

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(129)

RESUMEN - TESIS DE GRADO

AUTORES	ELIANA PATRICIA SANCHEZ SANCHEZ KELLY JOHANA BALLESTEROS NAVARRO
FACULTAD	DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	Esp. YEENY LOZANO LAZARO
TÍTULO DE LA TESIS	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SUMINISTRADA POR LA EMPRESA ACOSMI DEL BARRIO SAN MIGUEL I ETAPA DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO-CESAR.

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EL PRESENTE PROYECTO DE GRADO SE PLANTEÓ CON EL ÁNIMO DE EVALUAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, QUE SUMINISTRA EL ACUEDUCTO COMUNITARIO DEL BARRIO SAN MIGUEL I ETAPA A SUS 453 USUARIOS APROXIMADAMENTE; MEDIANTE SALIDAS DE CAMPO A LA BOCATOMA Y A LA PLANTA DE TRATAMIENTO, GENERANDO POSIBLES ALTERNATIVAS DE MEJORA EN EL SISTEMA CON EL FIN DE BRINDAR UNA MEJOR CALIDAD DE AGUA.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 129	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 37	CD-ROM: 1
--------------	---------	-------------------	-----------



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y FORMULACIÓN DE
ALTERNATIVAS DE MEJORA EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE SUMINISTRADA POR LA EMPRESA ACOSMI DEL BARRIO SAN
MIGUEL I ETAPA DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO-CESAR.**

AUTOR(A):

ELIANA PATRICIA SANCHEZ SANCHEZ

KELLY JOHANA BALLESTEROS NAVARRO

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Ambiental

Directora:

Esp. YEENY LOZANO LAZARO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Mayo de 2017

Dedicatoria

Primero que todo agradecerle a Dios por regalarme los medios para llegar hasta aquí, a mis padres Jesús Eustoquio Sánchez y Adielá Sánchez por su apoyo incondicional y ayudarme a realizar como persona y profesional, a mis hermanos Sergio Sánchez y Jesús Danilo Sánchez, mis sobrinos especialmente a mi compañerita Yined Paola Sánchez, mi tía Alba quien es como una segunda madre y siempre me apoyo, a mi mejor amiga y mi novio Adriana Balmaceda y Jhonneisson Ballesteros quienes siempre me acompañaron y apoyaron de manera incondicional, a mi compañera de trabajo Kelly Johana Ballesteros, a mi abuelita Deyanira Ortega que aunque no está siempre fue mi guía y ahora mi ángel, la que me acompaña desde el cielo y a todas las personas que aunque no menciono fueron parte de mi proceso.

Eliana Patricia Sánchez

A Dios primeramente por ser mi Motor y dotarme de sabiduría, inteligencia y disposición, a mi madre Ana Bertina Navarro Ortiz por darme la oportunidad de ser una profesional, a mis hermanos Yadir Ballesteros Navarro, Wilmer Ballesteros Navarro y Damian Ballesteros Navarro por su apoyo incondicional durante todo este proceso académico, al Pastor Ricardo Mayorquin Barrero y Herminia Cañizares Sánchez por sus oraciones constantes, a Eliana Sánchez Sánchez por ser mi acompañante en este sueño y a todos mis amigos que de una u otra forma aportaron para alcanzar este gran logro.

Kelly Johana Ballesteros Navarro

Índice

Capítulo 1. Evaluación de la calidad del agua y formulación de alternativas de mejora en el sistema de tratamiento de agua potable suministrada por la empresa ACOSMI del barrio San miguel I etapa del municipio de Rio de oro-Cesar.	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.	4
1.3.2 Objetivo específico.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Delimitaciones	6
1.5.1 Delimitación operativa..	6
1.5.2 Delimitación conceptual.	6
1.5.3 Delimitación geográfica.....	6
1.5.4 Delimitación temporal.	6
Capítulo 2. Marco referencial	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Marco histórico.....	8
2.3 Marco contextual	17
2.4 Marco conceptual.....	18
2.4.1 Agua.	18
2.4.2 Agua cruda.	18
2.4.3 Agua dura.....	18
2.4.4 Agua potable.	19
2.4.5 Calidad del agua.	19
2.4.6 Coagulación.	19
2.4.7 Contaminación del agua.	19
2.4.8 Contaminantes del agua.	19
2.4.9 Desarenador.	20
2.4.10 Filtración.	20
2.4.11 Floculación.....	20
2.4.12 Parámetros fisicoquímicos.	20
2.4.13 Parámetros microbiológicos.....	20
2.4.14 Planta de potabilización.	21
2.4.15 Indicador de calidad del agua.....	21
2.4.16 Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA).....	21
2.5 Marco teórico	22
2.5.1 Importancia agua superficial.	22
2.5.2. Según la agenda 21 de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo.	23
2.5.3 Características físicas y químicas del agua para consumo humano.	24
2.6 Marco legal.....	26
Capítulo 3. Diseño metodológico	39

3.1 Tipo de investigación.....	39
3.2 Población.....	39
3.3 Muestra.....	40
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	41
3.5 Análisis de la información	43
Capítulo 4. Resultados.....	48
5. Conclusiones	107
6. Recomendaciones	109
Referencias	110

Lista de tablas

Tabla 1. Características físicas	25
Tabla 2. Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana	25
Tabla 3. Características microbiológicas.....	26
Tabla 4. Etiqueta	40
Tabla 5. Código de colores de acuerdo al resultado del ICOMI	45
Tabla 6. Código de colores de acuerdo al resultado del ICOMO	46
Tabla 7. Código de colores de acuerdo al resultado del ICOSUS	46
Tabla 8. Calculo del IRCA	47
Tabla 9. Suscriptores A.P.C. EMCAR E.S.P	50
Tabla 10. Dimensiones por compartimento:.....	56
Tabla 11. Aforo las Marcelinas.....	59
Tabla 12. Aforo la Toma	59
Tabla 13. Resultados obtenidos sobre el cloro residual libre	69
Tabla 14. Caudal de macro- medidores entrada y salida.....	73
Tabla 15. Nivel de complejidad	73
Tabla 16. Dotación neta.....	74
Tabla 17. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas	75
Tabla 18. Coeficiente de consumo máximo diario	76
Tabla 19, Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución.	77
Tabla 20. Evaluación por comparación entre la planta de tratamiento de agua potable con respecto a lo exigido por el RAS 2000.....	80
Tabla 21. Parámetros utilizados para evaluar los ICA e ICOs	91
Tabla 22. Resultdos ICA, Quebrada la Toma.	92
Tabla 23. Resultdos ICA, Quebrada las Marcelinas.	92
Tabla 24. Resultados ICOMI, quebrada La Toma	93
Tabla 25. Resultados ICOMI, quebrada Las Marcelinas	95
Tabla 26. Resultados ICOMO, quebrada La Toma	96
Tabla 27. Resultados ICOMO, quebrada Las Marcelinas.....	97
Tabla 28. Resultados ICOSUS, quebrada La Toma.....	98
Tabla 29. Resultados ICOSUS, quebrada Las Marcelinas.	98
Tabla 30. Parámetros utilizados para evaluar el Índice de Riesgo de la Calidad Ambiental	100
Tabla 31. Resultado IRCA por muestra	100
Tabla 32. Resultado Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA), mensual.	101
Tabla 33. Comparación de los resultados obtenidos de las diferentes fuentes.....	102
Tabla 34. Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución según el RAS 2000	103
Tabla 35. Matriz DOFA	106

Lista de figuras

Figura 1. Empresa ACOSMI	51
Figura 2. Estructura organizacional de la empresa ACOSMI:	52
Figura 3. Recibo oficial de la empresa ACOSMI	53
Figura 4. Planta de tratamiento	54
Figura 5. Placa	55
Figura 6. La quebrada las Marcelinas	57
Figura 7. Rejilla	63
Figura 8. Caudal Ecológico	58
Figura 9. Zona de entrada.....	60
Figura 10. Zona de salida	61
Figura 11. Cámara colectora.....	67
Figura 12. Unión de las quebradas.....	61
Figura 13. Zona de lodos	62
Figura 14. Línea de aducción	68
Figura 15. Sistema de conducción	63
Figura 16. Dosificador- cono de mezcla	64
Figura 17. Floculación.....	65
Figura 18. Sedimentación.....	65
Figura 19. Filtración.....	66
Figura 20, Tanque de Mezcla Inyección de cloro Bomba dosificadora.....	67
Figura 21. Kit medidor de Cloro y pH para piscinas	68
Figura 22. 20 de febrero	69
Figura 23, Día 22 de febrero.....	70
Figura 24. Día 24 de febrero.....	70
Figura 25. Tanque de almacenamiento	71
Figura 26. . Macromedidor Comparador Válvulas	72
Figura 27. Diagrama de la red de distribución	72
Figura 28. Graficos del ICA de las quebradas la Toma y las Marcelinas	92
Figura 29. Grafico del ICOMI de la quebrada la Toma.....	94
Figura 30. Grafico del ICOMI de la quebrada Las Marcelinas	95
Figura 31. Grafico del ICOMO de la quebrada la Toma	96
Figura 32. Grafico del ICOMO de la quebrada Las Marcelinas.....	97
Figura 33. Grafico del ICOSUS de la quebrada La Toma y las Marcelinas	99
Figura 34. Resultados de los análisis fisicoquímicos para el agua potable.	103
Figura 35. Resultados de los análisis microbiológicos-agua potable.....	104
Figura 36. Resultados de los análisis fisicoquímicos para el agua cruda.....	104
Figura 37. Resultados de los análisis microbiológicos para el agua cruda	105

Resumen

El presente proyecto de grado se planteó con el ánimo de Evaluar el sistema de tratamiento del agua para consumo humano, que suministra el Acueducto Comunitario del barrio San miguel I etapa (ACOSMI) a sus 453 usuarios aproximadamente; mediante salidas de campo a la bocatoma y a la planta de tratamiento, generando posibles alternativas de mejora en el sistema con el fin de brindar una mejor calidad de agua y evitar posibles riesgos de enfermedades a la comunidad beneficiada.

Introducción

Un recurso esencial para el sostenimiento de la vida, sin duda alguna es el agua, razón por la cual las personas deben disponer de un abastecimiento satisfactorio o adecuado, este debe ser suficiente, inocuo y accesible, cuanto mejor acceso tenemos al agua potable mayor van a ser los beneficios en todos los ámbitos y especialmente la salud. (OMS, 2006), a lo largo de la historia de la humanidad el agua ha influido en la vida espiritual y social de diversas poblaciones y ha determinado sus lugares de asentamiento (Bertran, 2010, pág. 6).

Aunque conocemos la importancia que presta el agua, hay algunos factores que afectan este vital recurso, (ONU, 2014)“el agua utilizada para fines domésticos, saneamiento, agricultura, industria y energía está interrelacionado, y todos generan aguas residuales y causan contaminación” (p.7). Razón por la cual el acceso de diferentes poblaciones al recurso hídrico se ve limitado.

Razón por la cual se enfocó la investigación en el acueducto comunitario del barrio San miguel I etapa, atendiendo a la necesidad de conocer el estado actual de las fuentes abastecedoras de la planta de tratamiento y su sistema de potabilización y así mismo la calidad del líquido que está recibiendo la comunidad, con el fin de prevenir posibles problemas por abastecimiento y salud en la población abastecida.

Capítulo 1. Evaluación de la calidad del agua y formulación de alternativas de mejora en el sistema de tratamiento de agua potable suministrada por la empresa ACOSMI del barrio San miguel I etapa del municipio de Rio de oro-Cesar.

Un recurso esencial para el sostenimiento de la vida, sin duda alguna es el agua, razón por la cual las personas deben disponer de un abastecimiento satisfactorio o adecuado, este debe ser suficiente, inocuo y accesible, cuanto mejor acceso tenemos al agua potable mayor van a ser los beneficios en todos los ámbitos y especialmente la salud. (OMS, 2006), a lo largo de la historia de la humanidad el agua ha influido en la vida espiritual y social de diversas poblaciones y ha determinado sus lugares de asentamiento (Bertran, 2010, pág. 6).

Aunque conocemos la importancia que presta el agua, hay algunos factores que afectan este vital recurso, (ONU, 2014)“el agua utilizada para fines domésticos, saneamiento, agricultura, industria y energía está interrelacionado, y todos generan aguas residuales y causan contaminación” (p.7). Razón por la cual el acceso de diferentes poblaciones al recurso hídrico se ve limitado.

1.1 Planteamiento del problema

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede

proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible. (OMS, 2006, pág. 11).

El agua para consumo humano debe recibir un tratamiento óptimo para así evitar el riesgo de enfermedades en la población; teniendo en cuenta que las personas más propensas para contraer enfermedades por la ingesta de agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos.

Una Planta o Estación de tratamiento de agua potable (ETAP) es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para consumo humano ; existen una variedad de Plantas de tratamiento en las que sobresalen las Plantas convencionales y las Plantas compactas; las primeras son aquellas en donde los procesos de potabilización ocurre en estructuras diferentes y las segundas donde los procesos ocurren en una misma unidad (SENA, 2015).

La junta de acción comunal del barrio San miguel I etapa del municipio de Rio de oro, Cesar, ejecuto el acueducto comunitario de San miguel, ACOSMI hace más de 40 años, con el propósito de brindar un servicio constante y de calidad a la comunidad del barrio San Miguel I etapa. La creación de este acueducto independiente surgió debido a que la empresa EMCAR (Empresa comunitaria de Rio de oro, Cesar) no brindaba la cobertura total de la cabecera municipal.

ACOSMI, suministra el servicio a la comunidad con una cantidad y continuidad suficiente, sin embargo no realiza los ensayos previos de obligatorio cumplimiento establecido en el Ras 2000 título C; para el tratamiento adecuado del agua potable como lo es la prueba de jarras que tiene por objetivo determinar la dosis óptima del coagulante y la cantidad de adición de este para una turbiedad, un color, un pH, una temperatura, una alcalinidad y una dureza (Ministerio de Desarrollo Economico, 2000) ya que la operación del sistema de potabilización no se realiza de una manera técnica por parte de los operarios quienes no tienen una formación idónea, ni cuentan con los equipos necesarios, realizando los procesos de manera empírica.

Por este motivo, se hace necesario el estudio de los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa, en lo correspondiente a la potabilización del agua, para así sugerir alternativas de mejora que lleven a un mejor funcionamiento, brinde mayor calidad y así mismo amplié el tiempo de vida útil de la planta.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles son las alternativas de mejora del sistema de tratamiento y calidad de agua para consumo humano en la planta de tratamiento ACOSMI?

Con la finalidad de dar respuesta a lo anteriormente descrito, se plantean los siguientes objetivos, los cuales servirán de guía durante la ejecución del proyecto, los objetivos se enumeran a continuación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Evaluar la calidad del agua y formular alternativas de mejora del sistema de tratamiento de agua potable suministrada por la empresa ACOSMI del barrio San miguel I etapa del municipio de Rio de oro-Cesar.

1.3.2 Objetivo específico. Evaluar el sistema de tratamiento del agua para consumo humano, que suministra la empresa ACOSMI a los barrios Lucia flores, San miguel I y II etapa, la Colina, el Nuevo milenio, la Umata y Mata de rosas de Rio de oro-Cesar.

Analizar la calidad del agua de la fuente de abastecimiento y de consumo humano suministrada por la empresa ACOSMI a los barrios Lucia flores, San miguel I y II etapa, la Colina, el Nuevo milenio, la Umata y Mata de rosas de Rio de oro-Cesar.

Formular alternativas de mejora para el sistema de tratamiento de agua para consumo humano suministrada por la empresa ACOSMI Lucia flores, San miguel I y II etapa, la Colina, el Nuevo milenio, la Umata y Mata de rosas de Rio de oro-Cesar.

1.4 Justificación

Uno de los principales problemas del mundo se ve representado principalmente en el recurso hídrico, los cuales se ven agravados por el crecimiento acelerado de la población, lo que ha generado una demanda de agua dulce cada vez mayor; se estipula que agua disponible para

satisfacer a la población si hay, siempre y cuando cambiemos la forma en que se usa, maneja y comparte el recurso. El acceso inadecuado al agua, saneamiento e higiene es una de las más grandes dificultades sobre todo para las personas que se encuentran ubicadas en sitios lejanos y que sus condiciones económicas no les favorecen. (Naciones unidas, 2015).

La (Organización mundial de la salud, s.f) estipula que otra gran problemática de mayor preocupación es la presencia de diversos microorganismos y sustancias químicas en el agua potable; lo que está ocasionando la aparición de múltiples enfermedades en los diferentes países del mundo, entre las que sobresalen la esquistosomiasis, la malaria, legionelosis, anemia, arsenicosis, intoxicación por plomo, dengue, diarrea, hepatitis, entre otras.

Según lo publicado por la (ONU, 2015), en el objetivo número 6 de desarrollo sostenible indica que “se debe garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, con esto se busca que la calidad del agua para consumo humano mejore,” por tanto con este estudio se pretende conocer cuál es el estado de la calidad del agua de la fuente abastecedora y la de consumo, que ofrece la planta de tratamiento de agua potable ACOSMI a sus usuarios.

Además, se quiere brindar información a la empresa sobre el estado de su sistema de tratamiento y las posibles alternativas de mejora del sistema con el objetivo de brindar una mejor calidad de agua y evitar posibles riesgos de enfermedades a la comunidad beneficiada.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación operativa. Se realizó la toma de muestras en el sistema y en la red de distribución, revisión de la infraestructura y el análisis de la fuente de abastecimiento. Entre los principales problemas a enfrentar es la gran distancia para acceder al punto de captación.

1.5.2 Delimitación conceptual. La temática del proyecto se enmarco en los siguientes conceptos: estudios fisicoquímicos, índices de evaluación (IRCA), sistemas de potabilización de agua para consumo humano.

1.5.3 Delimitación geográfica. El proyecto se ejecutó en las instalaciones del sistema de acueducto comunitario San miguel I etapa ACOSMI, Del municipio de Rio de oro, Cesar.

1.5.4 Delimitación temporal. Este proyecto se desarrolló durante un periodo de tres meses. En el cual se lograron los objetivos propuestos, este tiempo inició a partir de la fecha de aprobación del ante proyecto.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Según (Etienne, 2009), afirma “que Los tiempos en que el agua se potabilizaba hirviéndola ya han pasado, puesto que los microorganismos solo son una parte del problema” (p.4).

Así mismo se considera que para tener acceso al agua algunas comunidades deben recorrer grandes trayectos con el fin de satisfacer la necesidad de agua limpia y potable, todo esto con el fin de poder cumplir con todas las actividades y salir adelante, pero además de esto a quienes no tienen este acceso les implica diversas situaciones tales como desnutrición y una gran variedad de enfermedades a causa de sequias, inundaciones o en algunos casos por falta de un sistema de tratamiento de agua adecuado (Alonso, 2008).

Para 2015, en los objetivos propuestos por la Organización de Naciones Unidas se establece que el 91% de la población mundial utilizo una fuente de agua mejorada, en comparación al 76% que se utilizaba en 1990, además de que se logró que de todo el mundo, 147 países cumplieran con la meta del acceso a una fuente de agua potable, 95 países han alcanzado la meta de saneamiento y 77 países han cumplido ambas (ONU, 2015, pág. 7).

En América Latina y del caribe se conoce de un gran número de personas las cuales se ven afectadas por diversas enfermedades las cuales son generalmente de origen hídrico, estas

están directamente relacionadas con fallas en la prestación de servicios de saneamiento básicos, es importante la protección de la salud y acceso al suministro de agua, aunque se considera que para esta región se han disminuido casos de enfermedades como cólera aún siguen causando riesgos en la salud, se considera que estas enfermedades causadas por el agua no solo afectan la salud si no también conlleva a una baja tanto de ingresos como de educación, esto por la disminución en la productividad de las personas enfermas y por no presentarse a sus lugares de aprendizaje, Indudablemente, contar con servicios de agua y saneamiento es un requisito importante para mejorar de las condiciones de salud (Robinson, Infante, & Trelles , 2006).

Colombia según los objetivos del milenio para 2014 se dijo que se había logrado un avance importante en la provisión de infraestructura de acueducto y alcantarillados, pero aun en la zona rural se tienen grandes desafíos. (PNUD, 2014).

2.2 Marco Histórico

Se conoce que el agua es de vital importancia en la construcción o establecimiento de una cultura o comunidad ya que se necesita para la supervivencia diaria, así como el mantener una calidad óptima para que sea potable, a lo largo de la historia se hace mención a los griegos quienes por el siglo V a.C se denominan como los primeros en preocuparse por la calidad de agua que consumían, pues ya poseían conocimiento acerca de las enfermedades que la ingesta de esta agua podría causarles y recomendaban procesos de filtración y hervido antes de consumirla. (II, 2012)

El proceso de filtración del agua potable fue utilizado en Escocia por Pais Ley en 1802 y por los vendedores de agua de Londres, Inglaterra, en 1928. (Henry & Gary W., 1999)

Así mismo se tiene conocimiento de las múltiples enfermedades causadas por la falta de higiene las cuales se presentaron en la época medieval, después de esto se dio el primer sistema de suministro del agua potable para una ciudad completa, realizado por John Gibb, en 1804 quien abasteció de agua filtrada a la ciudad de Glasgow en Escocia. Además de este se conoce que en 1806, en la ciudad de París se establece el tratamiento del agua el cual consistió en dejar agua sedimentar durante doce horas antes de su filtración con arena y carbón. Luego veinte años más tarde, en 1827, James Simpton, quien es de origen inglés, crea un filtro de arena para purificar el agua potable, que hasta el día de hoy se considera el primer sistema efectivo que se ha utilizado en relación a la salud pública. (II, 2012)

En Estados Unidos, la ciudad de Poughkeepsie, Nueva York, utilizó por vez primera el proceso de filtración del agua potable, en el año 1872. (Henry & Gary W., 1999)

En lo que a la desinfección; se ha tenido que esperar a los primeros años del siglo XX para tener constancia de su uso de forma continuada, mediante el empleo de cloro en forma de hipoclorito cálcico; aunque unos años antes, en 1897, ya se había utilizado también este reactivo de forma discontinua en Maidstone (Inglaterra). (II, 2012)

A principios de este siglo se hicieron unas mejoras a la tecnología para hacer más segura el agua para uso público, estas mejoras se generalizaron en Europa Estados Unidos y Canadá. (Henry & Gary W., 1999).

Para Colombia en los años 1985 y 1993 había una cobertura del 76% en acueducto y del 64% en alcantarillado, en estos mismos años solo el 62 de los habitantes localizados en las zonas urbanas recibían agua apta para consumo humano, mientras que en la zona rural solo el 10% contaba con agua de buena calidad, los avances más relevantes en los servicios de acueducto y alcantarillado se dieron a partir de 1990. (Ministerio de Desarrollo Economico , 1995)

En cuanto a cobertura de acueducto y alcantarillado para el país se puede decir que la cobertura física de acueducto es aceptable en un 78,7%, esto no quiere decir precisamente que el concepto de calidad del agua esté implícito en la prestación del servicio, lo cual puede hacerlo deficiente.

Los datos que se tienen en cuanto a cobertura de conexiones no estiman los componentes del servicio, pues estos pueden contaminar el agua en el proceso de distribución; entre los problemas más recurrentes en lo que son redes de distribución se estima la edad de tuberías, el tipo de suelo y la calidad del agua, además de afectar los cortes de los servicios ya que estos podrían causar presiones inadecuadas en la red lo que puede llevar a la contaminación por aguas residuales, la prestación mínima del servicio debe garantizarse, es decir que la cobertura no nos garantiza de que la prestación del servicio sea de una calidad integral (Comisión Reguladora de Agua, Departamento Nacional de Planeación, Financiera de Desarrollo Territorial, Ministerio de

Desarrollo Económico, Ministerio de Medio Ambiente, Superintendencia de Servicios Públicos, 1997)

Según el informe realizado en 2014 se generan unos resultados de la vigilancia de la calidad del agua, estos en base al IRCA, teniendo en cuenta que este nos indica el riesgo que consumir una determinada clase de agua nos puede traer.

Para esto se tomó como referencia la población proyectada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE y el consolidado de los resultados del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano – IRCA, obtenidos durante el citado período de tiempo, suministrados a este Ministerio por el Instituto Nacional de Salud – INS, mediante el Subsistema de Vigilancia de la Calidad de Agua Potable – SIVICAP, administrado por esta entidad.

Se obtuvo los siguientes datos basados en las proyecciones del DANE esto para el 2013 que de 47'120.770 habitantes de 1,122 municipios diferentes, existían los siguientes niveles de riesgo para la salud:

Consumo de agua Sin riesgo: 265 municipios con 19'433.967 habitantes, equivalentes al 41,2% de la población del país.

Consumo de agua con riesgo bajo: 205 municipios con 13'799.198 habitantes, equivalentes al 29,3% de la población.

Consumo de agua con riesgo medio: 256 municipios con 6'390.188 habitantes, equivalentes al 13,6% de la población.

Consumo de agua con riesgo alto: 303 municipios con 5'896.911 habitantes, equivalentes al 12,5% de la población.

Consumo de agua con riesgo inviable sanitariamente: 27 municipios con 669.593 habitantes, equivalentes al 1,4% de la población.

66 municipios con 930.913 habitantes, equivalentes al 2,0% de la población, No Reportaron información por parte de la autoridad sanitaria de su jurisdicción.

Así mismo, en este mismo año se establecen la calidad de aguas por departamentos, igualmente estos están basados en el IRCA

Sin Riesgo: Antioquia, Arauca, el Archipiélago de San Andrés y Providencia, Atlántico, Bogotá, D.C., Córdoba, Cundinamarca, Quindío y Santander.

Con Riesgo Bajo figuran: Cesar, Guainía, Guajira, Meta, Risaralda, Sucre, Valle del Cauca y Vichada.

Con Riesgo Medio están: Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Magdalena, Norte de Santander y Tolima. • Y con Riesgo Alto: Huila, Nariño y Putumayo.

Los departamentos de Amazonas, Chocó, Guaviare y Vaupés No Reportaron información. (Ministerio de la Salud y Protección Social, 2014)

En el municipio de Ocaña territorio aledaño a Rio de oro, Cesar sucedió uno de los acontecimientos importantes a lo largo de la historia y fue sin duda la construcción del primer sistema de alcantarillado para la ciudad, el cual se dio el 1 de julio de 1935, esta importante obra fue realizada por la firma Nacional de Ingeniería de Medellín el cual a su vez fue directamente ejecutada por el Ingeniero Severiano Cadavid, la captación para este alcantarillado se realizó de las aguas del rio tejo por el sistema de represa , esta fue conducida por tubería de concreto, por más o menos dos kilómetros de largo, hasta llegar al tanque de distribución, también se construyeron cámaras desarenadoras en el transcurso de este, a su vez cabe mencionar que la esterilización de esta agua se efectuó realizando como primer paso una precipitación con alumbre, donde las materias que estuviesen en estado coloidal sedimentaran el coagulo, el paso posterior fue filtrar en filtros los cuales eran de arena y rematar con tratar por el sistema de las cloro aminas. (Academia de historia de Ocaña , 1935)

Además del sistema de acueducto ya mencionado en la ciudad de Ocaña existe otro acueducto el que es independiente y busca satisfacer las necesidades de consumo de agua a algunas comunidades que no contaban con el servicio como lo fueron los barrios Santa Clara, José Antonio Galán y Bermejál, este es llamado asociación de amigos y usuarios independientes (ADAMIUAIN) la cual fue fundada el 11 de mayo de 1985 por iniciativa de algunas personas del sector norte de la ciudad, pero liderados por el señor Cristóbal Navarro, esta es una empresa sin ánimo de lucro para la prestación de servicios públicos.

El sufrimiento de estas comunidades por la escasez del preciado líquido fue por más de 15 años y cansados de tener que recurrir a algunos pozos cercanos que no contaban con agua de calidad para que esta pudiera consumirse, decidieron apoyar esta iniciativa, en el cual se comprometieron 80 familias y realizaron sus aportes económicos y hasta de trabajo y otra parte que apporto la gobernación del Norte de Santander, sumando todos los aportes se logró el tendido de la tubería desde la bocatoma y la construcción del tanque de almacenamiento, el cual tiene una capacidad de 792 m³ de agua las cuales son acumuladas en 14 horas y se disfrutan por 925 familias.

Para mejorar la prestación del servicio y con el fin de mejorar la calidad de vida de los beneficiarios se construye la planta de tratamiento de agua, esto se logró con la ayuda de diferentes entidades entre las que contaron el Comité de Cafeteros, la Alcaldía municipal, ECOPETROL, La comunidad Europea y asociada de ADAMIUAIN. (ADAMIUAIN, 2010)

Otra de las empresas prestadoras de servicios públicos para el municipio lo es la ESPO s.a E.S.P esta es una empresa de carácter privado creada mediante acuerdo municipal No 29 de 1994, en esta se prestan los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. (ESPO s.a E.S.P, s.f.)

En el municipio de Rio de Oro existe la empresa Administración Publica Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Río de oro (A.P.C EMCAR ESP), la cual brinda para el municipio varios servicios públicos tales como Acueducto, Alcantarillado y Aseo; esta se conforma mediante acta de asamblea general de la constitución N° 001 del 25 de octubre del

2004, esta es una empresa que esta descentralizada de la Alcaldía del municipio de Rio de Oro. (EMCAR, 2004).

Así mismo se da la creación del acueducto comunitario ACOSMI en el año 1970, este se dio por parte de los pobladores del barrio San Miguel I etapa, del municipio de Rio de oro, Cesar, en un inicio lograban el consumo de agua mediante el proceso de la carga de recipientes con agua los cuales se traían desde el rio, notándose lo difícil que resultaba acceder a este servicio, surge la inquietud de utilizar otro medio de transporte para el preciado líquido, es entonces cuando el señor Francisco Osorio permite que los pobladores del barrio instalen una manguera, la cual pasaba por terrenos de su propiedad, el agua que se transportaba por las mangueras se almacenaba a dos tanques de 1000 litros, estos tanques de almacenamiento se situaban en la parte más alta del barrio para la fácil distribución.

Años después en 1975 el señor Eugenio Casadiegos decide donar un terreno para que se dé la construcción de un tanque, además de esto se logra realizar la primera bocatoma junto con la conformación de la junta de acción comunal del Barrio San Miguel I etapa, esta se dio mediante resolución N° 01308 del 19 de Diciembre, para 1980 se da la instalación de redes construidas en asbesto cemento, en este año también se inicia por parte de la población a pagar una bonificación por la prestación del servicio, todo esto con el fin de pagarle su trabajo a quien sería el primer fontanero de este acueducto comunitario, señor Ángel Rizo.

Ya para el año 1990 se levanta un nuevo tanque de almacenamiento con más capacidad, además de lograr el cambio de la tubería madre, en 1999 se da la construcción de un nuevo

tanque de almacenamiento de 130 metros cúbicos de capacidad, en 2004 y con el fin de mejorar la prestación del servicio, tanto en calidad como en continuidad se logra la consecución de la planta de tratamiento compacta, y en los cuales se realizan los procesos de coagulación, floculación, filtración y cloración, la planta cuenta con una capacidad de 18 metros cúbicos por hora, luego de instalada la planta de tratamiento se da un incremento en los usuarios razón por la cual se ven en la necesidad de instalar micro medidores para poder controlar el consumo del agua, pero no fue todo para el mejoramiento del acueducto comunitario ACOSMI se construye un techo en el 2005 y en 2006 este se legaliza como empresa de servicios de agua potable, se inicia la facturación por medio del programa INTEGRIN, se procede al cambio de redes de conducción en el año 2007 desde la parte de la bocatoma hasta lo que es la planta de tratamiento, en este se remplazan por tuberías RD 21 de alta presión de dos pulgadas.

Para el 2008 se decide elaborar el programa de uso eficiente y ahorro del agua, el cual fue aprobado por la corporación a cargo CORPOCESAR y se procede a la instalación de macro medidores para el control de entrada y salida del agua, en 2009 se realizan adecuaciones a lo que comprende la entrada de la planta de tratamiento y en 2012 mediante gestión se logra que la empresa AGUAS DEL CESAR realice una donación de nueva tubería, así mismo se logra el cambio de la tubería ya instalada por una de tres pulgadas lo cual dieron un total de 1800 metros, con todos estos avances la empresa ha logrado la mejora en la prestación del servicio, así mismo como mejorar la calidad del agua prestada a los inicios de esta.

Para la actualidad de esta empresa, ella cuenta con una cantidad de trabajadores distribuidos de la siguiente manera:

- Cuatro empleados fijos directos
- Tres empleados indirectos

Además de esto se espera lograr la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento el cual permita la incorporación de nuevos beneficiarios a la empresa prestadora del servicio agua potable ACOSMI (Garcia Sanchez & Jacome Herrera, 2016)

2.3 Marco Contextual

El municipio de Rio de oro se encuentra ubicado al sur del departamento del Cesar, este tiene una extensión aproximada de 613,3 km², las coordenadas geográficas para su ubicación son, una Latitud Norte 8°17'40" y Longitud Oeste a 73°23'18", de la cual hace parte el barrio San miguel I etapa, el municipio presenta los siguientes límites: al Norte, con el Departamento Norte de Santander y el Municipio de González, al Sur, con el Municipio de San Martin y Departamento de Norte de Santander, por el Oriente, Provincia de Ocaña y por el Occidente: Municipio de Aguachica (Cesar).

Este se consideró como municipio en el año 1.658 y a su jurisdicción territorial pertenece la Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR, el municipio cuenta con una cantidad de habitantes para lo que es la cabecera municipal de 5696 habitantes, distribuidos en 1524 casas. (Plan de Desarrollo Municipal, 2016)

El municipio de Rio de oro cuenta con dos empresas las cuales prestan el servicio de agua potable, una de ellas y quien cubre la mayor parte es la empresa APC EMCAR ESP, y la empresa ACOSMI es quien presta el servicio a los barrios Lucia flores, San miguel I y II etapa, la Colina, el Nuevo milenio, la Umata y Mata de rosas, es esta en la que nos centraremos en esta investigación.

2.4 Marco Conceptual

En este trabajo se desarrollaran varios conceptos los cuales servirán de apoyo y soporte en el transcurso de este.

2.4.1 Agua. Esta es el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. (Martel, s.f.)

2.4.2 Agua cruda. Esta es el tipo de agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento. (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000)

2.4.3 Agua dura. Es aquella que contiene cationes divalentes y sales disueltas en concentraciones tales que interfieren con la formación de la espuma del jabón. (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000)

2.4.4 Agua potable. Es el agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud, así mismo por los procesos de contaminación y la necesidad de que el agua sea potable para evitar problemas o daños en la salud humana. (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000)

2.4.5 Calidad del agua. Es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua. (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000)

2.4.6 Coagulación. Esta es la aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes. (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000)

2.4.7 Contaminación del agua. Está en su ciclo natural tiene una capacidad de purificación, y, es de aspecto abundante, esta misma cantidad es la que hace que sea unos de los puntos principales para que se desechen todos tipo de residuos (pesticidas, desechos químicos, metales pesados, entre otros.) Así como vertimientos, es decir cuando las cantidades superan esta capacidad de purificación se dice que el agua está contaminada al punto de que en algunos casos sea perjudicial para la salud. (Echarri, 2007)

2.4.8 Contaminantes del agua. Estos pueden ser naturales por sustancias o elementos libres como sodio potasio, cobre entre otros o sustancias introducidas por los humanos como

residuos de hidrocarburos, agricultura y lixiviados entre otros, (Abarca Monge & Mora Brenes, 2007)

2.4.9 Desarenador. Que es un componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación. (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000)

2.4.10 Filtración. Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000).

2.4.11 Floculación. Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada. (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000).

2.4.12 Parámetros fisicoquímicos. Se define como la evaluación física y química en donde se puede utilizar los principios de equilibrio químico, además de la ley de acción de masas y la ecuación de Nerst o al conocimiento de los mecanismos de reacción y de las proporciones para los procesos irreversibles (Barrenechea, 2004, pág. 4).

2.4.13 Parámetros microbiológicos. (Ministerio de la protección social y Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007) “Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos” (p.1). Además es considerado por la (Organización Mundial de la Salud, 2006) “como los análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero

también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos” (p.32)

2.4.14 Planta de potabilización. Esta es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, 2000)

2.4.15 Indicador de calidad del agua. Es una expresión simple realizada por una combinación que puede ser en menos o mayor proporción de complejidad de una serie de parámetros, los cuales se utilizan como una forma de medir la calidad del agua.

El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. (Universidad de Pamplona, s.f).

2.4.16 Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA). Es la forma en cómo se mide el riesgo de que puedan surgir enfermedades las cuales están relacionadas con no cumplimiento de características tales como físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, esto de acuerdo al nivel de riesgo que nos consigna en la resolución 2115 de 2007, su calificación es, sin riesgo (0 y 5%), riesgo bajo (5.1 y 14%), Riesgo medio (14.1 y 35%) y riesgo alto (80.1 y 100%) el agua es inviable sanitariamente (Ministerio de la Salud y Protección Social, 2014).

2.5 Marco teórico

2.5.1 Importancia agua superficial. Las fuentes de agua superficial son de carácter indispensable para el mantenimiento y así mismo sostenimiento de los diferentes tipos de asentamientos existentes, ya que estas abastecen a los seres humanos y animales que estén dentro de estas poblaciones y aportan al desarrollo de estas aportando a la realización de diferentes actividades que ayudan al sostenimiento de las mismas, no obstante la realización de estas actividades son las principales causantes de contaminación para estas fuentes de agua superficial, ya que estas se ven perjudicadas de forma natural sometidas a arrastres de material particulado y presencia de materia orgánica, así como de manera antrópica por descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, entre otros.

Uno de los principales factores influyentes en la calidad del agua para consumo humano son los sistemas de abastecimiento de agua, pues por diferentes tipos de fallas se puede presentar riesgo para la salud humana y se pueden ver alteradas diferentes características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento, lo cual incide en el riesgo sanitario presente en el agua, esto se ve reflejado en las diferentes enfermedades que se presentan tanto en humanos como animales y que llevan a alterar el normal funcionamiento en viviendas e industrias que se abastecen de dicha agua.

En la contaminación de agua existe el riesgo, el cual surge de comparar la vulnerabilidad de la población frente a una amenaza o factores de riesgo los cuales pueden entrar dentro de una categorización de riesgo agudo, en el cual las personas se ven afectadas a corto plazo y tienen

dosis infecciosas bajas del contaminante como es el caso del tipo de contaminación microbiológica o riesgo crónico cuando los contaminantes son de naturaleza química y afectan la salud después de largos periodos de exposición, en caso de que el riesgo sea agudo, su control es prioritario y por ende el riesgo crónico se considera como segunda prioridad.

En la gran mayoría de los países que se encuentran en vía al desarrollo se ha notado que el riesgo biológico es alarmante, este se ocasiona principalmente por el incorrecto saneamiento.

En el país el detrimento del recurso hídrico también está ligado con los vertimientos de aguas residuales domésticas industriales y de producción agrícola y ganadera, entre otras actividades, a pesar de presentadas estas situaciones en Colombia un 78% de la población cuenta con acceso al agua potable. El claro deterioro de las fuentes superficiales de agua hace que sea necesaria la evaluación con el fin de lograr una mejora continua y la toma de medidas de control y mitigación del nivel de riesgo que será determinante en la complejidad y costos del tratamiento del agua para consumo humano. (Torres , Cruz, & Patiño, 2009)

2.5.2. Según la agenda 21 de la conferencia de naciones unidas sobre el medio ambiente y desarrollo. El suministro y el saneamiento ambiental son vitales para la protección del medio ambiente, el mejoramiento de la salud y la mitigación de la pobreza. El agua potable también es fundamental para muchas actividades tradicionales y culturales. Se estima que el 80% de todas las enfermedades y más de un tercio de los fallecimientos en los países en desarrollo se deben al consumo de agua contaminada y que, en promedio, hasta la décima parte del tiempo

productivo de cada persona se pierde a causa de enfermedades relacionadas con el agua (Organización de las Naciones Unidas, 1992).

En la actualidad la problemática de la contaminación de aguas tanto de naturaleza superficial como subterránea se ha incrementado debido al crecimiento demográfico, como ya se ha mencionado dicha contaminación puede tener diferentes causas, lo que hace que el ciclo del agua normal ya no tenga la capacidad de limpiarla y que los seres humanos la puedan consumir, razón por la cual se deben realizar diversos procesos, los cuales dependen exclusivamente del agua a tratar y las características que esta tenga, debido a esto se recomienda salvaguardar la calidad del agua desde la fuente, de este manera se va a ahorrar o a evitar desde costos ecológicos, sociales, hasta económicos.

Para realizar una evaluación continua, la cual sea óptima, esta debe contener fases tales como, fuente, tratamiento, almacenamiento y distribución a la población (Camacho, 2011).

2.5.3 Características físicas y químicas del agua para consumo humano.

Características físicas. Según la resolución 2115 de 2007 establece que el agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Tabla 1.
Características físicas

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de platino cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: resolución 2115 de 2007

Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana. Según la resolución 2115 de 2007 las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan en la tabla 2:

Tabla 2.
Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresado como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Sb	0,01
Trihalometanos totales	THMs	0,2
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	HAP	0,01

Fuente: resolución 2115 de 2007

Características microbiológicas. Según la resolución 2115 del 2007 indica las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra en la tabla 3:

Tabla 3.

Características microbiológicas

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	Escherichia Coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia de 100 cm ³	Ausencia de 100 cm ³

Fuente: resolución 2115 de 2007

2.6 Marco legal

Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000.

El cual está dirigido al desarrollo de estudios y diseño de todos los componentes de un sistema de potabilización del agua.

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-1 (1995). Gestión ambiental, calidad del agua, muestreo, directrices para el diseño de programas de muestreo.

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos

naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

Decreto 475 De 1998 (10 de marzo). Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.

Artículo 2: Las disposiciones del presente decreto son de orden público y de obligatorio cumplimiento y con ellas se regulan las actividades relacionadas con la calidad del agua potable para consumo humano.

Artículo 3: El agua suministrada por la persona que presta el servicio público de acueducto, deberá ser apta para consumo humano, independientemente de las características del agua cruda y de su procedencia.

Artículo 4: Las personas que prestan el servicio público de acueducto, son las responsables del cumplimiento de las normas de calidad del agua potable establecidas en el presente decreto, y deben garantizar la calidad del agua potable, en toda época y en cualquiera de los puntos que conforman el sistema de distribución.

Artículo 5: Para los efectos del artículo anterior, la responsabilidad de las personas que prestan el servicio público de acueducto, será señalada de acuerdo con los siguientes criterios:

- En zonas urbanas o rurales, la responsabilidad llegará hasta los sitios en donde se hayan instalado dispositivos para regular o medir el agua consumida por los usuarios;
- No existiendo en zonas urbanas y rurales los dispositivos a que se refiere el literal anterior, la responsabilidad llegará hasta el punto en donde la tubería ingrese a la propiedad privada o hasta el registro o llave de paso, que haya colocado la persona que presta el servicio público de acueducto como punto final de la red de distribución, respectivamente.

Artículo 6: Las normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua potable establecidas en el presente decreto rigen para todo el territorio nacional y deben cumplirse en cualquier punto de la red de distribución de un sistema de suministro de agua potable.

Normas de calidad organoléptica, física y química

Artículo 7°. Los criterios organolépticos y físicos de la calidad del agua potable.

Artículo 8°. Los criterios químicos de la calidad del agua potable.

- Criterios para elementos y compuestos químicos, diferentes a los plaguicidas y otras sustancias, que al sobrepasar los valores establecidos tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.
- Criterios de calidad química para características con implicaciones de tipo económico o acción indirecta sobre la salud.

Artículo 9°. El valor admisible del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución de agua potable, deberá estar comprendido entre 0.2 y 1.0 mg/litro.

Artículo 10. El valor para el potencial de hidrógeno, pH, para el agua potable deberán estar comprendido entre 6.5 y 9.0.

Decreto 2811 de 1974. El siguiente será el texto del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Artículo 3: De acuerdo con los objetivos enunciados, el presente Código regula:

- Las aguas en cualquiera de sus estados;
- Los recursos biológicos de las aguas y del suelo y el subsuelo del mar territorial y de la zona económica de dominio continental e insular de la República;

Artículo 69: Se podrán adquirir bienes de propiedad privada y los patrimoniales de las entidades de derecho público que se requieran para los siguientes fines:

- Instalación de plantas de suministro, control o corrección de aguas;
- Establecimiento, mejora, rehabilitación y conservación de servicios públicos concernientes al uso de aguas, tales como suministro de éstas, alcantarillado y generación de energía eléctrica;

Artículo 70: Para los servicios de captación, almacenamiento y tratamiento de las aguas que abastecen a una población y para el servicio de las plantas de tratamiento de aguas negras, con miras a ejercer un control efectivo, o a evitar toda actividad susceptible de causar contaminación, se podrán adquirir los terrenos aledaños en la extensión necesaria.

Artículo 92: Para poder otorgarle, toda concesión de aguas estará sujeta a condiciones especiales previamente determinadas para defender las aguas, lograr su conveniente utilización, la de los predios aledaños, y en general, el cumplimiento de los fines de utilidad pública e interés social inherentes a la utilización.

Artículo 132: Sin permiso, no se podrán alterar los cauces, ni el régimen y la calidad de las aguas, ni interferir su uso legítimo.

Se negará el permiso cuando la obra implique peligro para la colectividad, o para los recursos naturales, la seguridad interior o exterior o la soberanía Nacional.

Artículo 133: Los usuarios están obligados a:

- Aprovechar las aguas con eficiencia y economía en el lugar y para el objeto previsto en la resolución de concesión, empleando sistemas técnicos de aprovechamiento;
- No utilizar mayor cantidad de aguas que la otorgada;
- Construir y mantener instalaciones y obras hidráulicas en condiciones adecuadas;
- Evitar que las aguas que deriven de una corriente o depósito se derramen o salgan de las obras que las deben contener;
- Contribuir proporcionalmente a la conservación de las estructuras hidráulicas, caminos de vigilancia y demás obras e instalaciones comunes;
- Permitir la vigilancia e inspección y suministrar los datos sobre el uso de las aguas.

Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

Artículo 4: Los criterios de calidad establecidos en el presente Decreto son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.

Artículo 5: Entiéndase por tratamiento convencional para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Artículo 7: Es usuario toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso o de un acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso.

Artículo 29: Para los efectos del presente Decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua, sin que su enunciado indique orden de prioridad:

- Consumo humano y doméstico;

Artículo 30: Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como:

- Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.
- Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.
- Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.

Decreto 1575 de 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Artículo 1: El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

Artículo 3: Características del agua para consumo humano. Las características físicas, químicas y microbiológicas, que puedan afectar directa o indirectamente la salud humana, así como los criterios y valores máximos aceptables que debe cumplir el agua para el consumo humano, serán determinados por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en un plazo no mayor a un (1) mes contado a partir de la fecha de publicación del presente decreto. Para tal efecto, definirán, entre otros, los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos y otros aspectos que puedan tener un efecto adverso o implicaciones directas o indirectas en la salud humana, buscando la racionalización de costos así como las técnicas para realizar los análisis microbiológicos y adoptarán las definiciones sobre la materia.

Artículo 4: Responsables: La implementación y desarrollo de las actividades de control y calidad del agua para consumo humano, será responsabilidad de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el Instituto Nacional de Salud, las Direcciones Departamentales Distritales y Municipales de Salud, las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano y los usuarios, para lo cual cumplirán las funciones indicadas en los artículos siguientes.

Artículo: Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA-. Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

ARTÍCULO 13: Índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano - IRABAm. Es la ponderación de los factores de:

- Tratamiento y continuidad del servicio de los sistemas de acueducto, y
- Distribución del agua en el área de jurisdicción del municipio correspondiente, que pueden afectar indirectamente la calidad del agua para consumo humano y por ende la salud humana. Este índice tiene por objeto asociar el riesgo a la salud humana causado por los sistemas de abastecimiento y establecer los respectivos niveles de riesgo.

Artículo 17° Procesos: Los procesos básicos del control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano incluyen la recolección de muestras de control y de vigilancia, el análisis e interpretación, el suministro y difusión de la información y su utilización en la orientación en salud pública o en actuaciones administrativas, según el caso.

Artículo 18: Autocontrol. Las personas prestadoras realizarán los análisis de control para garantizar la calidad del agua para consumo humano por medio de laboratorios autorizados por el Ministerio de la Protección Social. Los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial definirán los protocolos de autocontrol que deben realizar las

personas prestadoras y los procesos de supervisión a cargo de las autoridades sanitarias, con base en los mapas de riesgo y los indicadores a que se refiere el Capítulo IV del presente decreto.

Artículo 19: Reportes de control. Las personas prestadoras deberán consignar los resultados de los análisis de las muestras exigidas en el presente decreto, en el libro de registro de control de la calidad de agua para consumo humano, el cual debe ser foliado y no se permitirán enmendaduras, sólo aclaraciones al margen.

En el caso que se utilice un registro sistematizado de control de la calidad de agua se debe garantizar las medidas de seguridad para evitar la alteración de los datos registrados. El libro o registro sistematizado de control de la calidad de agua para consumo humano debe mantenerse actualizado.

Artículo 20: Análisis de muestras de vigilancia. Las autoridades sanitarias competentes, a través de los laboratorios departamentales y distritales de salud pública deberán realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos de vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano, teniendo en cuenta las acciones de vigilancia establecidas en la Ley 715 de 2001 o la norma que la modifique, sustituya o adicione.

Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Artículo 2: Características físicas. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Artículo 3: Conductividad. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

Artículo 4º. Potencial de hidrógeno: El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

Artículo 5º. Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana: Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables.

Artículo 6: Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los

elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana.

Artículo 7: Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud.

Artículo 10. Técnicas para realizar análisis microbiológicos. Las técnicas aceptadas para realizar los análisis microbiológicos del agua para consumo humano son las siguientes:

Para Escherichia Coli y Coliformes totales: filtración por membrana, Sustrato Definido, enzima sustrato y presencia-ausencia.

Se podrán adoptar otras técnicas y metodologías debidamente validadas por el Instituto Nacional de Salud, INS, o este realizará una revalidación con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes;

Para Giardia y Cryptosporidium: las técnicas y metodologías de análisis para estos microorganismos deben ser validadas por el Instituto Nacional de Salud, INS, o revalidadas por este con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes.

Artículo 11. Características microbiológicas. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación.

Para la ejecución del presente proyecto se tuvo en cuenta una investigación en nivel de profundidad de tipo descriptivo porque permitió describir los procesos del sistema de tratamiento y el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua; finalmente se sometieron a un análisis. En relación al nivel de propósito fue una investigación de tipo aplicada por que permitió obtener resultados concretos que facilitaron la propuesta de alternativas de mejora en el sistema de tratamiento de agua potable en la población de estudio. En cuanto al nivel de diseño de investigación esta, fue de campo de tipo longitudinal por que se recolectaron los datos directamente de la fuente en varios puntos en el tiempo permitiendo analizar su evolución a lo largo del mismo y comparar los resultados. Y por último este proyecto tuvo un enfoque de tipo cuantitativo y cualitativo debido a que se analizaron un conjunto de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que luego fueron representados en valores numéricos y sobre los cuales se llevó a cabo una evaluación cualitativa (Livian Navarro Caro, 2009).

3.2 Población.

Se contó con dos tipos de población siendo la primera las fuentes de abastecimiento llamadas quebradas la TOMA y las MARCELINAS, la segunda el acueducto comunitario San miguel I etapa (ACOSMI) del municipio de Rio de oro, Cesar.

3.3 Muestra

Para evaluar la calidad del agua se tomaron 5 puntos de muestreo; el primer punto se tomó en la captación (Quebrada la Toma) y un segundo punto aguas arriba de ésta (Quebrada la Marcelina), con el fin de analizar la calidad del agua de la fuente de abastecimiento, los puntos restantes fueron establecidos por la persona prestadora y la autoridad sanitaria: primero a la salida de la planta y los otros dos a lo largo de la red de distribución; uno en el barrio San Miguel I etapa y otro en el barrio San Miguel I etapa (carretera central) esto con el fin de analizar la calidad del agua que consume la población beneficiada. La técnica de muestreo fue manual y las muestras de tipo puntual; previo al muestreo que se realizó en la captación y aguas arriba de la misma se hizo un aforo por el método flotador en la quebrada la Toma y las Marcelinas.

Debido a que se analizaron varias muestras, fue necesario la implementación de rótulos que facilitaron el manejo de la información por parte de los investigadores y del encargado del laboratorio. Para esto se utilizaron etiquetas para muestras de agua.

Tabla 4.
Etiqueta

Etiqueta para muestreo de agua	
Fecha:	Hora:
Nombre de la empresa:	
Municipio:	
Tipo de agua:	
Punto de muestra:	
Realizado por:	

Fuente: autoras del proyecto.

En cuanto a la segunda población que es la persona prestadora, para este caso (el acueducto comunitario San miguel (ACOSMI)) por ser de carácter finita/ única no fue necesario seleccionar un número de muestras.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.

Este se realizó en seis etapas, las cuales se describirán de manera detallada a continuación:

- Etapa 1. Generalidades de la zona de estudio.
- Etapa 2. Para la Caracterización del funcionamiento y operación de la Planta de tratamiento de la empresa ACOSMI barrio San miguel I etapa del municipio de Rio de oro, Cesar, se utilizó la técnica de una entrevista estructurada que se le realizo al operario de turno con el apoyo de diferentes instrumentos como: cámara de video, grabadora de voz y un cuaderno de notas donde se le realizaron preguntas puntuales con el fin de conocer cantidad de usuarios, tiempo de operación, mantenimiento, continuidad, cobertura (población servida), operación, frecuencia de auditorías, caudales (de entrada y salida) y el estado de la microcuenca aguas arriba de la bocatoma.
- Etapa 3. Evaluación por comparación entre la planta de tratamiento de agua potable y el reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS 2000 TITULOS B Sistemas de acueducto y C Sistemas de potabilización.
- Etapa 4. Toma y transporte de las muestras de agua; para el análisis fisicoquímico, se tuvo en cuenta el correcto transporte de éstas hacia el laboratorio de aguas de la

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) y para el análisis microbiológico hacia el laboratorio ServiAnalitica Profesional SAS, en donde se determinó la calidad de la fuente hídrica abastecedora, y se tuvo en cuenta los siguientes parámetros para el ICA pH, turbiedad, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, aerobios mesofilos, ICOMI (conductividad, dureza, alcalinidad), ICOMO (DBO5, Coliformes totales, y porcentaje de saturación de oxígeno), ICOSUS (sólidos suspendidos), y para el agua de consumo humano se calculó el IRCA en el cual se contemplaron los siguientes parámetros: pH, turbiedad, color, cloro residual libre, Coliformes totales, Escherichia Coli (Coliformes fecales), nitritos, nitratos y aerobios mesofilos para la realización de las pruebas se tuvo en cuenta lo expuesto en Standard Methods for Water and Wastewater Examination.

- Etapa 5. Se compararon los resultados obtenidos del análisis físico- químico y microbiológico realizado por los autores del proyecto con el último análisis suministrado por la empresa ACOSMI, en conjunto con la Resolución 2115 de 2007 esto con el fin de analizar las conformidades y no conformidades de la calidad del agua de consumo humano y de la fuente abastecedora.
- Etapa 6. Se Formuló alternativas de mejora para el sistema de tratamiento de agua para consumo humano suministrada por la empresa ACOSMI al barrio San miguel del municipio de Rio de oro- Cesar; para el desarrollo de esta etapa se debió conocer el sistema de potabilización y la caracterización del funcionamiento y operación de la Planta de tratamiento de la empresa para la generación de la matriz DOFA la cual permitió identificar las alternativas de mejora del sistema de tratamiento.

3.5 Análisis de la información

La información recopilada fue captada directamente por los autores del trabajo; donde se empleó el software ICATest V 1.0 para el análisis de los índices de contaminación (ICOs) e índice de calidad del agua (ICA), las muestras físico-químicas que se tomaron fueron llevadas al laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) y las microbiológicas al laboratorio ServiAnalítica Profesional SAS, donde se realizó su respectivo análisis y posteriormente se comparó con los valores aceptables contemplados en la Resolución 2115 de 2007 ; también se tuvo en cuenta el reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico (RAS 2000 título B) para el estudio de la información y los criterios emitidos por la calidad del agua en corrientes superficiales. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2011, pág. 8)

Este análisis se realizara, teniendo en cuenta lo siguiente:

Cálculo del índice de calidad de la fuente hídrica (ICA):

$$ICA = \sum_{i=1}^n W_i * I_i$$

Dónde:

I= cada uno de los cinco parámetros que requiere el cálculo del ICA

I= subíndices correspondientes a cada variable

W= peso asignado a cada variable.

El valor obtenido del índice de calidad del agua, ICA, se clasificara de acuerdo a:

Tabla 5.

Calificación de la calidad del agua según el resultado que arroje el ICA

Escala de color de contacto primario		
Excelente	75.1 – 100	Verde
Buena	50.1 – 75	Amarillo
Regular	25.1 - 50	Naranja
Mala	0.25	Rojo
Escala de color contacto secundario		
Excelente	4.1- 100	Verde
Mala	0 – 4	Rojo

Fuente: tomado del ICAtest V 1.0

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI): Integra conductividad, dureza y alcalinidad

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

Dónde:

$$I_{\text{Conductividad}} = \log_{10} \cdot I_{\text{Conductividad}} = 3,26 + 1.34 \log_{10} \cdot \text{Conductividad}(\text{mS} / \text{cm})$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{Log} \cdot I_{\text{Conductividad}}}$$

Conductividades mayores a 270 mS/cm, tienen un índice de conductividad =1

$$I_{\text{Dureza}} = \log_{10} \cdot I_{\text{Dureza}} = -9.09 + 4.40 \log_{10} \cdot \text{Dureza}(\text{mg/l})$$

$$I_{\text{Dureza}} = 10^{\text{Log} \cdot I_{\text{Dureza}}}$$

Durezas mayores a 110 mg/lit tienen un índice = 1

Durezas menores a 30 mg/lit tienen un índice = 0

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0.25 + 0.005 \text{Alcalinidad}(\text{mg/l})$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/lit tienen un índice de 1

Alcalinidades menores a 50 mg/lit tienen un índice de 0

Tabla 6.

Código de colores de acuerdo al resultado del ICOMI

ICO	GRADO DE CONTAMINACION	ESCALA DE COLOR
0-0,2	Ninguna	Azul
>0,2-0,4	Bajo	Verde
>0,4-0,6	Medio	Amarillo
>0,6-0,8	Alto	Naranja
>0,8-1	Muy alto	Rojo

Fuente: Tomado del ICAtest, capítulo III.

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO). Conformado por demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno.

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{Oxigeno})$$

Dónde:

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} DBO \text{ (mg/L)}$$

$$DBO > 30 \text{ (mg/l)} = 1$$

$$DBO < 2 \text{ (mg/l)} = 0$$

$$I_{Coliformes \text{ Totales}} = -1.44 + 0.56 \log_{10} \text{Col. Tot. (NMP/100ml)}$$

$$\text{Coliformes totales} > 20.000 \text{ (NMP/100ml)} = 1$$

$$\text{Coliformes totales} < 500 \text{ (NMP/100ml)} = 0$$

$$I_{Oxigeno\%} = 1 - 0.01 \text{Oxigeno\%}$$

Oxígenos (%) mayores a 100 % tienen un índice de oxígeno de 0

Para sistemas lenticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100%, se sugiere reemplazar la expresión por:

$$I_{Oxigeno\%} = 0.01 \text{Oxigeno\%} - 1$$

Tabla 7.

Código de colores de acuerdo al resultado del ICOMO

ICO	GRADO DE CONTAMINACION	ESCALA DE COLOR
0-0,2	Ninguna	Azul
>0,2-0,4	Bajo	Verde
>0,4-0,6	Medio	Amarillo
>0,6-0,8	Alto	Naranja
>0,8-1	Muy alto	Rojo

Fuente: Tomado del ICAtest, capítulo III.

Índices de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)

$$\text{ICOSUS} = -0.02 + 0.0003 \text{Sólidos suspendidos (mg/L)}$$

Sólidos suspendidos > a 340 mg/l tienen un ICOSUS = 1

Sólidos suspendidos < a 10 mg/l tienen un ICOSUS = 0

Tabla 8.

Código de colores de acuerdo al resultado del ICOSUS

ICO	GRADO DE CONTAMINACION	ESCALA DE COLOR
0-0,2	Ninguna	Azul
>0,2-0,4	Bajo	Verde
>0,4-0,6	Medio	Amarillo
>0,6-0,8	Alto	Naranja
>0,8-1	Muy alto	Rojo

Fuente: Tomado del ICAtest, capítulo III.

Cálculo del IRCA. Según la resolución 2115 de 2007 se considera que el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano se realizara utilizando la siguiente formula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntuajes de riesgo asignados a las características no aceptadas}}{\sum \text{puntuajes de riesgo asignadas a todas las características analizadas}}$$

Tabla 9.
Cálculo del IRCA

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIA MENTE	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.

Fuente: Tomado de la resolución 2115 de 2007

Capítulo 4. Resultados

Para la elaboración del presente proyecto se llevó a cabo el desarrollo de la metodología por medio de las siguientes etapas:

Fase 1: Generalidades del municipio. El municipio de Rio de oro hace parte de la jurisdicción del departamento del Cesar desde 1967. Se encuentra ubicado en el mapa del Cesar en la región sur-oriental a una distancia de 385 km de la capital Valledupar. Rio de oro cuenta con un área de 613,3 km² y está situada a 1120 msnm, con coordenadas geográficas 8°17'40" latitud norte y 73°23'18" longitud occidental.

Este limita al norte con el municipio de González y Norte de Santander, al sur con Ocaña y San Martín, al oriente con Ocaña y occidente con Aguachica.

Climatología. Rio de oro posee uno de los mejores climas del país debido a que lo conforman tres pisos térmicos: Frio, templado y caliente.

- Clima frio: en las cumbres de las montañas de la cordillera oriental con temperatura media que varía entre los 10°C y los 15°C.
- Clima templado: en su área urbana con temperaturas entre los 18°C y los 25°C
- Clima caliente, húmedo y seco: en la región plana, zona rural, donde la temperatura oscila entre los 28°C y 37°C.

Hidrografía. El municipio, debido al relieve que posee, le permite la formación de cañadas y quebradas que lo hacen rico en almacenamiento de agua (jagüeyes, reservorios y pequeñas lagunas) y por ende le hace ser un importante potencial hídrico.

Su hidrografía lo constituyen dos cuencas:

Una que entrega sus aguas a la vertiente del río Catatumbo y la otra que entrega sus aguas a los ríos Lebrija y Magdalena.

Las fuentes más importantes que cruzan el municipio son, el río de oro, el cual cruza la cabecera municipal de oriente a occidente, sus principales afluentes son las quebradas: Venadillo, Caimito, El Arado, Pantanitos, La Toma, La Meseta, Quebradillas, Salobritos, Las Lajas y Carbonal.

En la vertiente de la zona plana las quebradas Minas y Torcoroma, tributan sus aguas al río Lebrija y las quebradas Peralonso, Moñino, Los Llanos, Múcuras, Santa Inés y el Hobo que desembocan en el río Magdalena.

Agua potable y saneamiento básico. El sector de agua potable y saneamiento básico comprende la prestación de servicios de acueductos, alcantarillado y aseo, a los 14041 habitantes (6133 zona urbana y 7906 en zona rural), en términos de cobertura, calidad y continuidad. En la zona urbana presta los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo la Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Río de Oro- A.P.C. EMCAR E.S.P., y la

empresa comunitaria de Acueducto del barrio San Miguel ACOSMI, presta solo el servicio de acueducto a 359 usuarios, estrato 1 y 15 comercial, ambas están inscritos en el RUP. (Plan de Desarrollo Municipal, 2016)

Tabla 10.
Suscriptores A.P.C. EMCAR E.S.P

Tipo de usuario	SUSCRIPTORES A.P.C. EMCAR E.S.P.						ACOSMI	
	Acueducto		Alcantarillado		Aseo		Acueducto	
	2011	2015	2011	2015	2011	2015	2011	2015
Estrato 1	496	475	757	749	755	749	319	359
Estrato 2	703	768	679	840	683	840		
Estrato 3	128	223	128	216	126	216		
Estrato 4	3		3		3			
Comercial	68	67	77	76	79	80	15	15
Oficial	17	17	19	19	19	19		1
Total	1415	1550	1663	1990	1665	1904	334	381

Fuente. Plan de Desarrollo Municipal, 2016

Fase 2: Caracterización del funcionamiento y operación de la Planta de tratamiento de la empresa ACOSMI barrio San miguel I etapa del municipio de Rio de oro, Cesar.

Dicha caracterización se desarrolló mediante 10 salidas de campo las cuales se repartieron de la siguiente manera, 4 salidas a la bocatoma y las 6 restantes a la planta de tratamiento y a todos los puntos señalados por la persona prestadora y la autoridad sanitaria, donde se le realizó una entrevista detallada al operario de turno, el señor, Albeiro Vergel, el día 28 de Enero del 2017 a las 2:30 pm, para conocer el funcionamiento y operación de la planta de tratamiento de la empresa ACOSMI, el cual comentó lo siguiente:



Figura 1. Empresa ACOSMI

Fuente: autoras del proyecto (2017)

El acueducto fue fundado en 1975 por la junta de acción comunal del barrio san miguel I etapa, el transporte del preciado líquido hacia las viviendas se hacía a través de manguera, por gravedad y sin ningún tipo de tratamiento y era depositada en unos tanques; es hasta el 2004 cuando se logra la consecución de la planta de tratamiento de agua potable de tipo compacta y en los cuales se realizan los procesos de mezcla rápida, coagulación, floculación (mezcla lenta), sedimentación, filtración y desinfección; a mediados de 2006 ésta se legaliza como empresa de servicios de agua potable, la cual inicia la facturación por medio del programa INTEGRIN.

La empresa ACOSMI es una persona jurídica identificada con NIT 900101875-6, la cual ofrece el servicio de agua potable a 453 usuarios aproximadamente, distribuidos en los siguientes barrios; Lucia flores, la Umata, San Miguel I y II etapa, La Colina, Nuevo Milenio y Mata de Rosas.

Ésta cuenta con una oficina de administración, la cual funciona como punto de pago de los respectivos recibos y de la atención al cliente; dicha empresa tiene como misión y visión lo contemplado a continuación:

Misión. Somos una empresa de servicios públicos de acueducto, comprometidos con el mejoramiento ambiental y la calidad de vida de nuestros usuarios, teniendo como objetivo prestarle a la comunidad un servicio de agua potable con calidad, contando con un equipo de trabajo idóneo y capacitado para prestar un servicio óptimo y garantizado.

Visión. El acueducto comunitario ACOSMI para el año 2020 busca consolidarse como una empresa sostenible, líder en la prestación de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo comprometido con el mejoramiento y el bienestar de la comunidad.

ACOSMI está conformada de la siguiente manera:

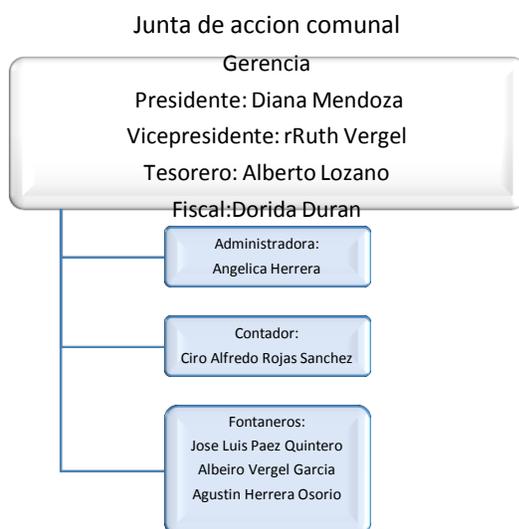


Figura 2. Estructura organizacional de la empresa ACOSMI:
Fuente: autoras del proyecto (2017)

Vista de la planta de acueducto ACOSMI

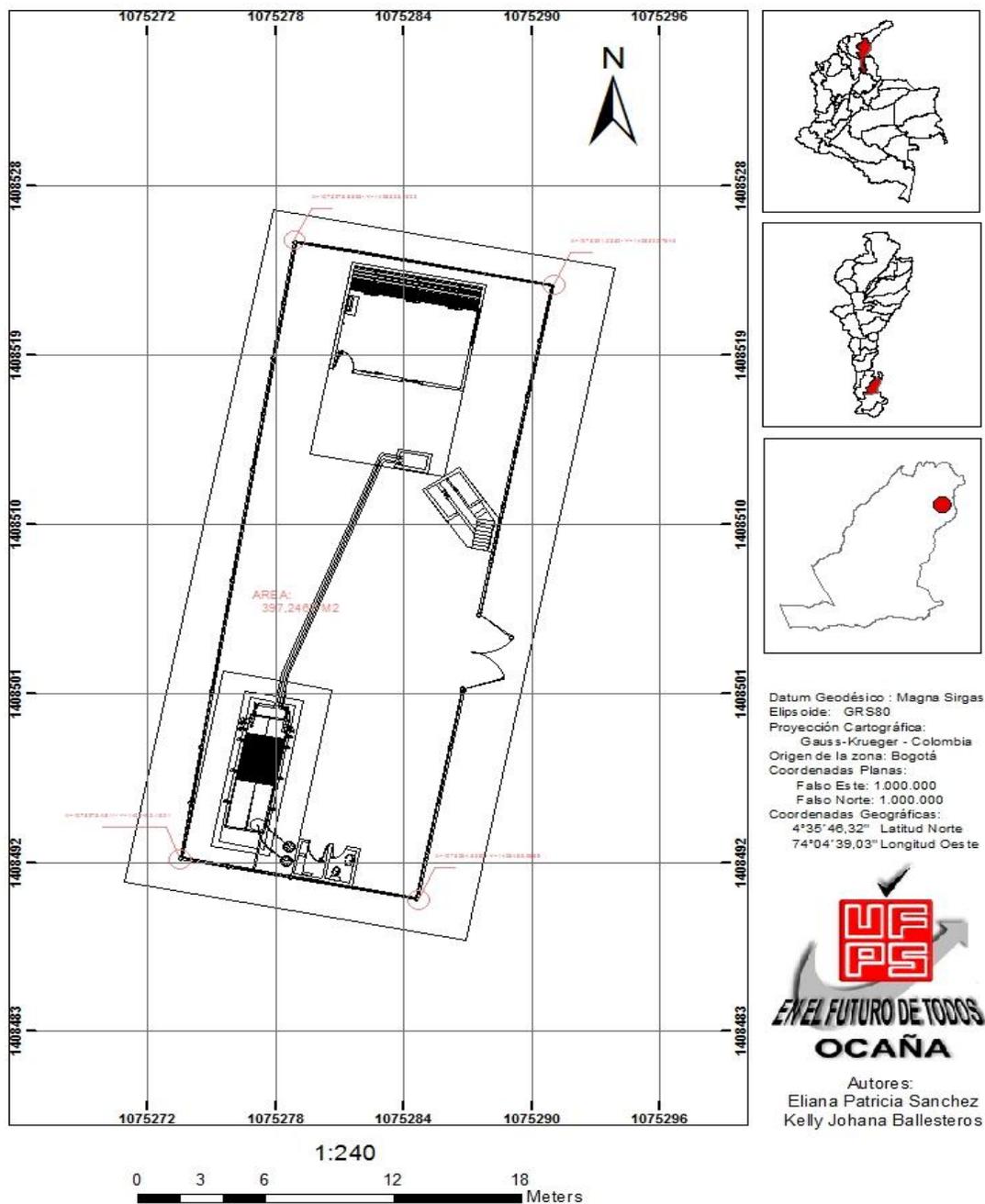


Figura 4. Planta de tratamiento
 Fuente: Autoras del proyecto (2017)

La planta de tratamiento con la que cuenta el sistema de acueducto del barrio San Miguel I etapa es de tipo compacta, denominada así porque todos los procesos de coagulación,

floculación, sedimentación y filtración ocurren en una misma unidad (Carrillo, Gonzalez, Calvo, & Trejos, 2015). Actualmente la planta de tratamiento se encuentra ubicada en un predio que tiene un área de 11,5808 m² aproximadamente, a una altura de 1245 msnm.

Esta planta es un equipo Clarifiltro, fue construida en material de lámina de acero al carbón, en el año 2004, con temperatura de diseño: ambiente y en °C, con tolerancia de corrosión de 1 mm, esta tiene un peso total en vacío de 2700 kg, y trabaja con un caudal de 5 l/s, esta planta de tratamiento para su operación no cuenta con un manual que facilite a los operarios su manejo.



Figura 5. Placa

Fuente: autoras del proyecto (2017)

Cubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable – ACOSMI. La cubicación se realizó con el objetivo de conocer la capacidad que tiene por compartimento la Planta de Tratamiento de Agua Potable, ACOSMI, para ello fue necesario saber las dimensiones de cada uno.

Tabla 11.

Dimensiones por compartimento:

Tipo de tanque	Largo	Ancho	Profundidad
Coagulador	2,55m	0,83m	1,67m
Floculador	2,55m	0,87m	1,67m
Sedimentador	2,34m	1,75m	1,33m
Filtro 1	1,05m	0,86m	1,27m
Filtro 2	1,05m	0,86m	1,27m

Fuente: Autoras del proyecto. (2017)

Con ayuda de la tabla 10, se obtuvo el volumen por compartimento, dando como resultado lo siguiente: El compartimento del coagulador tiene una capacidad de $3,53 \text{ m}^3$, el floculador de $3,70 \text{ m}^3$, el sedimentador de $5,44 \text{ m}^3$, el filtro (1) de $1,146 \text{ m}^3$ y el filtro (2) de $1,146 \text{ m}^3$.

Sistema de potabilización. El proceso que se realiza en la planta de tratamiento ACOSMI se desarrolla de la siguiente manera: Captación, Desarenador, línea de aducción, macromedidor, mezcla rápida, Coagulación, floculación (mezcla lenta), sedimentación, filtración, desinfección, almacenamiento, macromedidor y distribución.

Captación. El agua es captada directamente de las bocatomas (quebradas, las Marcelinas y la Toma), esto de manera independiente.

La quebrada las Marcelinas proviene de un nacimiento natural, que emana de la cordillera del sector llamado el Sulmo, en este se forma una pendiente de la cual cae una pequeña cascada, formando a su pie un pequeño estanque. Sobre el lecho de la quebrada las Marcelinas se observa que la bocatoma correspondiente a esta, es de tipo transversal con respecto al lecho, esta bocatoma está hecha manualmente en concreto ciclópeo debido a que está construida en piedra y cemento, tiene una profundidad de 35 cm aproximadamente, un área de 4 m^2 y en el centro se

encuentra ubicado un tubo de 2” de diámetro debidamente perforado, por medio del cual se realiza la captación.

Aguas arriba de esta hay 5 conexiones ilegales de aproximadamente un caudal de dos y media pulgadas ($2\frac{1}{2}$ ”) de agua captada y la presencia de cultivos tales como; maíz, frijol, apio, café, en los que utilizan diferentes tipos de químicos para el mantenimiento de estos, lo que indica la posibilidad de encontrar sustancias químicas en la fuente hídrica.

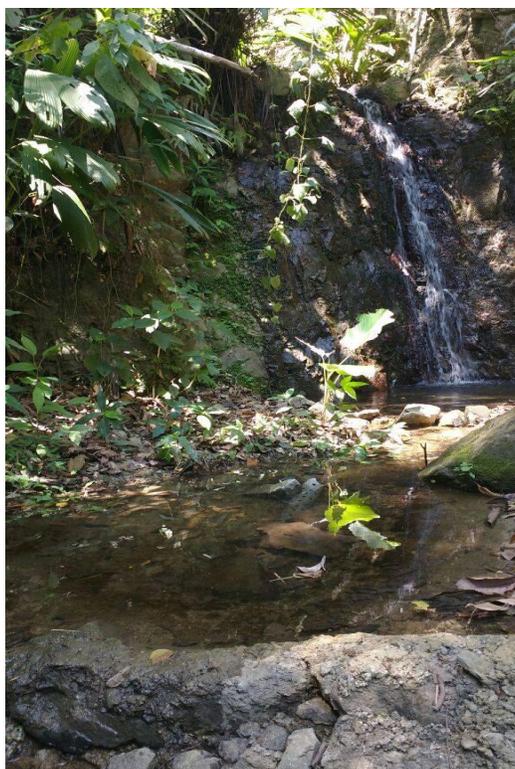


Figura 6. La quebrada las Marcelinas
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

La quebrada la Toma proviene de un nacimiento natural, que emana de la cordillera del sector llamado Cachiri, la cual se une con la quebrada las Marcelinas aguas abajo de esta, a una distancia de 40 m aproximadamente. La captación se hace por medio de toma de rejilla.

ACOSMI, respeta del cauce 1 L/s como caudal ecológico, el cual emplea un tubo de $1\frac{1}{2}$ ” de diámetro para devolver el agua a la quebrada, según lo indicado por el operario.

A lo largo de la quebrada la Toma, aguas abajo de la captación existe la presencia de 11 conexiones ilegales y tres (3) conexiones legales (Empresa Comunitaria de Acueducto Rio de Oro (EMCAR ESP), Acueducto Comunitario San Miguel I etapa (ACOSMI) y el señor Jesús Manosalva).



Figura 7. Rejilla
Fuente: Autoras del proyecto (2017)



Figura 8. Caudal Ecológico

Calculo del caudal de las quebradas La Marcelina y la Toma por medio del método flotador. En este aforo se utilizó un metro, tres bolas de ping pong, cronometro y cuatro estacas; para calcular el caudal de las quebradas se tomaron dos secciones, donde se midió el ancho de esta y se dividió equitativamente en cinco puntos de manera transversal, luego con la ayuda de un cronometro se tomaron cinco tiempos para mayor precisión.

Para la quebrada la Marcelina se obtuvieron los datos que se verán a continuación.

Tabla 12.

Aforo las Marcelinas

Datos aforo Las Marcelinas							
Ancho De la transversa l uno (cm)	Ancho De la transversal dos(cm)	Largo sección (cm)	Distancia Primera sección (cm)	Distancia segunda sección (cm)	Profundidad Primera sección (cm)	Profundidad segunda sección (cm)	Tiempo (S)
42	60	150	0	0	1	1,3	11,53
			8,4	12	2,5	5	12,29
			16,8	24	3,3	6,8	7,49
			25,2	36	3	7,5	7,08
			33,6	48	3,5	8,7	6,45
			42	60	0	9,5	
Caudal					2.54 L/s		

Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Así mismo para la quebrada la Toma se obtuvieron los datos que se verán a continuación.

Tabla 13.

Aforo la Toma

Datos aforo La Toma							
Ancho De la transversal uno (cm)	Ancho De la transversal dos(cm)	Largo sección (cm)	Distancia Primera sección (cm)	Distancia segunda sección (cm)	Profundidad Primera sección (cm)	Profundidad segunda sección (cm)	Tiempo (S)
133	96	450	0	0	0,8	0,5	23,05
			26,6	19,2	2	3,2	20,31
			53,2	38,4	5,2	2,5	17,42
			79,8	57,6	5,7	2,8	17,59
			106,4	76,8	5,1	4	20,44
			133	96	0	0	
Caudal					4,992 L/s		

Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Teniendo en cuenta el resultado de los aforos tomados en las quebradas, los cuales arrojaron un valor de 7 L/s y el resultado del caudal de entrada y salida de la planta de

tratamiento, el cual es aproximadamente de 4 L/s, se estima que ACOSMI respeta 3 l/s de agua, lo que corresponde al caudal ecológico.

Desarenador: actualmente este consta de tres (3) zonas:

Zona de entrada: lo conforma una rejilla de forma rectangular, el cual permite el paso del flujo del agua sin la presencia de sólidos de gran tamaño, mediante un canal construido en concreto ciclópeo, que lo dirige hacia la siguiente zona.



Figura 9. Zona de entrada
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Zona de salida: presenta una división, en la primera recibe el agua que proviene de la zona anterior, donde por la acción de la gravedad se sedimenta la arena y las demás partículas que no fueron removidas en la zona de entrada; la segunda parte contiene una válvula que es abierta para evacuar el exceso de arena – agua que contiene la primera parte, y esto se devuelve a la quebrada mediante un tubo de 4” de diámetro.



Figura 10. Zona de salida
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Déspués el agua proveniente de las Marcelinas llega por medio de un tubo de 2" de diámetro ubicado de manera superficial a una cámara colectora, donde se une con el agua que viene de la quebrada la Toma que maneja un tubo de 4" de diámetro.



Figura 11. Cámara colectora
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

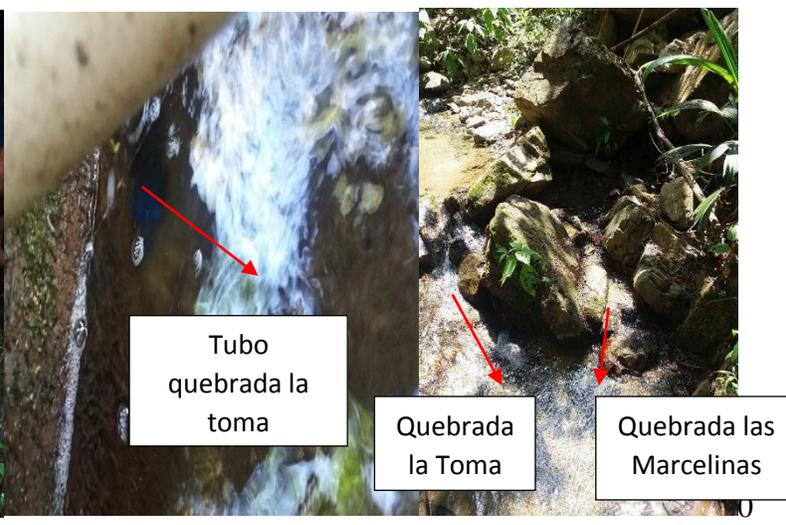


Figura 12. Unión de las quebradas
Fuente: Autoras del proyecto

Zona de lodos: se encuentra dividido en dos módulos y se encargan de sedimentar las micropartículas procedentes de las anteriores zonas; cuando se realiza el lavado, los lodos y el agua que contiene son drenados a la quebrada directamente mediante un tubo de 4" de diametro. En la parte interna del desarenador se encuentran paredes en posición vertical con orificios, llamadas pantallas deflectoras que cumplen la función de distribuir el flujo del agua uniformemente, los módulos del desarenador contienen una profundidad de agua aproximadamente de 40 cm.



Figura 13. Zona de lodos
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

La estructura del desarenador se encuentra dividido por partes y estan interconectados por medio de tubería de 4".

Línea de aducción: es la encargada de conducir el agua cruda que es recolectada en la captación hasta la planta de tratamiento, para alcanzar este objetivo se basa en un sistema de conducción, el cual se encuentra detallado de la siguiente manera:

Iniciando con una tubería de 4" de diámetro en PVC tendidas en los primeros 500 m, un segundo tramo de 1500 m en tubería de 3" diámetro y un último tramo de 500 m de 2" de diámetro aproximadamente, hasta llegar a la planta de tratamiento; cabe resaltar que dicha tubería es empleada de forma subterránea y superficial atendiendo a las necesidades de la pendiente del terreno, transportando un caudal promedio diario alrededor de 3 l/s en verano y 4.5 l/s en invierno, este, es monitoreado por un macromedidor el cual se encuentra ubicado a la entrada de la planta de tratamiento.



Figura 14. Línea de aducción
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Figura 15. Sistema de conducción
Fuente: Autoras del proyecto

Mezcla rápida: se presenta en un cono de mezcla, donde requiere un flujo constante de una cantidad suficiente de agua para que se pueda efectuar la mezcla rápida del agua cruda con el químico coagulante. Con la ayuda de una manguera $\frac{1}{4}$ " de diámetro conectada a un dosificador, ubicada aproximadamente a un metro de distancia de este, le es inyectado al agua sulfato de aluminio tipo B, el cual antes de ser adicionado es disuelto en un recipiente de fibra que tiene una capacidad de 200 L, donde, para el proceso de la mezcla solo se ocupan 180 L de agua, con

10 kilos de sulfato en estado sólido. Esta composición se conserva dependiendo de la turbiedad del agua; la determinación de la dosis del coagulante es aplicada al ojómetro debido a que la empresa no tiene en funcionamiento la prueba de jarras.

Coagulación: Este proceso inicia al final del cono de mezcla y se encuentra dividido en los dos (2) primeros compartimentos de la planta de tratamiento; donde los coloides presentes en el agua se desestabilizan y las partículas formadas son atraídas las unas a las otras, incrementando su tamaño.



Figura 16. Dosificador- cono de mezcla
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Floculación (mezcla lenta): en este proceso se encuentran partículas en suspensión debido a la coagulación anterior; por lo tanto el objetivo de este proceso, es la adhesión entre esas partículas provocadas por una agitación lenta, permitiendo la formación de floc y así facilitar su decantación en los procesos posteriores.

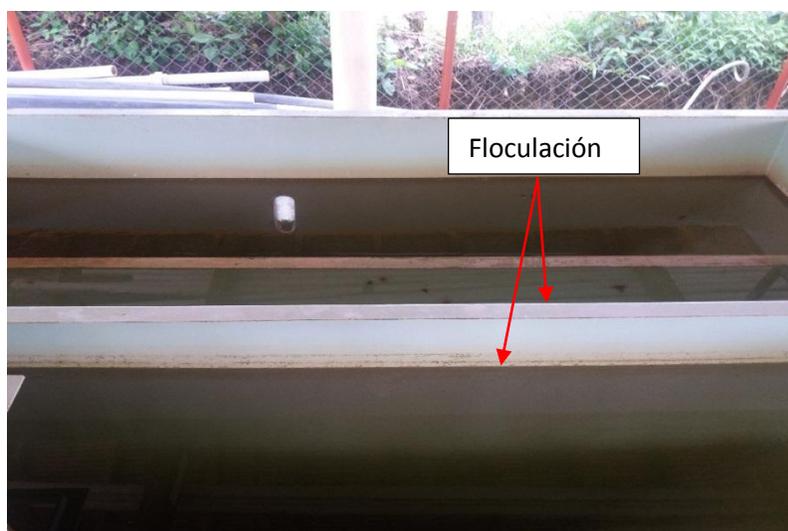


Figura 17. Floculación
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Sedimentación: en este proceso los sólidos presentes en el agua descenden con ayuda de la gravedad, al fondo, formando así lodos, haciendo que la turbiedad sea menos y el agua más transparente, este sedimentador tiene unos paneles en material de plástico (sedimentador de alta tasa) y en la parte superior cuenta con dos tubos debidamente perforados (flautas), de material PVC de diámetro de 3” que atraviesan de manera horizontal. Estas flautas son utilizadas, con el fin de generar una velocidad mínima y constante en todo el compartimento, es decir, quietud en el agua, logrando así un mejor resultado en el proceso.



Figura 18. Sedimentación
Fuente: autoras del proyecto (2017)

Filtración: este proceso se realiza por medio de dos filtros de tipo mixto que trabajan de manera independiente, compuesto por un material filtrante que lleva arena gruesa, grava y antracita, ubicado de forma ascendente.

La función principal de estos filtros es la de pulir el agua, eliminando los pequeños floculos que no fueron retenidos en el proceso anterior, obteniendo así, una mayor transparencia en el agua. El tanque donde se desarrolla este proceso se encuentra dividido en dos secciones (filtros), donde cada uno cuenta con un tubo de 4" de diámetro ubicado de manera horizontal y se encuentra cubierto con una malla de color verde, utilizada para proteger la pérdida de antracita.



Figura 19. Filtración

Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Desinfección: en este último proceso es utilizado hipoclorito de calcio por medio de una manguera de diámetro $\frac{1}{8}$ ", el cual es inyectado a uno de los dos tubos salientes de los filtros, los cuales tienen 4" diámetro.

Antes de adicionar esta substancia, se disuelve $1\frac{1}{2}$ Kg de hipoclorito granulado en un balde de pasta con 9,3 L de agua cruda, luego esta mezcla se envasa en un tanque de color negro en

material de pasta, que tiene una capacidad de 180 L, en el cual se adicionan solo 160 L de agua cruda.

Esta preparación permanece aproximadamente de dos a dos días y medio, esto según el consumo.

El cloro es aplicado con el objetivo de eliminar cualquier presencia de organismos patógenos y algas, logrando la mejora en la calidad del agua y garantizando que el preciado líquido sea apto para el consumo humano.

ACOSMI maneja estas concentraciones de hipoclorito con el fin de que el agua que llegue a sus usuarios tenga una cantidad de cloro residual libre de 0,3mg/l, según lo expresado por el operario.



Figura 20, Tanque de Mezcla Inyección de cloro Bomba dosificadora
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Análisis de evidencias encontradas en el proceso de desinfección. En datos tomados en campo se pudo evidenciar que el comportamiento del Cloro residual en el proceso de desinfección de la planta de tratamiento de agua potable del Acueducto comunitario del barrio San Miguel I etapa del municipio de Rio de oro, Cesar, el cual se realizó mediante un seguimiento al mismo, durante tres (3) días en la misma semana, localizados en diferentes puntos: uno a la salida de la planta y los dos restantes en los grifos de viviendas, para tal fin nos apoyamos de un kit medidor de Cloro y pH para piscinas.

El proceso consistió en agregar una cantidad de agua al comparador, adicionarle 3 gotas de Otto-Phenol y agitar hasta lograr que se mezclaran, en lo cual nos arrojó los siguientes resultados.



Figura 21. Kit medidor de Cloro y pH para piscinas
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Tabla 14.
Resultados obtenidos sobre el cloro residual libre

Cloro residual libre					
Puntos de seguimiento: salida de la planta- vivienda uno- vivienda dos					
20 de febrero 2017		22 de febrero 2017		24 de febrero 2017	
Valor	Explicación	valor	Explicación	valor	Explicación
<0,5	Para todos los puntos evaluados, tomando un color transparente, indicando bajas concentraciones de cloro en el agua.	<0,5	Para todos los puntos evaluados, el comparador indicó que el Cloro Residual libre está por debajo, lo que nos permite concluir que el agua contiene poca presencia de cloro.	0,5-1	En la salida de la planta el comparador nos arrojó 1 y en las viviendas nos indicó 0,5; esto puede deberse a que el operario a pocas horas de tomar la muestra había adicionado Cloro directamente al tanque de almacenamiento.

Fuente: autoras del proyecto (2017)

Salida de la planta



Grifo de vivienda 1



Grifo de vivienda 2

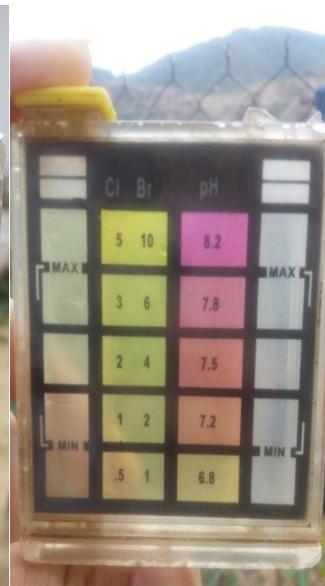


Figura 22. 20 de febrero

Fuente: Autoras del proyecto (2017)



Figura 23, Día 22 de febrero
Fuente: Autoras del proyecto (2017)



Figura 24, Día 24 de febrero
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Este seguimiento permite concluir que la presencia de cloro residual libre en el agua es muy baja, debido a que no se le está aplicando el cloro de forma continua y en las concentraciones correspondientes.

Almacenamiento: este sistema está compuesto por un tanque de almacenamiento que tiene una capacidad de 110000 L, construido en ladrillo. Este tanque es donde se realiza la mezcla de las aguas que provienen de los tubos de filtración, debido a que uno de estos no contiene cloro.



Figura 25. Tanque de almacenamiento
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Distribución: este es el último proceso del sistema de potabilización y es donde se realiza la distribución del agua potable a los diferentes usuarios, se realiza mediante una tubería de 4", 3" y en partes de 2" de diámetro y las conexiones domiciliarias son de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, este cuenta con un macromedidor de salida que le permite a los fontaneros llevar un control por hora de la cantidad de agua que sale de la planta de tratamiento.

Cabe resaltar que existe una zona de válvulas donde el operario de turno toma una pequeña muestra de una llave de color rojo, y con la ayuda de un comparador conocer la cantidad de pH y cloro que tiene el agua al salir.



Figura 26. . Macromedidor de salida Comparador Válvulas
 Fuente: Autoras del proyecto (2017)

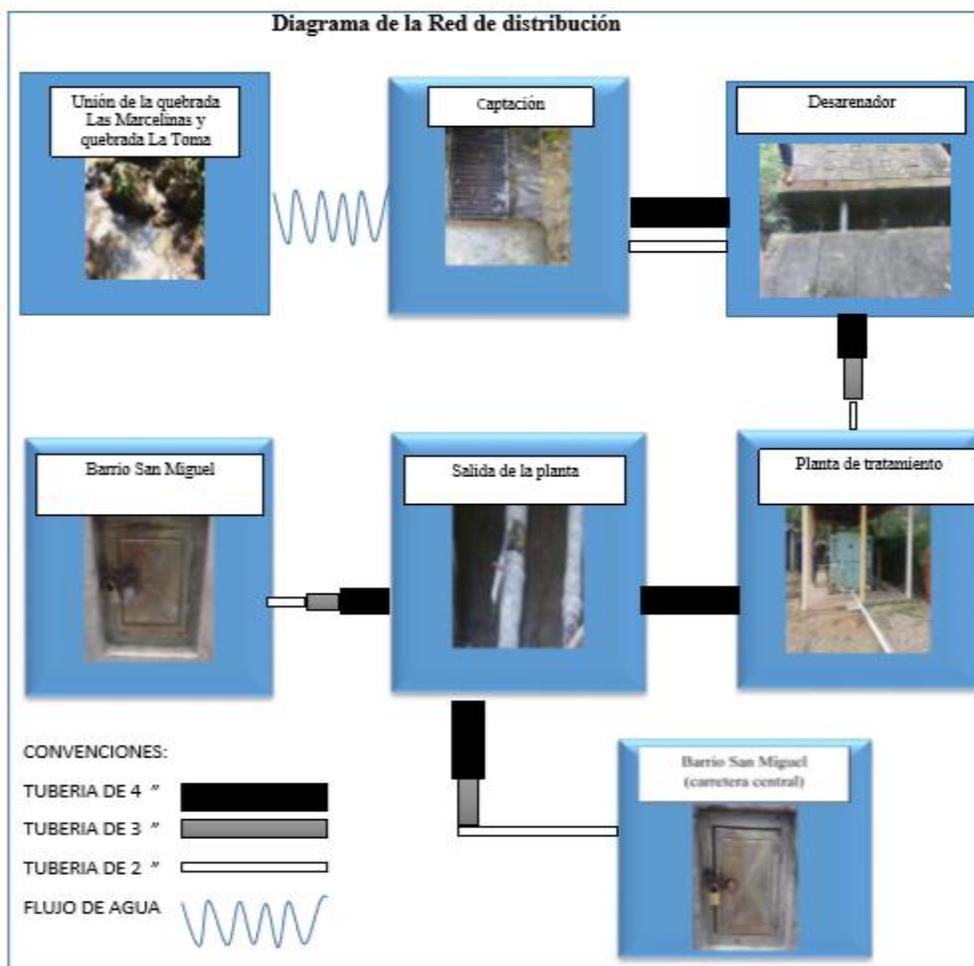


Figura 27. Diagrama de la red de distribución
 Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Seguimiento del caudal (Entrada y Salida de la planta de tratamiento) Este seguimiento se realizó con la ayuda de un cronometro, el cual se utilizó para calcular el tiempo que se demoraba en pasar un m^3 en el macro medidor, esto se hizo por tres días en la misma semana de forma alternada.

Tabla 15.
Caudal de macro- medidores entrada y salida

Caudal macromedidor de entrada y de salida							
Día 20 de febrero		Día 22 de febrero		Día 24 de febrero		Promedio caudal de entrada y de salida	
Caudal de entrada	Caudal de salida	Caudal de entrada	Caudal de salida	Caudal de entrada	Caudal de salida	Caudal de entrada	Caudal de salida
3,95 L/s	5,35 L/s	4,84 L/s	5,35 L/s	5,06 L/s	4,07 L/s	4,61 L/s	4,92 L/s

Nota: datos tomados en campo del caudal que entra y sale de la planta. **Fuente:** Autoras de proyecto (2017)

Como se puede notar el caudal varia, presentándose casos en los que este, supera de manera despreciable la capacidad de la planta, el cual es de 5 L/s, según los resultados expuestos en la tabla anterior, el caudal promedio de salida es mayor que el de entrada debido a que es la unión del agua captada más el agua que se encuentra almacenada y también porque el consumo del líquido por parte de los usuarios es mal alto.

Calculo del caudal de diseño. El RAS 2000 título A, aspectos generales de los sistemas de agua, indica los niveles de complejidad del sistema.

Tabla 16.
Nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	25001 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente: RAS 2000 título A, aspectos generales de los sistemas de agua

De acuerdo a la tabla 15, el sistema de complejidad que tiene ACOSMI es bajo ya que satisface una población de 453 usuarios.

Dotación neta máxima. La dotación neta máxima según la Resolución 2320 de 2009, corresponde a la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

Tabla 17.

Dotación neta

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frío o templado (L/hab/día)	Dotación neta máxima para poblaciones con clima cálido (L/hab/día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Resolución 2320 de 2009

De acuerdo con la resolución 2320 de 2009 aquellas poblaciones que presenten una altura superior a 1000 msnm, se consideran de clima frío o templado, para este caso, el municipio de Rio de oro tiene una altura de 1120 msnm y un nivel de complejidad bajo por lo que la dotación neta máxima correspondiente es de 90 L/hab/seg.

Dotación bruta. La dotación bruta es la resultante de la siguiente ecuación:

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

El RAS 2000, titulo B establece el porcentaje de pérdidas técnicas, para determinar la dotación bruta no debe ser superior al porcentaje de pérdidas establecido en la siguiente tabla.

Tabla 18.
Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas

Nivel de complejidad del sistema	Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta
Bajo	40%
Medio	30%
Medio Alto	25%
Alto	20%

Fuente: RAS 2000 título B, Sistemas de acueducto

Según la tabla 17, teniendo en cuenta que el nivel de complejidad es bajo, entonces el porcentaje máximo admisible de perdidas es del 40%.

$$d_{bruta} = \frac{90}{1 - 0,40} = 150L/hab/dia$$

Para el caso la dotación bruta que correspondiente es de 150 L/hab/día.

Caudal medio diario (Q_{md}). Es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada.

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

Entonces, se tiene que el caudal medio diario para ACOSMI entorno a la población, que es de 453 usuarios por un promedio según el DANE de 5 habitantes casa, lo cual nos arroja una población de 2265 habitantes y la dotación bruta es de 150 L/hab/día, esto dividido en 86400, dio como resultado 3,9 L/seg, resultado que se aproxima a las mediciones de los macro medidores de entrada y salida de la planta de tratamiento.

Caudal máximo diario (QMD). El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año.

$$QMD = Qmd \times k1$$

Para el cálculo del caudal máximo diario se requiere de un coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el Nivel de Complejidad del Sistema.

Tabla 19.

Coeficiente de consumo máximo diario

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio Alto	1.20
Alto	1.20

Fuente: RAS 2000 título B, Sistemas de acueducto.

Por ende el caudal máximo diario, teniendo en cuenta el caudal medio diario y la constante indicada de acuerdo al nivel de complejidad, es de 5,07 L/s.

Es importante resaltar que según el Ras 2000 título C, el caudal de diseño de la planta de tratamiento debe ser el caudal máximo diario cuando se cuente con almacenamiento, o en su defecto el caudal máximo horario.

Es decir que ACOSMI por contar con almacenamiento debe manejar el caudal máximo diario, el cual para el caso es inferior al que debería estar manejando, lo cual puede generar dificultades en la continuidad de la prestación del servicio.

Caudal máximo horario. El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio.

Este se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD \cdot k2$$

Para el respectivo cálculo es necesario la implementación de la constante k2, valores que se encuentran consignados en la siguiente tabla.

Tabla 20,
Coefficiente de consumo máximo horario, k2, según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución.

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio Alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

Fuente: RAS 2000 título B, Sistemas de acueducto.

Para el cálculo del caudal máximo horario se tiene en cuenta el caudal máximo diario, el cual es de 5,07 L/s, por la constante que para el caso por ser un nivel bajo de complejidad es de 1,60, lo cual arrojo como resultado 8,112 L/s.

Capacidad del Tanque de almacenamiento. Según el RAS 2000, en su título B hace mención que para el nivel bajo de complejidad, si no existen datos que describan las curvas de variación del consumo horario, el volumen almacenado será igual a 1/3 del volumen distribuido

a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo, garantizando en todo momento las presiones adecuadas; para este caso el caudal distribuido es de 4,92 L/s el cual según el resultado de la siguiente ecuación muestra que la capacidad del tanque debería ser de 141,696 m³, para el caudal que viene manejando; si tuviese en cuenta el caudal máximo diario que es de 5,07 L/s la capacidad del tanque debería ser de 146,016 m³; debido a que la capacidad del tanque actual de almacenamiento del sistema es de 110000 m³ y según los cálculos obtenidos para el caudal distribuido de 4,92 L/s la capacidad del tanque debería ser de 141,696 m³, esto indica que la capacidad actual del tanque de almacenamiento es menor a la requerida y debe ampliarse para así ofrecer el servicio de forma continua y eficiente.

$$4,92 \frac{l}{s} \left(\frac{1 m^3}{1000l} \right) \left(\frac{86400s}{1dia} \right) 1dia = 425,088m^3$$

$$\frac{1}{3} \text{ De } 425,088 m^3 = 141,696 m^3$$

Sistema de lavado de la planta: toda la planta de tratamiento es lavada con agua cruda y el tanque de almacenamiento con agua potable, cada 8 meses. El agua residual en conjunto con los lodos formados en la sedimentación, procedentes del lavado de la planta, son vertidos al caño los Pitones y de allí son drenados al río Río de oro; es importante mencionar que el agua que resulta de la limpieza del tanque de almacenamiento es conducida hasta el sistema de alcantarillado del municipio.

La limpieza de los filtros se realiza mediante un retrolavado cada 24 horas con agua potable, con la ayuda de una bomba eléctrica de 2 HP, que se encarga de impulsar el agua hacia estos.

Proceso que realiza la empresa Acosmi para garantizar la calidad del agua. La empresa ACOSMI es vigilada por la Súper Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y por la Corporación Autónoma Regional del Cesar, con el propósito de vigilar y controlar que el agua que ofrecen a la comunidad esté en condiciones óptimas para el consumo humano; y la empresa para responder a esta exigencia realiza mensualmente la toma de muestras en los seis (6) puntos estratégicos, establecidos por la Persona Prestadora y la Autoridad Sanitaria.

- Punto 1: Quebrada las Marcelinas
- Punto 2: Quebrada la Toma
- Punto 3: salida de la planta de tratamiento agregada
- Punto 4: Barrio San Miguel I etapa, pasos abajo de la planta de tratamiento
- Punto 5: Barrio San Miguel I etapa
- Punto 6: Barrio san miguel I etapa, Carretera central

Cabe resaltar que siempre se envían dos muestras, en cuanto a lo referente al agua potable, varía en el punto de muestreo y en cuanto al agua cruda se hace de forma alternada por quebrada.

Estas muestras son tomadas por el fontanero de turno, para luego ser llevadas al laboratorio ambiental y de alimentos Nancy Flórez García S.A.S., el cual está certificado, siguiendo las indicaciones exigidas por la Secretaria de Salud, dicho laboratorio se encuentra ubicado en la ciudad de Valledupar. En relación a la cadena de custodia la empresa por lo general acuerda con el conductor de un vehículo de la empresa de transportes Hacaritama para que traslade las muestras al laboratorio antes mencionado y para verificar la entrega eficiente de éstas se confirma mediante llamadas telefónicas.

Fase 3: Evaluación por comparación entre la planta de tratamiento de agua potable y el reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS 2000 TITULOS B Sistemas de acueducto y C Sistemas de potabilización.

Tabla 21.

Evaluación por comparación entre la planta de tratamiento de agua potable con respecto a lo exigido por el RAS 2000.

Infraestructura existente en la bocatoma	RAS 2000 títulos B y C
<p>1.Captación:</p> <p>1 Captación las Marcelinas</p>  <p>Material: tubo PVC Diámetro: 2” Tipo de captación: perforado artesanal)</p> <p>2 Captación Toma</p> 	<p>1.Captación:</p> <p>1.1 captación las Marcelinas: es un tipo de captación muy artesanal la cual no cumple con ninguna de las indicadas por el RAS 2000 título B, sistemas de acueducto.</p> <p>1.2 captación la toma: Tipo de captación: captación de rejilla. Forma: Rectangular, la cual es la más común. Ubicación de la captación: esta se debe ubicar en el tramo recto del río. Obra siguiente a la captación: se debe disponer la instalación de un Desarenador a continuación de la obra de captación. Material: La rejilla será de hierro fundido Aspectos particulares de las captaciones de rejilla. En caso de que la obra de captación</p>

Tabla 21. (Continuación)

<p>Material: Hierro Tipo de captación: Toma lateral de rejilla proyectada en sentido transversal Ubicación de la captación: tramo recto de la quebrada. Obra siguiente a la captación: Desarenador</p>	<p>involucre una toma de rejilla deben cumplirse los siguientes requisitos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La toma de rejilla debe ser un pequeño muro transversal a la corriente, con una rejilla superior de captación que permita el ingreso de aguas y limite la entrada de los materiales sólidos. 2. La bocatoma debe estar constituida por los siguientes elementos: <ol style="list-style-type: none"> a) Una rejilla de captación dispuesta transversalmente a la dirección de corriente. b) Un canal de captación. c) Una tubería o canal de conducción. d) Una compuerta que permita la regulación de caudales. e) Una cámara desarenadora. 3. El agua del río será captada a través de la rejilla y conducida por gravedad a lo largo del canal de captación, en cuyo tramo final debe colocarse una compuerta que permitirá la regulación de caudales hacia la tubería o el canal de conducción, y descargar luego las aguas en el desarenador. Desde allí continúa la aducción hasta la planta de tratamiento.
<p>La obra de captación cuenta con :</p> <p>con un muro transversal a la corriente, con una rejilla superior de captación. Una rejilla de captación dispuesta en sentido transversal a la corriente. Tiene un canal de captación Una tubería de conducción Una cámara desarenadora El agua captada es conducida por gravedad a lo largo del canal de captación.</p>	
<p>La obra de captación no cuenta con:</p> <p>Una compuerta que permita la regulación del caudal.</p>	

Tabla 21. (Continuación)

1.3 Rejilla**Dimensiones****Largo: 70cm****Alto: 40.5cm****Diámetro de las varillas:****Varilla de $1\frac{1}{2}$ "****Varilla de $\frac{3}{8}$ "****Inclinación:**

La rejilla debe estar inclinada entre 10% y 20% hacia la dirección aguas abajo.

**Separación entre barrotes:
10 mm**

Tipo de transporte de grava: fina

Nivel de complejidad: Bajo

Caudal: la empresa monitorea el caudal por hora, mediante macro medidores a la entrada y salida de la planta; pero en las estructuras de toma no se realiza ningún seguimiento al caudal.

1.4 Desarenador**1.3 Rejilla:**

El elemento base del diseño es la rejilla de captación, la cual debe ser proyectada con barras transversales o paralelas a la dirección de la corriente.

Separación entre barrotes:

20 mm y 40 mm

Tipo de transporte de grava: fina

Para los niveles bajo y medio de complejidad, no se requiere verificar el coeficiente de pérdidas a través de las rejillas.

Caudal

Una vez que el proyecto se encuentre en operación, y durante todo el período de vida útil del proyecto, deben verificarse los caudales teniendo en cuenta los siguientes requisitos:

1. Para el nivel bajo de complejidad, no se requiere hacer mediciones de caudal en las estructuras de toma.

1.4 Desarenador

Siempre sea necesario debe instalarse un desarenador en el primer tramo de la aducción, lo más cercano posible a la obra de captación del agua.

Preferiblemente debe existir un Desarenador con dos módulos que operen de forma independiente.

Tipo de Desarenador :

Desarenadoras con remoción manual.

control de sedimentos:

Con el fin de mantener un control efectivo

Tabla 21. (Continuación)



Cuenta con un desarenador cercano a la obra de captación.

Cuenta con un desarenador con dos módulos.

Medidas:

Parte 1

Largo: 1.63 m

Ancho: 1.70 m

Profundidad: 75cm

Profundidad: 1.39m

Parte 2

Largo: 2.99 m

Ancho: 1.43m



Distancia entre compartimentos: 60 cm



Dimensiones de las tapas:

Largo: 111 cm

Ancho: 25 cm

Dimensión del canal:



Ancho: 29cm

Alto: 33cm

Los sedimentos procedentes del desarenador retornan a la quebrada.

2. aducción:

La aducción se realiza a presión y de tipo gravedad.

Este presenta en algunos puntos de la red pérdidas o fugas.

Estas líneas de aducción son de fácil acceso.

sobre los sedimentos que entran a las estructuras de captación, deben considerarse los siguientes requisitos:

1. Para los niveles bajo y medio de complejidad, debe mantenerse control sobre la disposición de los sedimentos retenidos por el desarenador. Los sedimentos deben retornar al río o a la fuente aguas abajo de las estructuras de captación. En caso de que esto no sea factible los sedimentos deben depositarse en zonas adecuadas previamente.

2. aducción:

Las conducciones deben ser cerradas y a presión.

Pueden utilizarse los siguientes dos tipos de aducciones: aducción a superficie libre (canales) o aducción a presión (ya sea por bombeo o por gravedad).

Facilidad de acceso

En todos los casos, los conductos deben tener facilidad de acceso de equipos de

Tabla 21. (Continuación)

<p>Tubería de aducción: La tubería de la aducción es en material de PVC (polivinilo de cloruro)</p>	<p>mantenimiento a lo largo de su trazado. En los casos en que no existan caminos o carreteras paralelos a las zonas del trazado, deben construirse vías de acceso, tomando la precaución de que su trazado se encuentre habilitado para el paso de vehículos durante todo el período de de la aducción.</p>
<p>Diámetros de la tubería: La tubería de aducción es de 4” y va disminuyendo a 3” hasta llegar a la planta con 2” de diámetro.</p>	<p>Tubería de aducción: (PVC) presenta las siguientes características.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inerte a la corrosión • Liviana y de fácil manejo. • Buena resistencia a cargas externas • Temperatura máxima de trabajo 50°C • Baja resistencia a la flexión • Fácil de perforar para incorporar acometidas • Se degrada cuando está expuesta a los rayos solares. <p>Diámetros mínimos de la tubería: Para la selección del diámetro de la tubería deben analizarse las presiones de trabajo, las velocidades del flujo y las longitudes de la línea de aducción. Si la conducción se hace a superficie libre, el diámetro interior nominal mínimo que debe utilizarse es de 100 mm (4 pulgadas). Si la tubería trabaja a presión, el diámetro nominal mínimo que debe utilizarse es de 50 mm (2 pulgadas).</p>
<p>Infraestructura existente en la Planta de tratamiento 3. Mezcla rápida (Cono de mezcla)</p>	<p>Procesos dentro de la planta</p> <p>3. mezcla rápida (cono de mezcla): Entre las unidades hidráulicas de mezcla rápida que pueden usarse se encuentran el resalto hidráulico, los vertederos, los mezcladores estáticos y los difusores; entre las unidades mecánicas de mezcla rápida que pueden emplearse se encuentran los mezcladores mecánicos. Para los niveles bajo y medio de complejidad, en lo posible, no se</p>

Tabla 21. (Continuación)



Diámetro : 64.9 cm
Largo del cono: 88 cm
Tubo del cono de mezcla



Diámetro: 4"
Altura: 60 cm

Este es un mezclador de tipo hidraulico
Dosificación: esta se realiza por medio
de una bomba dosificadora diafragma
que impulsa el coagulante hasta el cono
de mezcla.

4. Coagulación: dividido en dos
compartimentos.

El coagulante utilizado es el sulfato de
aluminio.

Interno



A

Ancho: 36 cm

Largo: 2.55 m

Espacio sin agua: 19.5 cm

B

Ancho: 51.3 cm

Largo: 2.55 m

Externo

recomienda el empleo de mezcladores mecánicos sino hidráulicos.

Dosificadores en solución

Deben usarse para dosificar por vía húmeda o para dosificar líquidos. Pueden ser de dos tipos: por bombeo y por gravedad.

Sistemas por bombeo

Se pueden emplear las bombas de pistón y de diafragma. La bomba dosificadora de pistón es muy precisa, pero debe emplearse con precaución en el caso de productos abrasivos o muy corrosivos. La bomba dosificadora de diafragma es accionada hidráulicamente, debe utilizarse para líquidos corrosivos, tóxicos, abrasivos, viscosos; puede estar provista de membrana simple o doble.

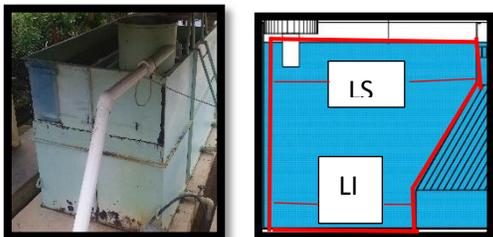
4. Coagulación:

Coagulantes

Los coagulantes que pueden emplearse son los coagulantes metálicos y los polímeros orgánicos e inorgánicos.

Coagulantes metálicos. Pueden ser de tres tipos: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios, como el carbonato de magnesio. Los coagulantes con sales de aluminio son: el sulfato de aluminio, sulfato de aluminio amoniacal y aluminato de sodio.

Tabla 21. (Continuación)



Largo superior: 2.55 m

Largo inferior: 1.82 m

Altura: 1.87 m

5. floculación (mezcla lenta)

Interno



A
Ancho: 45cm

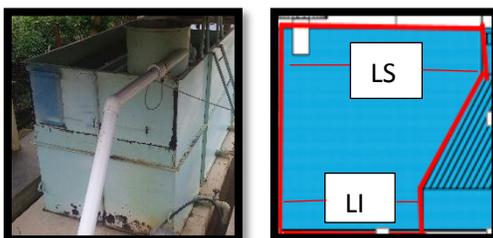
Largo: 2.55 m

Espacio sin agua: 19.5 cm

B
Ancho: 43.9cm

Largo: 2.55 m

Externo



Largo superior: 2.55 m

Largo inferior: 1.82 m

Altura: 1.87 m

El floculador es hidraulico, de flujo

5. floculación (mezcla lenta)

En el nivel bajo de complejidad del sistema, se deben evitar en lo posible los floculadores mecánicos.

Floculador hidráulico

Para la agitación de la masa líquida, los floculadores hidráulicos derivan su energía de la carga de velocidad que el flujo adquiere al escurrir por un conducto. Una correcta operación en un floculador hidráulico requiere la siguiente condición:

Debe verificarse que la dosificación y la mezcla rápida estén operando satisfactoriamente.

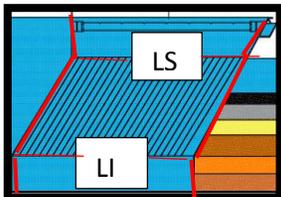
Floculador de flujo vertical: En el floculador de flujo vertical el agua debe fluir por encima y por debajo de las pantallas que dividen el tanque. La unidad puede tener una profundidad de 2 m a 5 m, debe dejarse una abertura en la base de cada pantalla con un área equivalente al 5% del área horizontal del compartimiento, para prevenir la acumulación de lodos.

6. sedimentación:

Para los niveles bajo y medio de

Tabla 21. (Continuación)

vertical.

6. sedimentación:**Interno****Flautas sumergidas con orificios:****Material:** PVC**Diámetro:** 3"**Ancho:** 1.80 m**Longitud de las flautas:** 2.16 m**Distancia entre orificios:** 25.4 cm**Distancia del panel al agua:** 29 cm**Distancia del panel al borde:** 53 cm**Presencia de un solo sedimentador el tanque es rectangular provisto de módulos de tubos hexagonales.****Tipo de sedimentador:** sedimentador de alta tasa.**Externo****Largo superior:**

2.34 m

Largo inferior: 2.21 m**Altura:** 1.87 m

complejidad se acepta el empleo del sedimentador de flujo horizontal o de alta tasa, no se acepta para ningún caso los sedimentadores de manto de lodos de suspensión mecánica o hidráulica.

El agua sedimentada puede recolectarse mediante un sistema de tubos perforados sumergidos, o vertederos no ahogados, organizados de modo que garanticen un caudal uniforme a lo largo de estos. La proporción de desborde del flujo sobre el vertedero debe ser de 6 a 12 m³/h por metro lineal.

El nivel máximo del agua en el interior de la canaleta debe estar a una distancia mínima de 0.10 m abajo del borde libre de la canaleta. No deben emplearse canaletas lisas, todas deben ser dentadas o con orificio.

Sedimentador de alta tasa

El tanque debe estar provisto de módulos de tubos circulares, cuadrados, hexagonales, octogonales, de placas planas paralelas, de placas onduladas o de otras formas, que deben colocarse inclinadas de modo que el agua ascienda por las celdas con flujo laminar. El diseño debe ser flexible para facilitar el retiro o el cambio de placas.

7. filtración**Filtración rápida- convencional****Filtración rápida**

Debe filtrarse agua previamente tratada (coagulación y/o floculación con o sin sedimentación o flotación) para lograr la

Tabla 21. (Continuación)

7. Filtración

Interno



Filtro 1
2

Ancho: 87.5 cm
cm

Largo: 1.10 m
m

Debido a la inclinación del segundo
filtro:

Espacio sin agua:

Filtro 1: 41 cm
cm

Filtro 2: 58.5

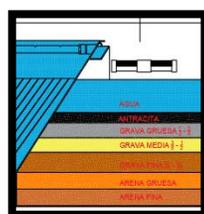
Material filtrante: arena-grava-
antracita

Filtro

Ancho:88.5

Largo: 1.10

Externo



Largo inferior: 2.4 m

Largo superior: 1.16 m

La Filtración es de tipo rápida -
convencional de manera descendente.

El lavado de los filtros se realiza de
manera ascendente, con agua potable.

Métodos de aplicación del agua de
lavado:

Por medio de una bomba que impulsa el
agua desde el tanque de almacenamiento
hasta los filtros.

remoción de las últimas partículas que no hayan sido retenidas por el sedimentador.

Filtración convencional

Debe utilizarse como pulimento final de los procesos de mezcla rápida, floculación y sedimentación. Generalmente se emplea cuando se ha realizado una coagulación de barrido.

Este proceso se puede realizar por filtración rápida o filtración lenta. La filtración rápida se divide en filtración ascendente y descendente. Puede filtrarse por gravedad o por presión, el lavado puede ser intermitente o continuo. También puede emplearse la filtración lenta sola o con diversas etapas de pre filtración.

Sistemas de lavado:

Flujo ascendente, flujo ascendente - lavado superficial, Lavado simultáneo con agua y aire, flujo ascendente y lavado subsuperficial.

El agua empleada en el lavado de los filtros debe ser agua potable y utilizarse en lo posible la mínima cantidad.

Métodos de aplicación del agua de lavado:

El flujo de agua de lavado puede provenir de:

Tanque elevado de lavado, este puede estar sobre una colina cercana (si la topografía lo permite), sobre estructuras metálicas o sobre el edificio de la misma planta.

Lavado con bomba. El filtro puede lavarse también por inyección directa con bombas de gran capacidad y baja presión. La planta de tratamiento debe contar con dos bombas por lo menos. El agua puede ser tomada del final del tanque de contacto con cloro o del tanque de distribución.

Lavado procedente de otras unidades de filtración.

8. Desinfección

No se recomienda el uso de cloro gaseoso en el nivel bajo de complejidad. Para este nivel se recomienda el empleo de compuestos en estado sólido o líquido,

Tabla 21. (Continuación)

8. Desinfección



Para el caso de ACOSMI se emplea hipoclorito de calcio, en estado sólido, luego este es diluido y es aplicado por medio de una bomba dosificadora a uno de los tubos que conectan al tanque de almacenamiento, donde se consume la mezcla del hipoclorito con el agua del tanque.

Diámetro manguera de inyección de cloro:

1,
8

Diámetro de la tubería desde es inyectado el cloro: 4"

9. almacenamiento



Capacidad de agua: 110000 m³
Ancho: 5.88 m

como: cal clorada, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio.

Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) Tiene la ventaja de ser más fácil su manipulación que el cloro gaseoso en pequeñas comunidades, tiene una alta solubilidad, de fácil transporte, no es tóxico a menos que sea ingerido, no requiere de equipos complejos para su dosificación. Este producto tiene un alto costo y sufre alteraciones una vez abierto el recipiente.

Concentración en cloro residual

La concentración de cloro residual libre en el sistema de distribución debe estar entre 0.2 mg/L y 1.0 mg/L, según lo fijado por el Decreto 475 de marzo 10 de 1998 del Ministerio de Salud o en su defecto, el que lo reemplace.

Punto de aplicación

El cloro debe aplicarse en un punto donde provea una mezcla óptima y asegure un máximo tiempo de contacto.

Tanque de contacto

Para los todos los niveles de complejidad se deben implementar los tanques de contacto. Estas unidades son de forma rectangular en cuyo interior debe contener pantallas de forma que permitan un flujo tipo pistón dentro de la unidad. Debe implementarse como mínimo dos unidades de desinfección.

El tanque de contacto debe diseñarse con tabiques de ida y regreso de tal manera que retenga el agua durante todo el tiempo de contacto, dado por las tablas antes de que el flujo pase al tanque de almacenamiento o a la red de distribución. El tanque de almacenamiento no se puede utilizar como tanque de contacto porque su nivel está variando constantemente y por tanto no siempre retiene el flujo durante el tiempo requerido para una buena desinfección.

10. Distribución

Para el nivel bajo de complejidad el diámetro mínimo es de 2,5 pulgadas, esto para la red matriz y el diámetro mínimo

Tabla 21. (Continuación)

Largo: 9.94 m

para la red menor es de 1.5 pulgadas.

10. Distribución**Diámetros de la tubería:****Sale de 4", se reduce a 3" y a las viviendas llega de 2".**

Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Etapa 4. Cálculos - análisis de los Índices de contaminación para determinar la calidad de la fuente hídrica abastecedora donde se tiene en cuenta los siguientes parámetros, para el ICA pH, turbiedad, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, aerobios mesofilos, ICOMI (conductividad, dureza, alcalinidad), ICOMO (DBO5, Coliformes totales, y porcentaje de saturación de oxígeno), ICOSUS (sólidos suspendidos), y para el cálculo – análisis del IRCA se contempla los siguientes parámetros: pH, turbiedad, color, cloro residual libre, Coliformes totales, Escherichia Coli (Coliformes fecales), nitritos, nitratos y aerobios mesofilos para la realización de las pruebas se tendrá en cuenta lo expuesto en Standard Methods for Water and Wastewater Examination.

Métodos y parámetros evaluados. A continuación se detallara acerca de cómo se obtuvo el Índice de Calidad del Agua (ICA) e Índices de Contaminación (ICOs).

Tabla 22.
Parámetros utilizados para evaluar los ICA e ICOs

Lugar: Acueducto Comunitario San Miguel I etapa (ACOSMI)		
	PUNTOS	
	Quebrada La Toma	Quebrada La Marcelinas
	Parámetros fisicoquímicos	
Conductividad µs /cm	192	239
Dureza mg/L CaCO₃	72	96
Alcalinidad mg/L CaCO₃	100	130
Oxígeno %	90%	92%
DBO5 mg/L	1,0	0,4
Sólidos suspendidos mg/L	40	40
	Parámetros microbiológicos	
Coliformes totales UFC/100 ml	2000	2000
Coliformes fecales UFC/100 ml	2000	2000

Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Cálculo del índice de calidad del agua (ICA) e Índices de contaminación (ICOs).

ICATEST se diseñó a partir de los resultados obtenidos de las investigaciones en valoración de la calidad del agua por el Grupo de Investigación en Recursos Naturales y con el apoyo del Grupo de Investigación de Ciencia Computacionales, este Software fue publicado por la Universidad de Pamplona y ha sido aprobado por diversas entidades como IDEAM, CORPONOR, ECOPETROL Regional Norte y EMPOPAMPLONA E.S.A.S.P., entre otras.

Para estos cálculos se empleó el software ICATEST V 1.0, “el cual es una herramienta computacional que facilita el cálculo de gran variedad y cantidad de índices de calidad del agua e índices de contaminación, los cuales se presentan discriminados por país y/o autor” (Fernandez *et al*, 2004,p.88).

Índice de calidad del agua (ICA). Aquí se puede apreciar el Índice de Calidad del Agua correspondiente a la quebrada La Toma y las Marcelinas, donde, con la ayuda del IDEAM se podrá calificar la calidad del agua, según su clasificación.

Tabla 23.
Resultdos ICA, Quebrada la Toma.

Resultados	
Valor del índice	13.637
Contacto primario:	0 – 25
Escala de color	●
Contacto secundario:	4,1 – 100
Escala de color:	●

Fuente: ICATest V 1.0

Tabla 24.
Resultdos ICA, Quebrada las Marcelinas.

Resultados	
Valor del índice	13.63
Contacto primario:	0 – 25
Escala de color	●
Contacto secundario:	4,1 – 100
Escala de color:	●

Fuente: ICATest V 1.0

Representaciones gráficas del valor de los Índices que tiene la quebrada la Toma y la Marcelina.

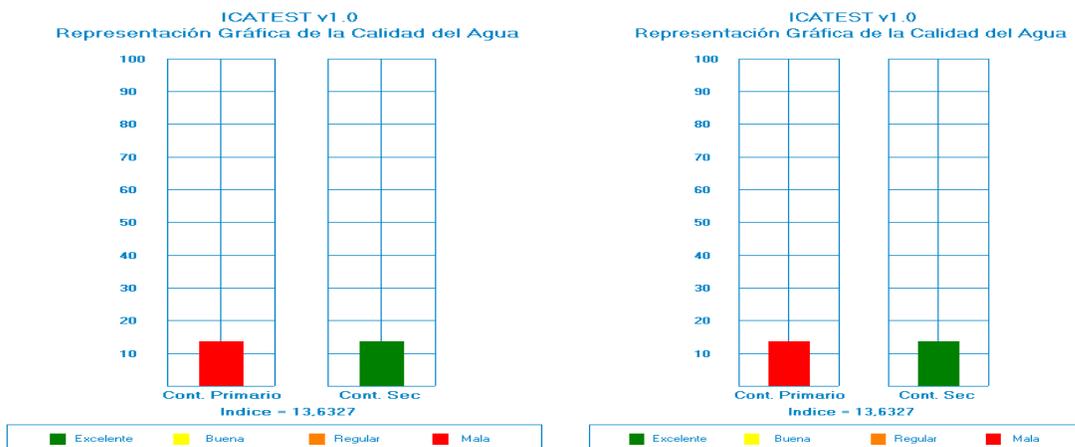


Figura 28. Graficos del ICA de las quebradas la Toma y las Marcelinas
Fuente: ICATest V 1.0

Según los resultados anteriores, se permite evaluar la calidad del agua que corre por la quebrada la Toma y las Marcelinas, a pesar de presentar un alto contenido de Coliformes fecales son posicionadas como fuentes hídricas excelentes, según el contenido secundario. Cabe resaltar que la presencia de materia fecal en las fuentes hídricas es algo normal, debido a la existencia de diferentes animales que defecan sobre estas aguas.

Índices de Contaminación (ICOs). El Índice de contaminación, está conformado por el Índice de Contaminación por mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) e Índice de Contaminación por Solidos Suspendidos (ICOSUS); los cuales indican el grado de contaminación que tiene una fuente hídrica.

Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI): Este índice está comprendido por tres variables que son conductividad, dureza y alcalinidad, a continuación se aprecian los resultados, tomados del ICATest V 1.0.

Tabla 25.
Resultados ICOMI, quebrada La Toma

	Resultados
Número de parámetros	3
Valor del índice	0,334
Grado de contaminación	Bajo
Rango	0,2- 0,4
Escala de color	Verde

Fuente: ICATest V 1.0

En la siguiente figura se puede observar el valor del índice y cada uno de los parámetros analizados.

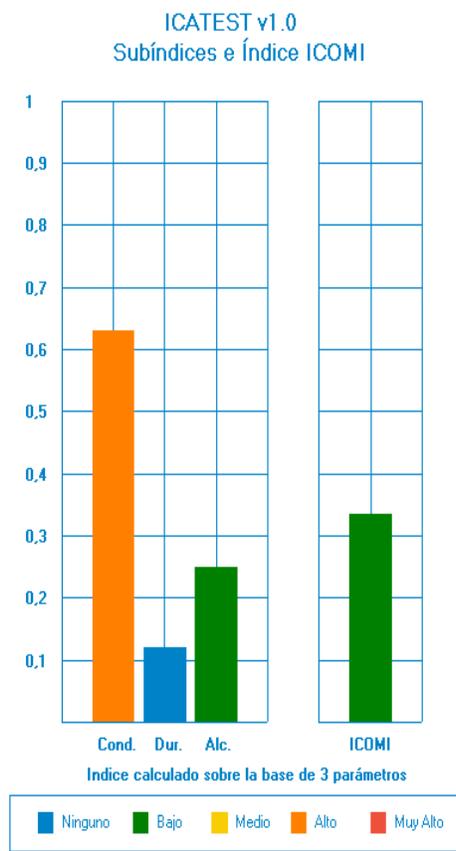


Figura 29. Grafico del ICOMI de la quebrada la Toma
Fuente: ICATest V 1.0

Según la tabla 24 y la figura 29 mostradas anteriormente, indican que la contaminación por mineralización es baja, esto teniendo en cuenta el promedio de variables evaluadas, las cuales son relativamente bajas, no presenta dureza, la alcalinidad es baja y no existe una gran cantidad de sólidos disueltos que afecten la mineralización del agua, a pesar de que la conductividad sobresale ante los demás parámetros. Ramirez *et al* (1997)

Tabla 26.
Resultados ICOMI, quebrada Las Marcelinas

Resultados	
Número de parámetros	3
Valor del índice	0,558
Grado de contaminación	Medio
Rango	0,4- 0,6
Escala de color	Amarillo

Fuente: ICATest V 1.0

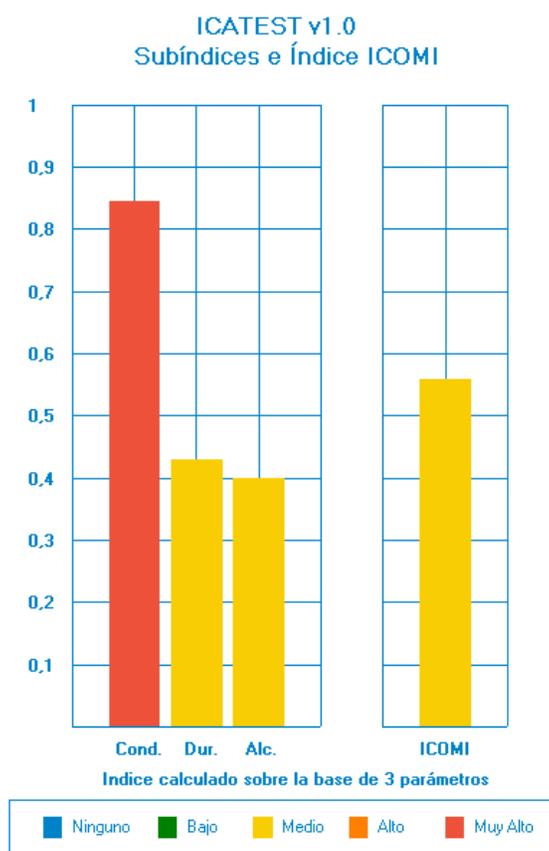


Figura 30. Grafico del ICOMI de la quebrada Las Marcelinas
Fuente: ICATest V 1.0

Según la tabla 25 y la figura 30 mostradas anteriormente, indican que la contaminación por mineralización es media, esto se debe a que la dureza, la alcalinidad son calificadas en un rango medio y a pesar de que la conductividad es calificada como muy alta, según (Torres D. P., 2008)

“este es el resultado de todos los solidos disueltos en el cuerpo de agua” (p.62). Teniendo en cuenta el promedio de las variables evaluadas la contaminacion por mineralizacion no es tanta, esto debido a de que no hay tantas fuentes de quimicos u otros que lo efecten de manera grave.

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO). Este índice está conformado por demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, a continuación se aprecian los resultados, tomados del ICATest V 1.0.

Tabla 27.
Resultados ICOMO, quebrada La Toma

Resultados	
Número de parámetros	3
Valor del índice	0,17
Grado de contaminación	Ninguno
Rango	0 - 0,2
Escala de color	Azul

Fuente: ICATest V 1.0

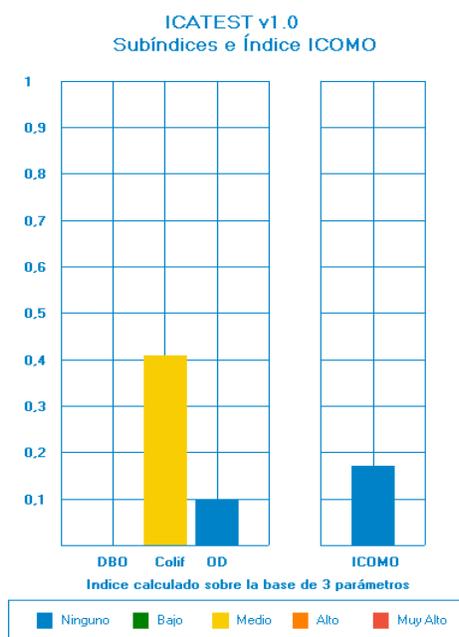


Figura 31. Grafico del ICOMO de la quebrada la Toma
Fuente: ICATest V 1.0

De acuerdo a los resultados observados en la tabla 26 y la figura 31 se puede apreciar que no hay contaminación por materia orgánica, debido a que no existe DBO y por ende el agua presenta oxígeno disuelto en condiciones óptimas, en cuanto a los coliformes totales su presencia no afecta de manera directa.

Tabla 28.

Resultados ICOMO, quebrada Las Marcelinas.

Resultados	
Número de parámetros	3
Valor del índice	0,163
Grado de contaminación	Ninguno
Rango	0 - 0,2
Escala de color	Azul

Fuente: ICATest V 1.0

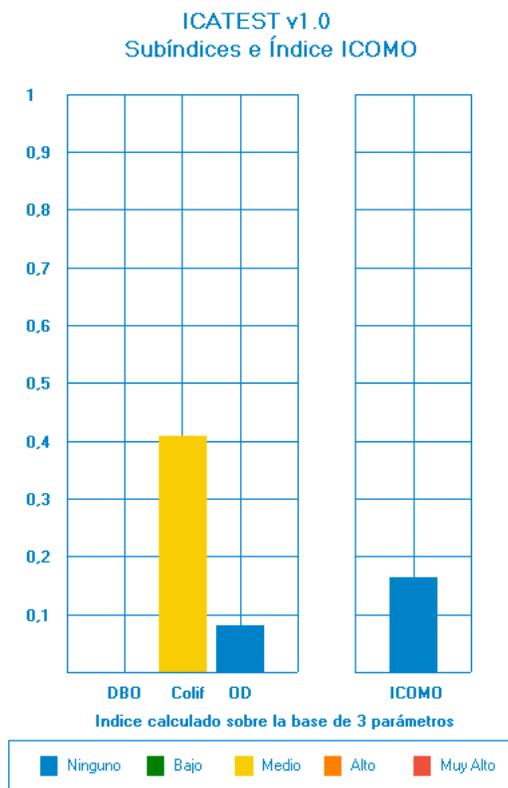


Figura 32. Grafico del ICOMO de la quebrada Las Marcelinas

Fuente: ICATest V 1.0

Según los resultados observados en la tabla 27 y la figura 32 se puede apreciar que no hay contaminación por materia orgánica, debido a que no hay presencia de DBO y por lo tanto el agua presenta oxígeno disuelto en condiciones aceptables, en cuanto a los coliformes totales su presencia no afecta de manera directa.

Índices de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS). Este índice se da por el análisis de la cantidad de sólidos suspendidos que se encuentren presentes en una fuente hídrica.

Tabla 29.
Resultados ICOSUS, quebrada La Toma.

Resultados	
Número de parámetros	1
Valor del índice	0,1
Clasificación	Ninguno
Rango	0 - 0,2
Escala de color	Azul

Fuente: ICATest V 1.0

Tabla 30.
Resultados ICOSUS, quebrada Las Marcelinas.

Resultados	
Número de parámetros	1
Valor del índice	0,1
Clasificación	Ninguno
Rango	0 - 0,2
Escala de color	Azul

Fuente: ICATest V 1.0

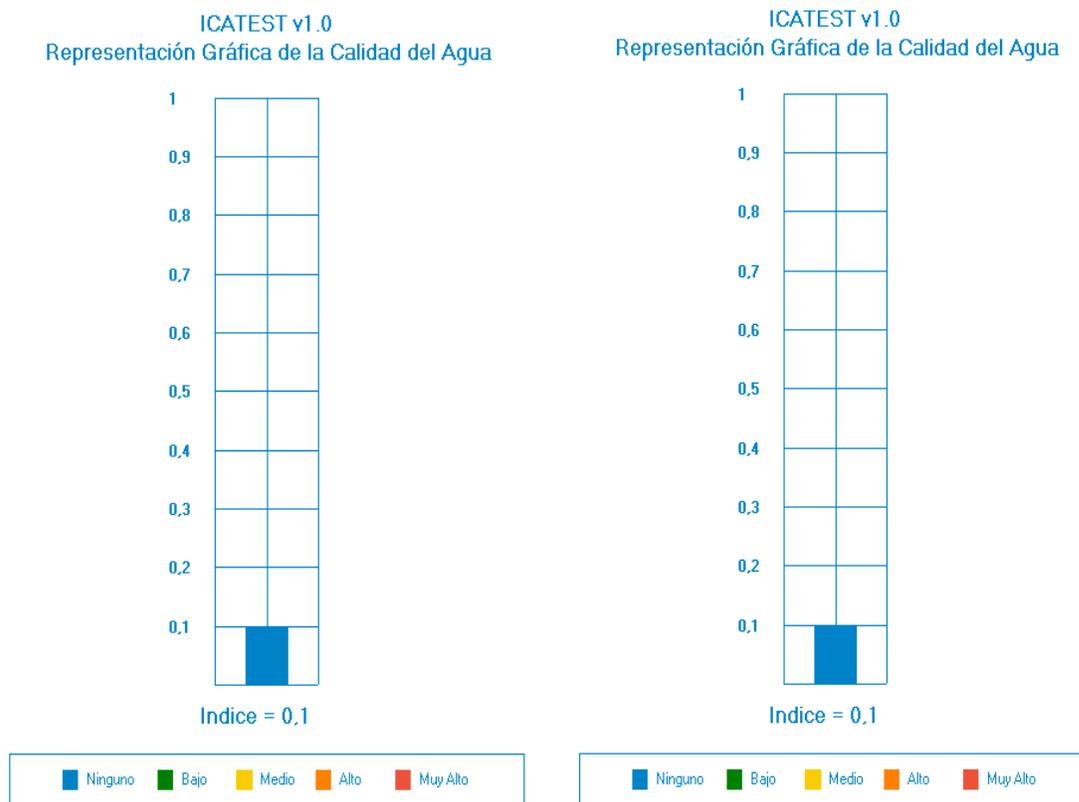


Figura 33. Grafico del ICOSUS de la quebrada La Toma y las Marcelinas
Fuente: ICATest V 1.0

En base a la tabla 28-29 y la grafica 33 nos indica que no hay solidos suspendidos, los cuales no obstruyen el paso de luz solar logrando que actividad fotosintetica funcione correctamente, generando que se encuentre diversidad biologica en el lugar (Torres D. P., 2008, pág. 62); a su vez permite un facil tratamiento del agua, evitando taponamientos en las estructuras hidraulicas de la planta, facil desinfeccion y filtracion.

Tabla 31.

Parámetros utilizados para evaluar el Índice de Riesgo de la Calidad Ambiental-IRCA

Lugar: Acueducto Comunitario San Miguel I etapa (ACOSMI)					
PUNTOS					
Salida de la planta		Barrio San Miguel		Barrio San Miguel (Carretera central)	
Parámetros fisicoquímicos					
pH	7,99	Ph	8,02	pH	8,04
Turbiedad NTU	1,8	Turbiedad NTU	2,2	Turbiedad NTU	2,1
Color UPtCo	2	Color UPtCo	0,0	Color UPtCo	0,0
Cloro residual libre mg/L	0,03	Cloro residual libre mg/L	0,0	Cloro residual libre mg/L	0,0
Nitritos mg/L	3,3	Nitritos mg/L	3,3	Nitritos mg/L	3,3
Nitratos mg/L	4,0	Nitratos mg/L	5,3	Nitratos mg/L	4,4
Parámetros microbiológicos					
Coliformes fecales UFC/100 ml	488	Coliformes fecales UFC/100 ml	>2000	Coliformes fecales UFC/100 ml	2000
Coliformes totales UFC/100 ml	488	Coliformes totales UFC/100 ml	>2000	Coliformes totales UFC/100 ml	2000

Nota: Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, para los tres puntos localizados desde la salida de la planta y en la red de distribución; los valores que aparecen en rojo no cumplen con la resolución 2115 de 2007.

Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Calculo del IRCA. Según la resolución 2115 de 2007 se considera que el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano se realizara utilizando la siguiente formula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntuajes de riesgo asignados a las características no aceptadas}}{\sum \text{puntuajes de riesgo asignadas a todas las características analizadas}}$$

Tabla 32.

Resultado IRCA por muestra

Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA)		
PUNTOS	IRCA POR MUESTRA %	NIVEL DE RIESGO
Salida de la planta	71,16	Alto
Barrio San Miguel	89,570	Inviabile sanitariamente
San Miguel (Carretera central)	89,570	Inviabile sanitariamente

Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Tabla 33.
Resultado Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA), mensual.

IRCA MENSUAL	
Valor % 83.43	Nivel de riesgo Inviabile sanitariamente

Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Según lo expuesto en la tabla # indica que el valor correspondiente al IRCA por muestra de cada punto tomado, el cual se evaluó según la Resolución 2115 de 2007, demuestra que a la salida de la planta se presenta un nivel de riesgo en la calidad del agua con una calificación Alta, dicha resolución señala que se debe informar a la persona prestadora, COVE, alcalde, gobernador y a la SSPD y lo concerniente a los demás puntos revela que el nivel del riesgo al que están expuestos es, INVIBLE SANITARIAMENTE por lo que el paso a seguir es informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, contraloría general y procuraduría general.

Para el caso del IRCA mensual, el resultado no fue distinto e indicó un nivel de riesgo INVIBLE SANITARIAMENTE según la resolución antes mencionada, donde es posible evidenciar que esta agua no es apta para el consumo humano, y se debe hacer gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.

El índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA), que se obtuvo se encuentra clasificado en un rango, que indica que es inviable sanitariamente, esto se debe a que los parámetros que no cumplen con la resolución 2115 de 2007 son los que presentan un nivel de riesgo más alto, según la misma.

Por lo que se concluye, que la población beneficiada por el Acueducto Comunitario San Miguel I etapa está consumiendo el líquido en una muy baja calidad, teniendo en cuenta que uno de los principales problemas detectados se presenta en el proceso de cloración, el cual no se realiza de manera permanente, sino a horas antes de la toma de muestras, lo que no permite que la desinfección del agua se realice correctamente.

Etapa 5. Comparación de los resultados obtenidos del análisis físico- químico y microbiológico realizado por los autores del proyecto con el último análisis suministrado por la empresa ACOSMI, en conjunto con la Resolución 2115 de 2007 para agua potable y el RAS 2000 título C de Sistemas de potabilización para agua cruda; esto con el fin de analizar las conformidades y no conformidades de la calidad del agua de consumo humano y de la fuente abastecedora.

Tabla 34.
Comparación de los resultados obtenidos de las diferentes fuentes.

Parámetro	Parámetros evaluados para el agua potable				Empresa ACOSMI
	Res 2115 de 2007	Autoras del proyecto			
		Salida de la planta	Barrio San Miguel	Barrio San Miguel (carretera central)	
Potencial de hidrogeno (pH)	6.5-9.0	7.99	8,02	8.04	7.87
Turbiedad (NTU)	2	1,8	2,2	2.1	<0,500
Color (UPC)	15	2	0,0	0,0	--
Cloro residual libre (mg/L)	0.3-2.0	0,03	0,0	0,0	0.32
Nitritos (mg/L)	0.1	3,3	3,3	3,3	--
Nitratos (mg/L)	10	4,0	5,3	4,4	--
Aerobios mesofilos (UFC/cm³)	100	>3600	>3600	3600	45
Coliformes totales (UFC/cm³)	0	448	>2000	2000	<1
Escherichia Coli (UFC/cm³)	0	448	>2000	2000	<1

Nota: Los parámetros que se encuentran en color rojo son los que no cumplen con la Resolución 2115 de 2007, esto para agua potable.

Fuente: Autoras del proyecto (2017).

Tabla 35.
Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución según el RAS 2000

Parámetro	Parámetros evaluados para el agua cruda				Autoras del proyecto	
	RAS 2000 – Calidad de la fuente				La Toma	Las Marcelinas
	Fuente aceptable	Fuente regular	Fuente deficiente	Fuente muy deficiente		
pH	6.0 – 8.5	5.0 -9.0	3.8 -10.5		8.06	7,95
Turbiedad (NTU)	<2	2 – 40	40 – 150 >=	150	2,62	0,47
Oxígeno disuelto (mg/L)	>=4	>=4	>=4	<4	9,5	9,6
DBO ₅ (mg/L)	1 – 3	3 – 4	4 – 6	>6	1,0	0,4
Coliformes totales NMP/100 MI	0 – 50	50 – 500	500 – 5000	>5000	2000	2000

Nota: para evaluar la calidad de la fuente se evaluara de acuerdo al código de color asignado, Siendo para la fuente aceptable un color azul, para la fuente regular el color amarillo, para la fuente deficiente el color verde y para la fuente muy deficiente el color rojo.

Fuente: autoras del proyecto (2017).

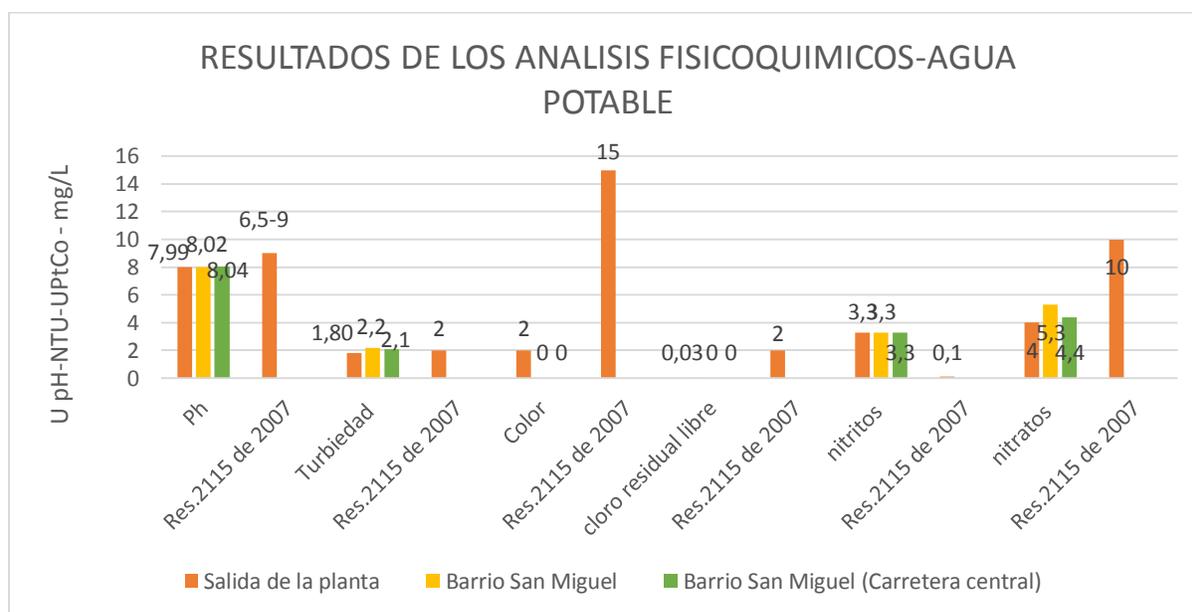


Figura 34. Resultados de los análisis fisicoquímicos para el agua potable.

Fuente: Autoras del proyecto (2017).

De acuerdo con la resolución 2115 de 2007, en lo que respecta a las características fisicoquímicas del agua potable, se muestra que el acueducto comunitario San Miguel I etapa

(ACOSMI) no cumple con algunos parámetros, tales como turbiedad, cloro residual libre y nitritos, en los tres puntos antes mencionados.

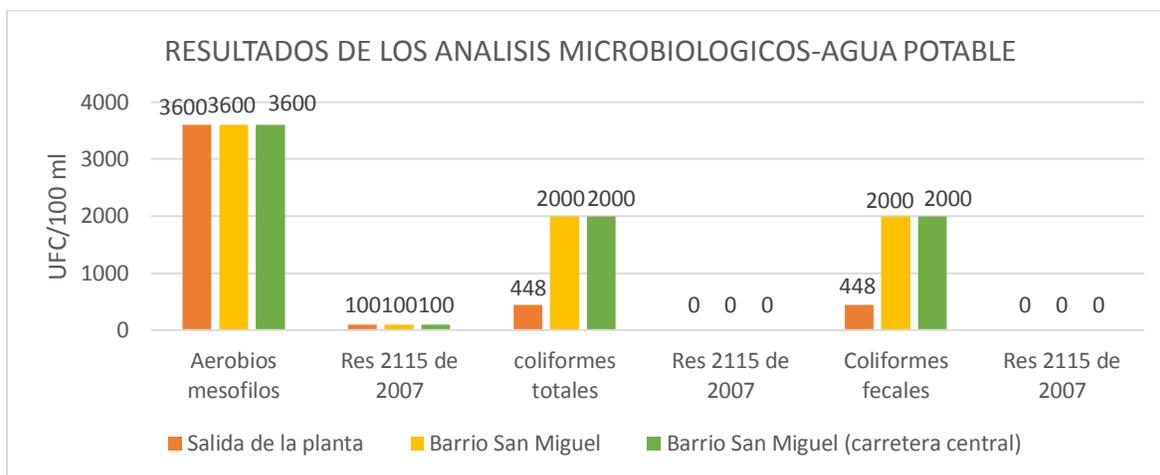


Figura 35. Resultados de los análisis microbiológicos-agua potable
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

De acuerdo con la resolución 2115 de 2007 como lo indica la figura 35, en lo que respecta a las características microbiológicas del agua potable, se muestra que el acueducto comunitario San Miguel I etapa (ACOSMI) no cumple con ninguno de los parámetros evaluados, tales como aerobios mesofilos, Coliformes totales y Coliformes fecales en los tres puntos antes mencionados.

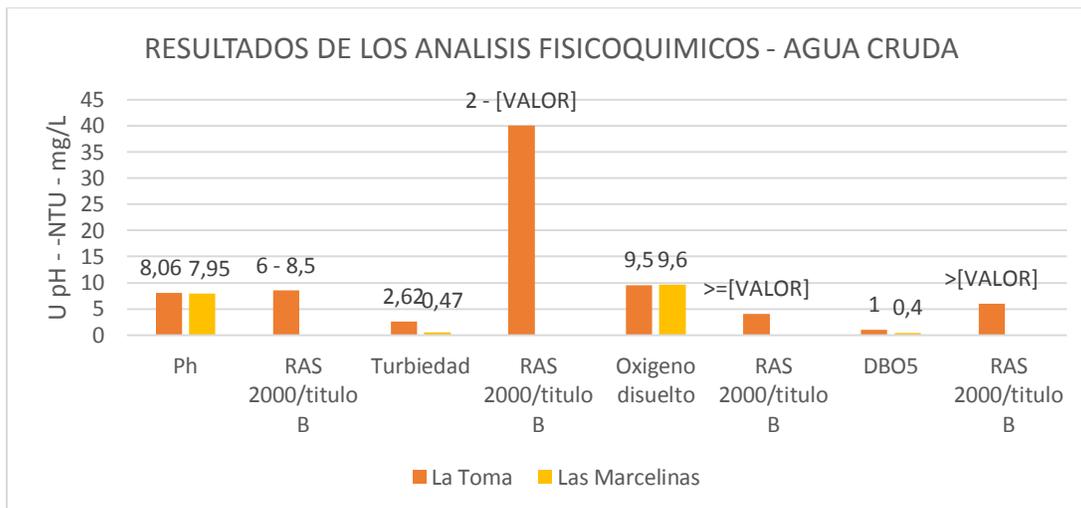


Figura 36. Resultados de los análisis fisicoquímicos para el agua cruda
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

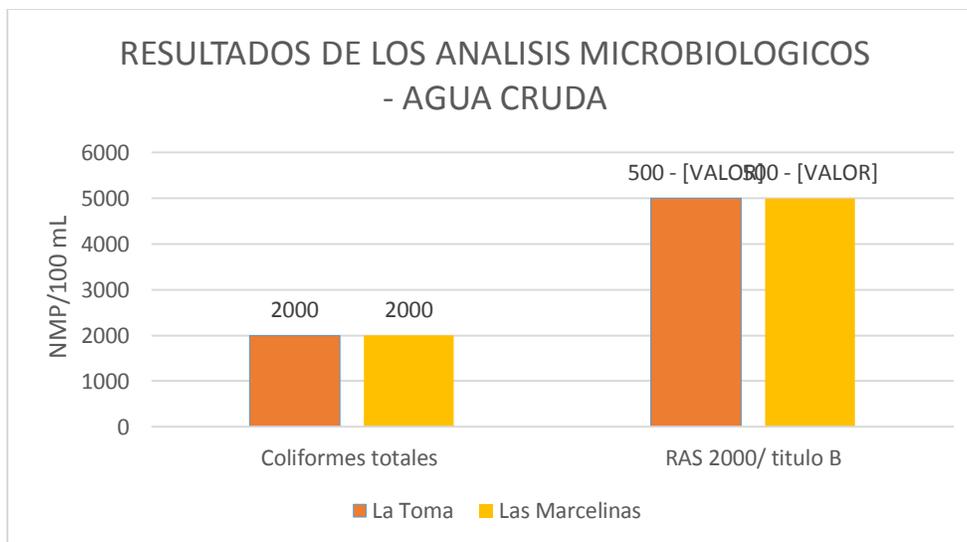


Figura 37. Resultados de los análisis microbiológicos para el agua cruda
Fuente: Autoras del proyecto (2017)

Según en la tabla 34 y la figura 36-37, se puede apreciar que de acuerdo al reglamento técnico RAS 2000, en su título B de sistemas de acueducto; en relación a la calidad de la fuente, las quebradas la Toma y las Marcelinas tienen una fuente aceptable debido a que el Ph, el oxígeno disuelto, DBO₅ y la turbiedad están en el límite permisible, cabe resaltar que aunque la turbiedad para la quebrada la Toma arroja un valor de 2,62 este se puede considerar aun admisible; por lo que se recomienda según el mismo, utilizar como proceso de tratamiento la desinfección + estabilización, con el fin de que el preciado líquido sea apto para el consumo humano.

Etap 6. Formulación de las alternativas de mejora para el sistema de tratamiento de agua para consumo humano suministrada por la empresa ACOSMI al barrio San miguel del municipio de Rio de oro- Cesar ; para el desarrollo de esta etapa se tuvo que conocer los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y microbiológico tanto de la fuente hídrica, como del sistema de potabilización, la caracterización del funcionamiento y operación de la Planta de

tratamiento de la empresa para la generación de una matriz DOFA (debilidad, oportunidad, fortaleza y amenaza) que permita identificar las alternativas de mejora del sistema de tratamiento.

Alternativas de mejora para el sistema de acueducto y tratamiento

Tabla 36.
Matriz DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
Mal estado en la línea de aducción	Reemplazo de tuberías en la línea de aducción	Existen 3 operarios, los cuales trabajan de forma alternada.	Presencia de fugas y contaminación en el agua.
Los operarios de la planta carecen de certificación.	Capacitaciones a los operarios por parte de entidades nacionales.	El funcionamiento de la planta es de forma continua (24 horas).	Deficiencia en la aplicación y manipulación de las sustancias empleadas.
La cantidad necesaria de cloro no se aplica de manera constante.	Seguimiento y control a la aplicación del cloro.	La prestación del servicio de agua potable es constante.	Afectación a la salud de los usuarios.
El lugar donde se mezcla el cloro con el agua no es el adecuado (tanque de almacenamiento).	Construcción de un tanque de contacto que permita la mezcla idónea del cloro con el agua.	Cuenta con una oficina para el servicio a los usuarios.	Poca probabilidad de que el cloro elimine de manera eficiente los microorganismos presentes en el agua.
Falta de utilización de dotación básica para el cálculo de Ph, cloro y turbiedad.	Implementación de dotación básica.	La calidad de las fuentes hídricas es aceptable para su tratamiento.	Aplicación sin control de cloro y sulfato
La ubicación de la flauta es incorrecta. (No debe estar ahogada).		Los operarios implementan los elementos de protección personal.	Disminuye la efectividad del proceso.
No implementación del programa de uso y ahorro eficiente del agua.	Implementar el programa de uso y ahorro eficiente del agua, ya existente	La empresa ofrece a los trabajadores los instrumentos básicos de primeros auxilios.	Falta de conciencia en el ahorro del agua por parte de los usuarios.

NOTA: los resultados antes expuestos se elaboraron de acuerdo al sistema de potabilización y la caracterización del funcionamiento y operación de la planta de tratamiento de agua potable. **Fuente:** Autoras del proyecto. (2017)

5. Conclusiones

Para dar respuesta al primer objetivo planteado, el sistema de tratamiento del agua para consumo humano que suministra la empresa ACOSMI presenta unas condiciones apropiadas de manera general, salvo que se debería optimizar el proceso de desinfección, esto con el fin de garantizar una mejor calidad en el agua.

Es necesario que se realice de forma constante el mantenimiento a las infraestructuras existentes en la bocatoma, especialmente al desarenador.

El tanque de almacenamiento no es el indicado para la realización de la mezcla del cloro con el agua debido a que el nivel del líquido varía constantemente y por tanto no retiene el flujo durante el tiempo requerido para lograr una desinfección efectiva en el agua.

Para el segundo objetivo, se puede concluir que la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento se encuentran en buen estado, esto teniendo en cuenta las condiciones del reglamento técnico RAS 2000 en su título B, el cual, según los resultados obtenidos las califica como fuentes aceptables, acreditándolas para ser tratadas.

En cuanto al agua que es suministrada por la empresa ACOSMI, según los resultados arrojados, el IRCA la califica como inviable sanitariamente.

En relación al tercer objetivo se concluye, que es necesario un Plan de Manejo Ambiental para la protección de las quebradas que suministran a la planta de tratamiento.

Es de resaltar que una de las falencias encontradas es lo referente al almacenamiento con el que cuenta el sistema, en tal sentido en busca de una mejorar en el servicio se hace necesaria la ampliación de la capacidad del tanque de almacenamiento.

De igual es evidente la necesidad de que se realicen capacitaciones de forma frecuente a los operarios de la planta de tratamiento, con el fin de concienciarlos sobre la importancia que tiene la correcta ejecución de cada uno de los procesos del sistema de potabilización.

6. Recomendaciones

Según las conclusiones antes mencionadas la Empresa de Acueducto Comunitario del Barrio San Miguel del municipio de Rio de oro, debe:

Poner en funcionamiento la prueba de jarras.

Aumentar la concentración del cloro dosificado, variando el potenciómetro de la bomba dosificadora.

Disponer de un cercado para evitar la entrada de personas y animales extraños a la zona de la bocatoma.

Realizar de manera constante limpieza a la infraestructura presente en la bocatoma.

Mejorar la línea de aducción existente.

Implementar un tanque de contacto que permita la correcta mezcla del cloro con el agua.

Compra de predios aguas arriba de la bocatoma, con el fin de evitar contaminación por presencia de sustancias químicas, procedentes de diferentes cultivos.

Velar por la conservación y el control en la utilización de la fuente de abastecimiento para así impedir la presencia de animales y la posible contaminación por otras causas.

Ampliar la capacidad del tanque de almacenamiento con el objetivo de brindar un servicio de forma continua y eficiente.

Realizar capacitaciones a los operarios de manera continua, con el propósito de concienciarlos acerca de la correcta ejecución de cada uno de los procesos de potabilización.

Referencias

- Abarca Monge, S., & Mora Brenes, B. (2007). Contaminacion del agua . *Biocenosis*, 137.
- Academia de historia de Ocaña . (1 de julio de 1935). *Academia de historia de Ocaña* . Obtenido de <http://academiaocana.blogspot.com.co/2013/05/economia-y-sucesos-historicos-de-la.html>
- ADAMIUAIN. (3 de Diciembre de 2010). *ADAMIUAIN*. Obtenido de <http://adamiuainn.blogspot.com.co/>
- Alonso, J. S. (2008). Obtenido de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/5469/PFC_Jesus_Serrano_Alonso.pdf?sequence=1
- Anónimo. (2010). *Salud pública y comuntaria*. España: Vertice.
- aspectos fisicos y quimos de la calidad del agua* . (s.f.).
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. En L. Canepa, *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I* (pág. 278). Lima: CEPIS/OPS.
- Benavides , D., Castro, M., & Vizcaíno , H. (2006). Optimización del acueducto por gravedad del municipio de Timana (Huila)(tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogota, Colombia.
- Bertran, C. E. (2010). Agua, historia y mitología. *elemental watson, la revista*, 6-8.
- Cabildo, M., Cornago, M., Escólastico, C., Soledad, S., López, C., & Sanz, D. (2013). *Bases químicas del medio ambiente*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

- Camacho, N. C. (16 de junio de 2011). *Tratamiento de agua para consumo*. Obtenido de [http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing29Tratamiento/\\$file/07-ingenieria-calidad-CHULLUNCUY.pdf](http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing29Tratamiento/$file/07-ingenieria-calidad-CHULLUNCUY.pdf)
- Cano, A. (2005). *Elementos para una definición de evaluación*. Recuperado el 21 de 09 de 2016, de Elementos para una definición de evaluación: http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/38/38196/tema_5_elementos_para_una_definicion_de_evaluacion.pdf
- Carrillo, J. E., Gonzalez, J. D., Calvo, E., & Trejos, L. (18 de marzo de 2015). *Plantas de tratamiento de agua potable PTAP*. Obtenido de <http://plantasdetratamientodeaguapotablesena.blogspot.com.co/>
- Catro, M., Almeida, J., Ferrer , J., & Diaz , D. (2014). Indicadores de la calidad del agua:evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería solidaria*, 112-124.
- Cegarra, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica* . Madrid: Diaz de Santos.
- Comisión Reguladora de Agua, Departamento Nacional de Planeación, Financiera de Desarrollo Territorial, Ministerio de Desarrollo Económico, Ministerio de Medio Ambiente, Superintendencia de Servicios Públicos. (agosto de 1997). *Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud, serie analisis N°11*. Obtenido de [file:///E:/Users/USUARIO/Downloads/analisis_sectorial_aguaysanea_colombia%20\(4\).pdf](file:///E:/Users/USUARIO/Downloads/analisis_sectorial_aguaysanea_colombia%20(4).pdf)
- Echarri, L. (2007). *Población, ecología y ambiente*. Obtenido de <file:///E:/Users/USUARIO/Downloads/Tema%208%20Contaminacion%20del%20agua%2007.pdf>

- EMCAR. (2004). *Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Río de Oro*. Obtenido de <http://www.emcar.com.co/portafolio-emcar.pdf>
- ESPO s.a E.S.P. (s.f.). *ESPO s.a E.S.P.* Obtenido de <http://laespo.com/resena-historica/>
- Etienne, G. (2009). *potabilizacion y tratamiento de agua*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/potabytrat.pdf>
- Fernandez, N., Ramos, G., & Solano, F. (2004). *una herramienta informática para el análisis y valoración de la calidad del agua*. Obtenido de vufind.uniovi.es/Record/ir-ART0000174885
- García, C., Carreón, J., Hernández, J., López, M., & Bustos, J. (2012). Actitudes, consumo de agua y sistemas de tarifas del servicio de abastecimiento de agua potable. *Polis*, 12(34), 363-401.
- García Sanchez, C. J., & Jacome Herrera, R. M. (2016).
- Gómez, N. (2005). Remoción de materia orgánica por coagulación- floculación (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Manizales, Colombia.
- González, L., & Goyeneche, J. (2011). Evaluación de la calidad del agua de consumo humano para cuatro veredas de la cuenca del río Suárez y soluciones a corto y largo plazo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano de la vereda San Isidro. Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia.
- Henry, J. G., & Gary W., H. (1999). *Ingeniería Ambiental II Edición*. México: PRENTICE HALL.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Ideam. (2014). *Estudio nacional del agua 2014*. Bogotá: IDEAM.

Ideam. (2010). *Estudio nacional del agua 2010*. Bogota: IDEAM.

IDEAM. (MAYO de 2015). *ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

II, C. d. (2012). *tratamiento del agua potable*. Obtenido de http://www.elaguapotable.com/tratamiento_agua_potable%20Canaleduca.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2011). *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (version 1,00)*. Obtenido de [file:///D:/Mis%20Documentos/Descargas/HM%20%C3%8Dndice%20calidad%20agua%203%20FI%20\(1\).pdf](file:///D:/Mis%20Documentos/Descargas/HM%20%C3%8Dndice%20calidad%20agua%203%20FI%20(1).pdf)

Jiménez , B. (2001). *La contaminación ambiental en México*. México: LIMSA.

Kemmer, F., & McKallion, J. (1989). *Manual del Agua su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. Mexico: Mc Graw-Hill.

Laclette, J., & Zúñiga, P. (2012). *Diagnóstico del agua en las américas*. Mexico: FCCyT.

Livian Navarro Caro. (2009). *Desarrollo, ejecución y presentación del Proyecto de Investigación*. Caracas: Melvin, C.A.

Martel, A. B. (s.f.). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/tomoI/uno.pdf>

Mendes , J. P., & Solsona, F. (2002). *Desinfección del agua*. Lima: CEPIS/OPS.

Mendoza, M. (2006). *Tratamiento de agua potable, operacion, procesos, talleres y monitoreo (monografía)*. Universidad Industrial de Santander , Bucaramanga , Colombia.

Ministerio de Desarrollo Economico . (22 de marzo de 1995). *Plan de Agua 1995-1998 Acueducto y Alcantarillado* . Obtenido de

http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MD-0071/MD-0071_CAPITULO5.pdf

Ministerio de Desarrollo Económico. (noviembre de 2000). *Ministerio de Desarrollo Económico*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Económico: http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/5._Sistemas_de_potabilizacion.pdf

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. (NOVIEMBRE de 2000). *ministerio de desarrollo economico*. Obtenido de http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/5._Sistemas_de_potabilizacion.pdf

Ministerio de la protección social y Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (22 de JUNIO de 2007). Obtenido de <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Documents/resolucion%202115%20de%202007,MPS-MAVDT.pdf>

Ministerio de la Salud y Protección Social. (DICIEMBRE de 2014). *INFORME NACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO AÑO 2013 CON BASE EN E IRCA*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-nacional-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-ano-2013-con-base-en-el-irca.pdf>

Miralles, F. (2014). *Recursos hídricos y adaptación al cambio climático en en Latinoamérica y el Caribe*. IBID.

Naciones Unidas. (2015). Obtenido de http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf

Navarro, L. (2009). *Desarrollo, ejecución y presentación del proyecto de investigación*. Venezuela: Panapo de Venezuela.

Ojeda, M. (2012). Caracterización físico-química y parametros de calidad del agua de la planta de agua potable de Barrancabermeja (tesis de pregrado). Univerisdad Industrial de Santander, Santander, Colombia.

OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable . Suiza. Recuperado el 09 de 08 de 2016

ONU. (2014). Obtenido de http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/Un%20Objetivo%20Global%20para%20el%20Agua%20Post-2015.pdf

ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio informe 2015*. Obtenido de http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf

Organizacion de las Naciones Unidas. (3-14 de junio de 1992). Obtenido de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter18.htm>

Organización de las Naciones Unidas. (22 de 10 de 2014). *Organización de las naciones unidas*. Recuperado el 21 de 09 de 2016, de Organización de las naciones unidas: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

Organizacion Mundial de la Salud. (2006). *Guia para a calidad del agua potable*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

Organización Mundial de la Salud. (sf de sf de 2008). *organización mundial de la salud*. Recuperado el 15 de 09 de 2016, de organización mundial de la salud: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/

Organizacion mundial de la salud. (s.f). Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/es/

Organización Panamericana de la Salud . (2004). *tratamiento de agua para consumo humano plantas de filtración rápida*. Lima: OPS.

- Organización Panamericana de Salud. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima: OPS/CEPIS.
- Pérez, J., & Espigares, R. (1995). Desinfección del agua. Cloración. *universidad de granada*, 1-18.
- Pérez, J. A. (1981). Tratamiento de aguas. En J. A. Pérez, *tratamiento de aguas* (pág. 1). Medellín: UNAL.
- Plan de Desarrollo Municipal. (2016). *CARLOS ALBEIRO MENESES*. Obtenido de <http://riodeoro-cesar.gov.co/apc-aa-files/37653037353761626132623266386162/pdm-riode-oro-2016-2019.pdf>
- PNUD. (2014). *OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO*. Obtenido de <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/MDG/english/MDG%20Country%20Reports/Colombia/informeanualodm2014.pdf>
- Quijada, A. T. (2005). Relación de las variables disposicionales: conocimientos, habilidades, motivos y creencias con el desperdicio del agua (tesis de pregrado). Universidad de Sonora, Sonora, Mexico.
- Ramirez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. *ciencia, tecnología y futuro*, 135-153.
- Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico. (2000). *título C sistemas de potabilización*. Bogota: RAS.
- Robinson, K., Infante, R., & Trelles, J. (febrero de 2006). *AGUA, SANEAMIENTO, SALUD Y DESARROLLO una vision desde amareca latina y el caribe*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/foro4/producto3.pdf>

Rodriguez, J. (05 de 04 de 2007). *Guía de elaboración de diagnósticos*. Recuperado el 21 de 09 de 2016, de Guía de elaboración de diagnósticos: <http://www.cauqueva.org.ar/archivos/gu%C3%ADa-de-diagn%C3%B3stico.pdf>

Rodriguez, R, & Rojas, F. (2012). Evaluación de la calidad del agua de consumo humano y soluciones para mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio del Hato Santander (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Romero Rojas, J. A. (1999). *Potabilización del agua*. México: ALFAOMEGA.

santafé, m. f. (s.f.). Obtenido de http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03_Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=4&isAllowed=y

SENA, E. d. (2015). *Plantas de Tratamiento de Agua Potable*. Obtenido de Plantas de Tratamiento de Agua Potable : <http://plantasdetratamientodeaguapotablesena.blogspot.com.co/p/tipos-de-ptap.html>

Sierra, C. A. (2011). *calidad del agua evaluacion y diagnostico*. Medellín: Ediciones de la U.

Solsona , F. (2002). *Guías para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los países de desarrollo*. CEPIS/OPS: Lima.

Torres , P., Cruz, H. C., & Patiño, J. P. (2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 81.

Torres, D. P. (2008). Obtenido de www.unilibre.edu.co/revistageniolibre/revista7/articulos/Diagnostico-de-la-calidad-del-

agua-de-la-microcuena-ancotea.pdf&ved=0ahUKEwjck9uXw-

JSAhVH9mMKHakYCEcQFggYMAA&usg=AFQjCNEOdt1yixtp5gWOCVDZ_PxM_l41

8Q&sig2=AJOtVkbbUajWLkjS8z7j5A

Universidad de pamplona. (s.f). *INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA* . Obtenido de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf

Vanegas, C. (2010). Evaluación de la calidad microbiológica del agua potable y residual del barrio Robles y su relación con la salud de la población. Concientización de su uso por medio de talleres a los estudiantes del colegio amigos de la naturaleza (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogota, Colombia.