

Mildreth, N. Situación en agua saneamiento e higiene departamento del Cauca, municipio de Guapi, 2014.

Ministerio de Salud y Protección Social. Informe nacional de la calidad del agua para consumo humano año 2014, 2015.

Plan de Desarrollo Municipal Guapi 2012-2015.

Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Análisis del sector de agua potable y saneamiento en Colombia, Serie Análisis No. 11.

Plan Todos Somos Pazcífico. Evaluación social: agua y saneamiento básico en el pacifico sur – guapi y Tumaco, 2015.

Saavedra, J. Diagnóstico y optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Municipio de Puente Nacional, Bucaramanga, 2015.

Secretaria de Salud de Duitama. Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano de la Vereda la Trinidad y la Vereda Tocogua del Municipio de Duitama, 2012.

Secretaria de Salud de Boyacá. Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano del centro urbano del Municipio de Chiquinquirá, 2014.

Secretaria de Salud de Boyacá. Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano del Rio la Cebada, fuente abastecedora del casco urbano del Municipio de Sutamarchan - Boyaca, 2011.

Tuesca, R. Ávila, H. Sisa, A. Pardo, D. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, 2015.

Vélez, M. Hidráulica de aguas subterráneas, Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia, 2ª edición, Medellín, 1999.

Yánez, M. Acevedo, K. el acceso al agua para consumo humano en Colombia, 2013.

ANEXOS

Anexo: registro fotográfico sistema de abastecimiento de agua potable.



Pozo 1



Pozo 2



Pozo 2



Infiltración de agua cuarto de tablero electrónico del pozo 2.



Infiltración de agua cuarto de tablero electrónico del pozo 2.



Cuarto de maquinas



Macromedidor del pozo 1



Macromedidor del pozo 2



Cuarto de maquinas



Torres aireadoras



Material de carbón coque de Torres aireadoras



Crecimiento de vegetación en Torres aireadoras



Vertedero 1



Vertedero 2



Floculadores hidráulicos de tabiques de flujo horizontal



Floculadores hidráulicos de tabiques de flujo horizontal



Sedimentadores de alta tasa



Sedimentadores de alta tasa



Filtros de alta tasa



Filtros de alta tasa



Cuarto de cloración



Cuarto de cloración



Dosificación de cloro



Tanque semienterrado de 750 m³



Tanque elevado 1



Tanque elevado 2



Deterioro estructural Tanque elevado 1



Deterioro estructural Tanque elevado 1



Falta de mantenimiento de macromedidores



Red domiciliaria en la superficie



Red principal en la superficie



Red principal en la superficie



Fuga interna



Fuga interna



Fuga interna



Fuga superficial



Fuga superficial



Calle rellena de residuos



Fuga interna con posible contaminación



Fuga interna con posible contaminación