

EVALUACIÓN DE LA PLANTA CALACALA DE PURIFICACIÓN DE AGUA DEL
MUNICIPIO DE BELTRÁN

MARITZA RUEDA CASTAÑEDA

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE
BOGOTA, D.C.
2016

EVALUACIÓN DE LA PLANTA CALACALA DE PURIFICACIÓN DE AGUA DEL
MUNICIPIO DE BELTRÁN

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE

JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS
DIRECTOR

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE
BOGOTA, D.C.
2016

Nota de aceptación:

Firma del Director Jurado

Firma de Jurado

Firma de Jurado

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 0 | INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1 | OBJETIVOS | 8 |
| 1.1 | Objetivo general | 8 |
| 1.2 | Objetivos específicos..... | 8 |
| 2 | MARCO TEÓRICO | 9 |
| 2.1 | El agua | 9 |
| 2.2 | Características Físicas del Agua | 11 |
| 2.3 | Características Químicas..... | 12 |
| 2.4 | Características Bacteriológicas | 13 |
| 2.5 | Tratamiento del agua..... | 13 |
| 2.6 | Tipos de Plantas de Tratamiento..... | 16 |
| 3 | MARCO LEGAL | 17 |
| 3.1 | Resolución 2115 de 2007(junio 22) del Ministerio de Protección y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | 18 |
| 4 | ANTECEDENTES | 22 |
| 4.1 | Características generales del municipio de Beltrán | 22 |
| 4.2 | Descripción de Empresas Públicas de Cundinamarca | 23 |
| 4.3 | Sistema de Acueducto de Beltrán | 23 |
| 4.4 | Planta Calacala | 24 |
| 4.4.1 | Quebrada Calacala..... | 24 |
| 4.4.2 | Río Magdalena | 27 |
| 4.4.3 | Planta de Tratamiento | 29 |
| 4.4.4 | Tanques de Almacenamiento..... | 30 |
| 4.4.5 | Redes de Distribución. | 31 |
| 5 | COMPONENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE | 32 |
| 5.1 | Estructura de Entrada..... | 34 |
| 5.2 | Floculación | 35 |
| 5.3 | Sedimentación..... | 36 |
| 5.4 | Filtración. | 37 |
| 5.5 | Desinfección..... | 38 |
| 5.6 | Laboratorio de control de calidad del Agua | 39 |
| 6 | CONDICIONES DE DISEÑO Y OPERACIÓN | 42 |
| 7 | CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE Y DEL EFLUENTE | 43 |
| 7.1 | Eficiencia del tratamiento..... | 46 |
| 8 | CONCLUSIONES | 47 |
| 9 | REFERENCIAS | 48 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Normas de Calidad de Agua | 17 |
| Tabla 2 Valores máximos admisibles Características Físicas | 18 |
| Tabla 3 Valores máximos admisibles Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana..... | 18 |
| Tabla 4 Valores máximos admisibles Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana | 19 |
| Tabla 5 Valores máximos admisibles características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana..... | 19 |
| Tabla 6 Valores máximos admisibles característica microbiológicas..... | 20 |
| Tabla 7 Puntaje de Riesgo..... | 20 |
| Tabla 8 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse. | 21 |
| Tabla 9 Tratamiento del municipio de Beltrán..... | 23 |
| Tabla 10 Características Línea de Aducción Calacala..... | 26 |
| Tabla 11 Dimensiones Canal de entrada..... | 34 |
| Tabla 12 Características del Floculador..... | 35 |
| Tabla 13 Características del Sedimentador | 36 |
| Tabla 14 Características Unidades de Filtración..... | 37 |
| Tabla 15 Equipos de Laboratorio exigidos en el RAS 2000..... | 39 |
| Tabla 16 Características Planta de Tratamiento Calacala | 42 |
| Tabla 17 Caracterización del Afluente | 43 |
| Tabla 18 Caracterización del Efluente | 44 |
| Tabla 19 Niveles de Riesgo | 45 |
| Tabla 20 Eficiencia de tratamiento..... | 46 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Distribución del agua en la Tierra | 9 |
| Figura 2 Composición Química del agua | 9 |
| Figura 3 Presentación del agua | 10 |
| Figura 4 Localización del Municipio de Beltrán..... | 22 |
| Figura 5 Distribución de la Población de Beltrán | 23 |
| Figura 6 Esquema general PTAP Calacala | 24 |
| Figura 7 Catastro Redes de Acueducto | 31 |
| Figura 8 Esquema Planta de Tratamiento de Agua Potable | 33 |
| Figura 9 Valor Histórico IRCA..... | 45 |

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|----|
| Fotografía 1 Quebrada Calacala..... | 25 |
| Fotografía 2 Bocatoma Quebrada Calacala..... | 25 |
| Fotografía 3 Desarenador Calacala..... | 26 |
| Fotografía 4 Cámara de Quiebre – Línea de Aducción..... | 27 |
| Fotografía 5 Río Magdalena..... | 27 |
| Fotografía 6 Bocatoma Río Magdalena..... | 28 |
| Fotografía 7 Desarenador Río Magdalena..... | 28 |
| Fotografía 8 Equipos de bombeo Desarenador – PTAP..... | 29 |
| Fotografía 9 Planta de Tratamiento Casco Urbano del municipio de Beltrán..... | 29 |
| Fotografía 10 Planta de Tratamiento Compacta fuera de funcionamiento..... | 30 |
| Fotografía 11 Gaviones para estabilidad del Talud..... | 30 |
| Fotografía 12 Tanque de Almacenamiento..... | 31 |
| Fotografía 13 Canal de entrada..... | 34 |
| Fotografía 14 Sulfato de Aluminio para la Coagulación..... | 34 |
| Fotografía 15 Entrada al Floculador..... | 35 |
| Fotografía 16 Floculador..... | 35 |
| Fotografía 17 Grietas en el floculador..... | 36 |
| Fotografía 18 Sedimentador..... | 37 |
| Fotografía 19 Unidades de Filtración..... | 38 |
| Fotografía 20 Salidas Unidades de Filtración..... | 38 |
| Fotografía 21 Dosificadora de Cloro..... | 38 |
| Fotografía 22 Dosificación de Cloro antes del tanque de almacenamiento..... | 39 |
| Fotografía 23 Laboratorio de Calidad de Agua..... | 40 |
| Fotografía 24 Equipo para Ensayo de Jarras..... | 40 |
| Fotografía 25 Medidor de pH..... | 40 |
| Fotografía 26 Colorímetro Spectroquant® Multy..... | 41 |

0 INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta la evaluación de la PPA del municipio de Beltrán con base en la información disponible hasta agosto de 2016.

En el capítulo 2 se resumen los conceptos básicos del proceso de purificación de agua y en el capítulo 3 el marco legal vigente para control del agua potable.

En los capítulos 4 y 5 se presentan los antecedentes y componentes de la planta de purificación del municipio de Beltrán, respectivamente.

En el capítulo 6 se presentan las condiciones de operación de la PPA.

En el capítulo 7 se incluye la caracterización del afluente y del efluente de la PPA con las eficiencias de tratamiento.

Finalmente, en el capítulo 8 se formulan las conclusiones pertinentes.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Evaluar las condiciones de operación de la PPA de Beltrán Cundinamarca

1.2 Objetivos específicos

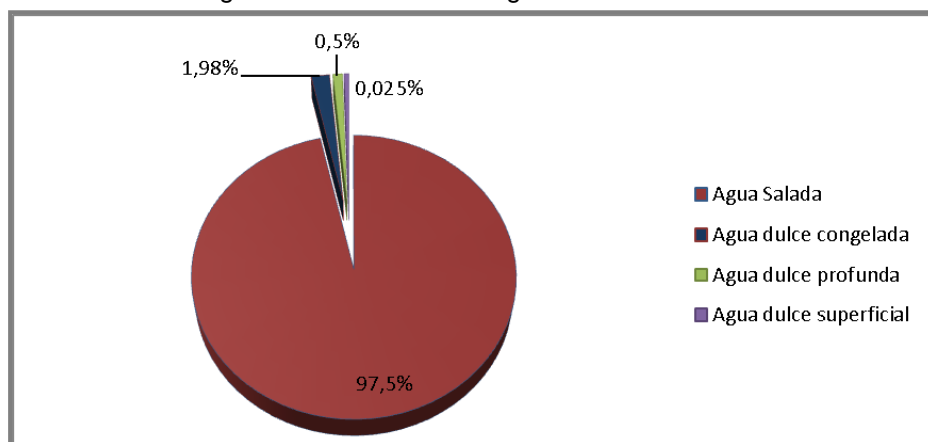
- Conocer los parámetros de operación de cada componente de la PPA.
- Revisar la conformidad de la operación con los requerimientos del RAS 2000.
- Evaluar la conformidad del efluente con la resolución 2115 de 2007.
- Proponer recomendaciones para la operación de la PPA.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 El agua

El agua es la sustancia más abundante en el planeta tierra. La mayor reserva de agua se encuentra en los océanos, 98% del agua de la tierra, el resto de agua del planeta es agua dulce, pero no toda esta disponible ya que gran parte permanece congelada. En la Figura 1 se muestra la distribución del agua en la Tierra.

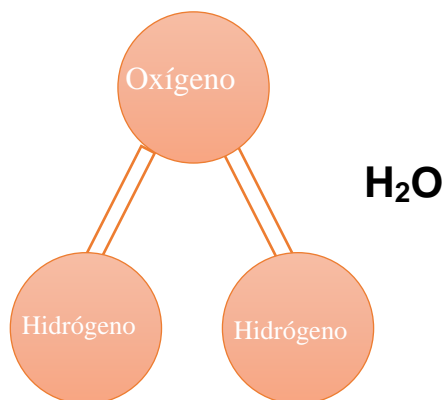
Figura 1 Distribución del agua en la Tierra



Fuente: Greenpeace Colombia

El agua es un compuesto químico formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, que le confieren propiedades físicas y químicas muy especiales; entre las propiedades más importantes se anota la alta capacidad para disolver otros compuestos, por esta razón se dice que es el disolvente universal.

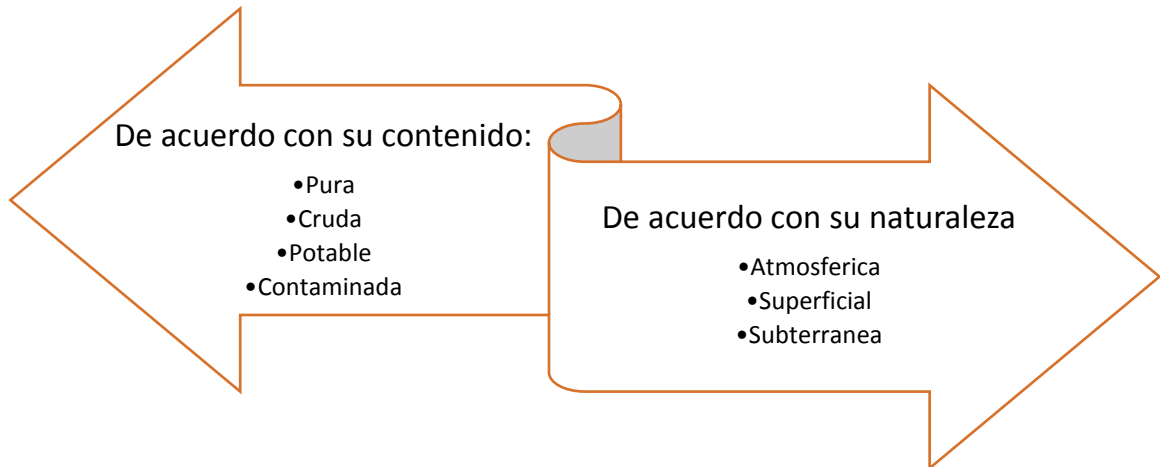
Figura 2 Composición Química del agua



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas de Potabilización de Agua - Servicio Nacional de Aprendizaje

Esta característica hace que el agua no se encuentre químicamente pura en la naturaleza. Siempre se encuentran en ella compuestos disueltos o en suspensión. El agua se encuentra en el aire que respiramos, en el suelo, en los ríos, quebradas, lagos, el mar, las nubes y nuestro cuerpo. El agua se presenta de acuerdo con su contenido o con su naturaleza como se muestra en la Figura 3

Figura 3 Presentación del agua



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas de Potabilización de Agua

Agua Pura: es el agua químicamente pura, sin compuestos disueltos o en suspensión. Dada su alta capacidad para disolver a otros compuestos, el agua no se encuentra pura en la naturaleza.

Agua Cruda: es el agua que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento

Agua Potable: es el agua adecuada para el consumo humano por sus características físicas, químicas y bacteriológicas. No afecta la salud del hombre, no produce rechazo y no ocasiona daño a las tuberías y otros materiales.

Agua Contaminada: es el agua que ha recibido bacterias o sustancias tóxicas que la hacen inadecuada para la bebida y el aseo corporal, aun cuando su apariencia sea la de agua limpia. En ocasiones contiene desechos humanos, industriales y otros provenientes de la polución del medio. En este caso se le denomina agua poluida.

Agua Atmosférica: es el agua presente en la atmósfera en varias formas:

- Gaseosa como vapor de agua.
- Líquida: Como la lluvia.

- Sólida: Como los cristales de hielo que forman la nieve y el granizo.

En la atmósfera permanecen enormes cantidades de vapor que luego se convierten en agua lluvia.

Agua Superficial: es el agua de los manantiales, quebradas, ríos, lagos, embalses, mares y océanos, que cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre; el 1 % de esta cantidad corresponde al agua dulce, la cual es indispensable para satisfacer nuestras necesidades corporales.

Según Arellano (2002), las propiedades físicas del agua son las que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato, como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura. Por su lado, los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias, entre las que podemos mencionar los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, materia orgánica, metales y nutrientes. Por último, los parámetros biológicos se relacionan con la presencia de especies biológicas en el agua, y su evaluación es de gran importancia ya que son un indicador de la calidad del recurso hídrico.

2.2 Características Físicas del Agua

Turbiedad

La turbiedad es el fenómeno óptico que puede medirse por la mayor o menor resistencia del agua al paso de la luz. Se debe a partículas que estando en suspensión, como los coloides, le dan al líquido la capacidad de dispersar la luz. Por ejemplo, tierras finamente divididas.

La turbiedad debe tenerse en cuenta para la presentación del agua, pero además es importante en la desinfección, ya que en esas partículas en suspensión se esconden pequeños organismos que se protegen del desinfectante.

Color

Es en importancia, la segunda característica física del agua, puede estar íntimamente ligado a la turbiedad, se presenta como una característica independiente de ella.

El color se debe a diferentes componentes de la materia mineral y vegetal en descomposición; cuando se encuentran disueltos, reciben el nombre de color verdadero.

Si además hay presencia de arcillas o arenas que enturbien el agua, se le denomina color aparente.

Olor y sabor

El olor y sabor del agua son producidos, fundamentalmente, por algas, materia orgánica en descomposición, desechos industriales y sales de diferentes orígenes.

Temperatura

La temperatura afecta la velocidad de las reacciones químicas, amplifica olores y sabores.

La temperatura del agua tiene incidencia en la presentación. Se dice que el agua es fresca cuando está a unos 5°C por debajo de la temperatura del lugar.

Es importante tenerla en cuenta porque de ella dependen el tipo de organismos que puedan desarrollarse en el agua.

En igual forma, de ella dependen la cantidad de gases disueltos, la desinfección con cloro y las condiciones de tratamiento.

2.3 Características Químicas

pH

Es el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrógeno.

Si el pH del agua se encuentra entre 6,5 y 9,0 se considera aceptable para los procesos de tratamiento.

Es importante considerar el pH del agua, porque tiene efecto sobre los procesos de tratamiento y se relaciona con la obstrucción y deterioro de las redes de acueducto.

Además, el pH determina las reacciones químicas afectando, por ejemplo, el proceso de desinfección con cloro. Las actividades biológicas se desarrollan en un intervalo de pH entre 6 y 8.

Acidez

La acidez del agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas presentes en ella, expresadas como carbonato de calcio equivalente.

Alcalinidad

La alcalinidad del agua se mide por su capacidad para neutralizar ácidos.

En aguas naturales la alcalinidad se debe principalmente a la disolución de rocas calizas.

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes para favorecer la floculación.

Tiene incidencia sobre el carácter incrustante que pueda tener en el agua y si está presente en altas cantidades tiene efecto sobre el sabor y la turbiedad.

Dureza

Aguas duras son las que no permiten que se disuelva el jabón, es decir, no dejan hacer espuma. La dureza afecta procesos industriales y en algunos casos puede dar sabor al agua. Cuando las aguas son muy suaves o blandas disuelven rápidamente el jabón.

Oxígeno disuelto

Las aguas limpias están saturadas de oxígeno disuelto; si a estas aguas se les descargan residuos orgánicos se les agota el oxígeno disuelto. El oxígeno en el agua permite la existencia de peces y plantas, y da sabor agradable al agua.

2.4 Características Bacteriológicas

Las aguas naturales tienen organismos que son habitantes normales en ella; tal es el caso de peces, moluscos, plancton, protozoos, bacterias, virus, entre otros.

Debido a la contaminación, las aguas pueden contener algunos microorganismos perjudiciales para la salud, tales como: Virus, Bacterias y Protozoos

A través de los análisis bacteriológicos se determina el riesgo que involucra consumir el agua. Los análisis bacteriológicos en el agua buscan determinar el nivel de bacterias coliformes.

Las bacterias coliformes no son nocivas para la salud, son habitantes normales del tracto intestinal del hombre y de los animales, y en cada deposición se encuentran en grandes cantidades. Estas características hacen que se les considere como indicadores de la calidad bacteriológica del agua.

Cuando se realiza análisis bacteriológico en el agua y se encuentra presencia de coliformes fecales, se deduce que existe contaminación por materia fecal y es probable que existan otras bacterias protozoos o virus nocivos.

En conclusión el agua que tiene coliformes fecales no es apta para el consumo humano. La calidad bacteriológica se expresa como número más probable (NMP) en 100 mililitros de agua, o en unidades formadoras de colonias (ufc).

2.5 Tratamiento del agua

Dependiendo de las características físico- químicas y bacteriología del agua cruda, se hace necesario tratar el agua para entregarla al consumidor de acuerdo con los siguientes criterios de calidad.

- Que no sea rechazada por el consumidor.
- Que no represente riesgo para la salud.
- Que no cause deterioro a los sistemas de distribución.

Cribado

Es la separación de los sólidos de gran tamaño que se pueden retener en rejillas de distintos espacios y/o mallas en serie.

Desarenación

Es la separación de las partículas más pesadas que trae el agua, como gravas, arenas, arenillas y piedras que por acción de la fuerza de gravedad se sedimentan.

Aireación

Se entiende por aireación el proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto con el aire con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. La función más común del sistema de aireación es la de transferir oxígeno al líquido, a las tasas requeridas para que el oxígeno no limite la utilización de materia orgánica y las funciones metabólicas de los microorganismos. ROMERO ROJAS, JAIRO ALBERTO (1999)

Consiste en favorecer el contacto del agua con el aire ambiente con el propósito de oxigenar el agua o eliminar gases presentes en ella que podrían llegar a afectar los siguientes procesos o que producen olores y sabores en el agua.

Coagulación

Dosificar consiste en la acción de agregar a todo el caudal una cantidad exacta de una sustancia química, predeterminada mediante ensayos, con el fin de obtener unos resultados definidos después de cada proceso. El coagulante es un producto químico que se agrega al agua con el propósito de producir desestabilización y aglutinación de los sólidos en suspensión en el agua. Los ensayos que se realizan para determinar la dosis de coagulante a agregarle al agua son los "ensayos de jarras" o de dosis óptima. El coagulante utilizado con mayor frecuencia es el sulfato de aluminio y eventualmente el cloruro férrico. Los equipos utilizados para la aplicación del coagulante y de cualquier otro producto químico se denominan dosificadores.

Mezcla Rápida

El coagulante agregado a todo el caudal de agua cruda debe mezclarse rápidamente. Para lograr la coagulación se requiere de una agitación vigorosa del agua a lo que se le llama mezcla rápida.

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En las plantas de tratamiento de agua potable el mezclador rápido tiene generalmente el propósito de dispersar rápida y uniformemente el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua.

La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia, provocada por medios hidráulicos o mecánicos en línea, rejillas difusoras, chorros químicos y tanques con equipo de mezcla rápida.

Floculación

Es la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculentas; es el proceso por el cual una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de las partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper los agregados preformados. Teniendo en cuenta que la influencia y magnitud del efecto de cada uno de los factores que participan en la floculación no están aún definidas exactamente, es importante conocer el comportamiento del agua mediante ensayos de jarras o experiencias previas.

Floculadores Mecánicos

En los floculadores mecánicos se logra la agitación del agua con dispositivos o elementos tales como paletas, conjunto de paletas o rastrillos. Estos dispositivos se pueden adaptar a un eje vertical u horizontal. Los floculadores mecánicos están movidos por motores.

Floculadores Hidráulicos

En los floculadores hidráulicos la agitación del agua se da por la velocidad de la misma. Ejemplo: Canales de paletas, cámaras floculadoras colocadas en serie.

Sedimentación

Se refiere a la operación por la cual se remueven las partículas salidas de una suspensión mediante fuerza de gravedad; la sedimentación después de la adición de coagulantes y la floculación se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico, principalmente busca remover el material orgánico y biomasa preformada en los sistemas de tratamiento que la preceden.

Filtración

Consiste en retener las partículas suspendidas y coloidales, que no se sedimentaron, haciéndolas pasar a través de un medio poroso. La filtración es una de las principales operaciones que se realizan en toda planta de tratamiento, Hay varios objetivos que se logran a través del proceso de filtración y conviene conocerlos. Los objetivos fundamentales de la filtración son:

- Remoción de bacterias. La eficiencia en este aspecto depende de la granulometría de la arena (tamaño de los granos de la arena; entre más fina sea esta, mayor será su eficiencia).
- Remoción de la turbiedad remanente (que permanece)

En la práctica el propósito principal de la filtración es remover turbiedad e impedir la interferencia de la turbiedad con la desinfección, al proveer protección a los microorganismos de la acción desinfectante. ROMERO ROJAS, JAIRO ALBERTO (1999)

Cloración.

La cloración del agua potable se lleva a cabo mediante el burbujeo del cloro gaseoso o mediante la disolución de los compuestos de cloro y su posterior dosificación. El cloro en cualquiera de sus formas, se hidroliza al entrar en contacto con el agua, y forma ácido hipocloroso.

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas; por ejemplo, puede descomponer los plaguicidas fácilmente oxidables, como el aldicarb; puede oxidar especies disueltas, como el manganeso (II), y formar productos insolubles que pueden eliminarse mediante una filtración posterior; y puede oxidar especies disueltas a formas más fáciles de eliminar (por ejemplo, el arsenito a arseniato).

2.6 Tipos de Plantas de Tratamiento.

Plantas Convencionales

Se les llama convencionales a las plantas en las cuales se realizan: coagulación, sedimentación, filtración, cloración, sin precisar sobre el tipo de instalación existente para cada proceso. Es el tipo de planta más frecuente en Colombia.

Plantas de Filtración directa

En donde el agua es llevada directamente a los filtros y enseguida se clora. Para su aplicación debe tenerse un agua cruda con turbiedades muy bajas.

3 MARCO LEGAL

En la Tabla 1 se presentan las normas, resoluciones y decretos que rigen la calidad de agua en Colombia.

Tabla 1 Normas de Calidad de Agua

| NORMA | RESUMEN | ENTIDAD |
|--------------------------|--|---|
| Resolución 1096 del 2000 | Tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las Entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces | Ministerio de Vivienda |
| Resolución 1575 de 2007 | Establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano | Ministerio de la protección social |
| Resolución 2115 de 2007 | Se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano | Ministerio de Protección y Ministerio de Ambiente , Vivienda y Desarrollo Territorial |
| Resolución 811 de 2008 | Define los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución. | Ministerio de Protección y Ministerio de Ambiente , Vivienda y Desarrollo Territorial |

3.1 Resolución 2115 de 2007(junio 22) del Ministerio de Protección y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Señala características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.”

Características Físicas

Tabla 2 Valores máximos admisibles Características Físicas

| Características físicas | Expresadas como | Valor máximo aceptable |
|-------------------------|--|------------------------|
| Color aparente | Unidades de Platino Cobalto (UPC) | 15 |
| Olor y Sabor | Aceptable o no aceptable | Aceptable |
| Turbiedad | Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT) | 2 |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

Tabla 3 Valores máximos admisibles Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

| Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias | Expresados 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 |
| Cromo Total | Cr | 0,05 |
| Mercurio | Hg | 0,001 |
| Níquel | Ni | 0,02 |
| Plomo | Pb | 0,01 |
| Selenio | Se | 0,01 |
| Trihalometanos Totales | THMs | 0,2 |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) | HAP | 0,01 |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Tabla 4 Valores máximos admisibles Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

| Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana | Expresados como | Valor máximo aceptable (mg/L) |
|--|------------------------------|-------------------------------|
| Carbono Orgánico Total | COT | 5 |
| Nitritos | NO ₂ ⁻ | 0,1 |
| Nitratos | NO ₃ ⁻ | 10 |
| Fluoruros | F | 1 |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana

Tabla 5 Valores máximos admisibles características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana

| Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico | Expresadas como | Valor máximo aceptable (mg/L) |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| Calcio | Ca | 60 |
| Alcalinidad Total | CaCO ₃ | 200 |
| Cloruros | Cl ⁻ | 250 |
| Aluminio | Al ⁺⁺⁺ | 0,2 |
| Dureza Total | CaCO ₃ | 300 |
| Hierro Total | Fe | 0,3 |
| Magnesio | Mg | 36 |
| Manganeso | Mn | 0,1 |
| Molibdeno | Mo | 0,07 |
| Sulfatos | SO ₄ ²⁻ | 250 |
| Zinc | Zn | 3 |
| Fosfatos | PO ₄ ³⁻ | 0,5 |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Características Microbiológicas

Tabla 6 Valores máximos admisibles característica microbiológicas

| Técnicas utilizadas | Coliformes Totales | Escherichia col |
|-------------------------|--|--|
| 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 en 100 cm ³ | Ausencia en 100 cm ³ |

Resolución 2115 de 2007

Cálculo y Clasificación del Nivel de Riesgo según el IRCA

Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado en la Tabla 7 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007:

Tabla 7 Puntaje de Riesgo

| Característica | Puntaje de riesgo |
|---------------------------------|-------------------|
| Color Aparente | 6 |
| Turbiedad | 15 |
| Ph | 1,5 |
| Cloro Residual Libre | 15 |
| Alcalinidad Total | 1 |
| Calcio | 1 |
| Fosfatos | 1 |
| Manganeso | 1 |
| Molibdeno | 1 |
| Magnesio | 1 |
| Zinc | 1 |
| Dureza Total | 1 |
| Sulfatos | 1 |
| Hierro Total | 1,5 |
| Cloruros | 1 |
| Nitratos | 1 |
| Nitritos | 3 |
| Aluminio (Al ³⁺) | 3 |
| Fluoruros | 1 |
| COT | 3 |
| Coliformes Totales | 15 |
| Escherichia Coli | 25 |
| Sumatoria de puntajes asignados | 100 |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

El cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, IRCA, se realizará utilizando las siguientes fórmulas:

El IRCA por muestra:

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

El IRCA mensual:

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizadas en el mes}}{\text{Numero total de muestras realizadas en el mes}}$$

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra y del IRCA mensual, se define la clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano por la persona prestadora y se señalan las acciones que debe realizar la autoridad sanitaria competente (Tabla 8):

Tabla 8 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.

| Clasificación IRCA (%) | Nivel de Riesgo | IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata) | IRCA mensual (Acciones) |
|------------------------|---------------------------|---|---|
| 80.1 -100 | INVARIABLE SANITARIAMENTE | Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General | Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional |
| 35.1 - 80 | ALTO | Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD. | Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos. |
| 14.1 – 35 | MEDIO | Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador. | Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora |
| 5.1 - 14 | BAJO | Informar a la persona prestadora y al COVE | Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento. |
| 0 - 5 | SIN RIESGO | Continuar el control y la vigilancia | Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia. |

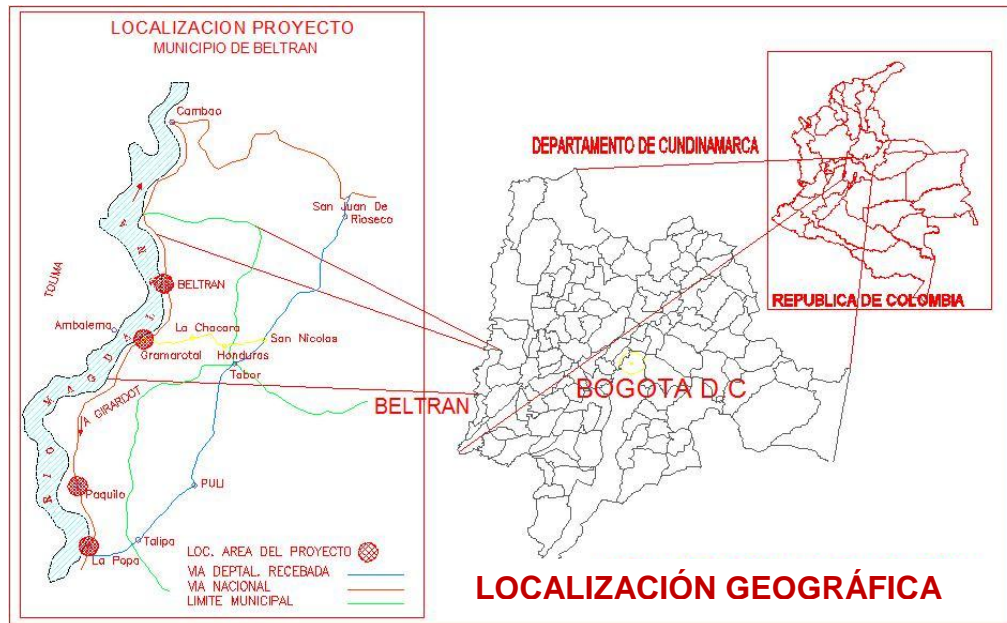
Fuente: Resolución 2115 de 2007

4 ANTECEDENTES

4.1 Características generales del municipio de Beltrán

El municipio de Beltrán fue fundado en 1856 y se encuentra localizado en el Suroccidente del departamento de Cundinamarca, limita al Norte con San Juan de Rio seco, al Sur con Guataqui, al Este con el departamento de Tolima y al Oeste con San Juan de Rioseco, Pulí y Jerusalén. Tiene una extensión total de 211 km², una altitud en su cabecera municipal de 231 msnm y una temperatura media de 27°C.

Figura 4 Localización del Municipio de Beltrán.



Fuente: Alcaldía del Municipio de Beltrán

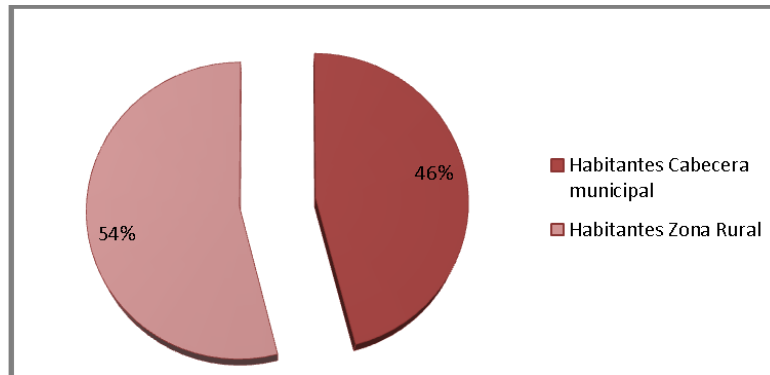
En cuanto a vías terrestres el municipio se comunica:

- por el Sur con Guataqué y Girardot;
- por el Norte se comunica a la inspección de Cambao y con el municipio de San Juan de Rio Seco;
- por el Este con el municipio de Pulí.

Con respecto a las vías fluviales, el municipio de Beltrán cuenta con el río Magdalena el cual permite el transito con los municipios de Guataqui, Girardot, Ambalema y la Inspección de Cambao al Norte.

El municipio cuenta con una densidad poblacional de 9 hab/ km², una población aproximada de 1.959 habitantes distribuidos, según se muestra en la Figura 5

Figura 5 Distribución de la Población de Beltrán



4.2 Descripción de Empresas Públicas de Cundinamarca

Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. ESP fue constituida mediante escritura pública 2069 de mayo 19 de 2008, como sociedad por acciones de carácter oficial, con autonomía administrativa, patrimonial y presupuestal. Su principal objeto es prestar servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía y gas, entre otros; así como servicios públicos no domiciliarios y el desarrollo de actividades complementarias inherentes a los mismos.

Su tarea es impulsar estrategias que permitan avanzar con mayor celeridad en la cobertura urbana y rural de los servicios de acueducto y saneamiento básico, así como las transformaciones para el manejo empresarial de estos servicios en cada uno de los 116 municipios del territorio Cundinamarqués.

4.3 Sistema de Acueducto de Beltrán

El acueducto municipal está conformado por cuatro plantas de tratamiento las cuales se abastecen de dos fuentes superficiales que son el Río Magdalena y la Quebrada Calacala y dos de agua subterránea. En la Tabla 9 se relacionan cada una de las plantas de tratamiento del municipio con su respectiva fuente.

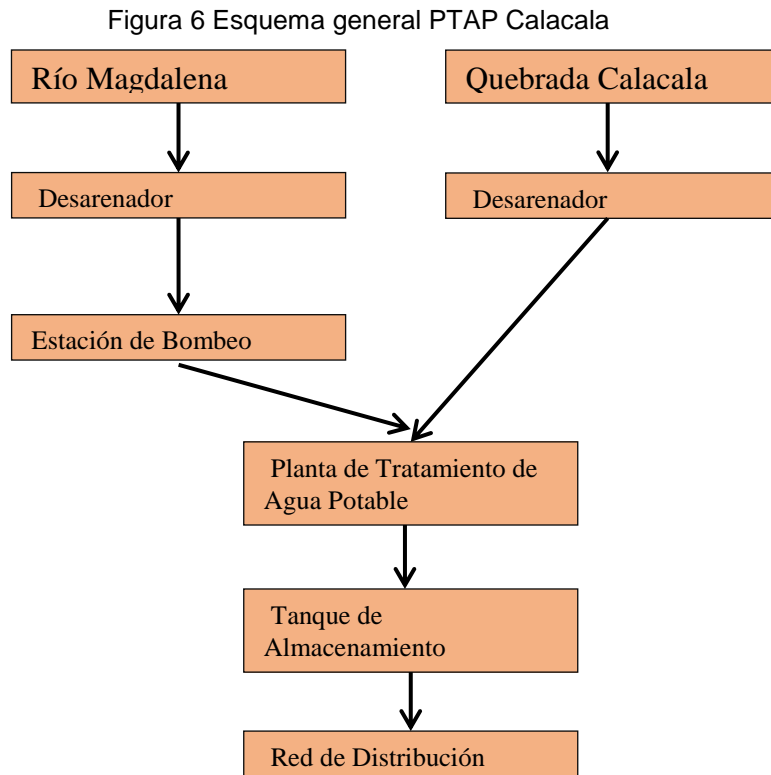
Tabla 9 Tratamiento del municipio de Beltrán

| NOMBRE DE LA PLANTA | FUENTE DE ABASTECIMIENTO |
|---------------------|--|
| Calacala | Fuente Superficial Quebrada Calacala y Río Magdalena |
| Paquiló | Agua Subterránea |
| Gramalotal | Agua Subterránea |
| La Popa | Fuente Superficial Río Magdalena |

4.4 Planta Calacala

La planta de tratamiento de agua potable Calacala está situada en el casco urbano del municipio.

En la Figura 6 se muestra el esquema general de la Planta Calacala desde la bocatoma hasta la red de distribución.



4.4.1 Quebrada Calacala

La Quebrada Calacala se encuentra localizada en el margen derecho del río Magdalena en el municipio de Beltrán, presenta un recorrido alrededor de los 4 km hasta el sitio de captación y nace aproximadamente en la cota 1600 msnm, el área de drenaje hasta el punto de captación es de 6,4 km². La quebrada presenta caudales mínimos cercanos a 2 lps por lo que se concluye que la fuente no garantiza el suministro permanente para el sistema de acueducto del Municipio de Beltrán. (EPC, año 2014. P.109)

Fotografía 1 Quebrada Calacala



Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

Bocatoma

La captación de agua de la quebrada Calacala se localiza en la Vereda El Limón, mediante una tubería conectada a un embalse construido sobre la fuente, la estructura no cuenta con un cerramiento perimetral que permita aislamiento y protección a la captación del agua. . (EPC, año 2014. P.110)

Fotografía 2 Bocatoma Quebrada Calacala



Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

Desarenador

Se encuentra localizado a aproximadamente 50 metros de la bocatoma, corresponde a una estructura en concreto reforzado; sus componentes son: cámara de entrada y distribución por medio de una pantalla de orificios, cámara de

salida y desagüe. Las dimensiones de la estructura son 4,75 metros de longitud, 1,5 metros de ancho y una profundidad útil de 1,50 metros. . (EPC, año 2014. P.116)

Fotografía 3 Desarenador Calacala



Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

Línea de Aducción

La tubería de aducción desde el punto de captación hasta la planta de tratamiento tiene una longitud aproximada de 2,5 km distribuidos como se muestra en la Tabla 10

Tabla 10 Características Línea de Aducción Calacala

| DESCRIPCIÓN | DIAMETRO TUBERÍA [PULG] | LONGITUD [m] |
|---|-------------------------|--------------|
| Línea aducción bocatoma – desarenador | 3 | 48,56 |
| Desarenador – Cámara de quiebre | 3 | 17,77 |
| | 2 | 407,79 |
| Cámara de quiebre – Planta de Tratamiento | 2 | 2110,74 |
| Longitud total de tubería diámetro 3" | | 66,33 |
| Longitud total de tubería diámetro 2" | | 2518,53 |
| Longitud total de tubería | | 2584,86 |

Fuente: Consorcio Consultoría Cundinamarca Subzona 3A. Informe final de diagnóstico – Plan Maestro de Acueducto Municipio de Beltrán.

Adicionalmente, existe una cámara de quiebre de presión para disminuir la presión alcanzada por el agua en su trazado (Fotografía 4).

Fotografía 4 Cámara de Quiebre – Línea de Aducción



Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

4.4.2 Río Magdalena

El río Magdalena es la principal fuente de abastecimiento del casco urbano del municipio de Beltrán, la calidad de agua del río es deficiente debido a la contaminación causada en los municipios aguas arriba.

Al momento de la visita de obra, la quebrada Calacala se encontraba seca, por lo cual el abastecimiento para la planta de tratamiento se está realizando solamente desde el Río Magdalena a partir de octubre de 2015

Fotografía 5 Río Magdalena



Bocatoma

La Captación consta de una plataforma flotante sobre el río Magdalena, y una estación de bombeo proyectada para la extracción de 7 litros por segundo, el diámetro de la tubería de succión es de 2" y la de impulsión es de 4" (EPC, año 2014. P.111)

Fotografía 6 Bocatoma Río Magdalena



Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

Desarenador

El sistema de captación cuenta con un desarenador cuyas dimensiones son 8 metros de longitud, 2 metros de ancho y 3 metros de profundidad, construido en concreto reforzado.

Fotografía 7 Desarenador Río Magdalena



Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

Estación de Bombeo

La impulsión del agua desde el desarenador contiguo a la bocatoma hasta la planta de tratamiento de agua potable, ubicada en el casco urbano, tiene una altura estática total de 60 metros y 710 metros de longitud. El periodo de bombeo es de 13 horas diarias (EPC, año 2014. P.117)

Fotografía 8 Equipos de bombeo Desarenador – PTAP



Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

4.4.3 Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento se encuentra ubicada en el casco urbano del municipio de Beltrán, cuenta con cerramiento en malla eslabonada y gaviones en sus costados para estabilizar el talud, de tipo convencional, en concreto reforzado.

Fotografía 9 Planta de Tratamiento Casco Urbano del municipio de Beltrán



Fotografía 10 Planta de Tratamiento Compacta fuera de funcionamiento



Fotografía 11 Gaviones para estabilidad del Talud



4.4.4 Tanques de Almacenamiento

El almacenamiento de agua se realiza por medio de un tanque enterrado de 135 m³ de capacidad localizado dentro del cerramiento de la planta de agua potable, de forma rectangular en concreto reforzado, con tubería de rebose, escaleras de acceso, desagüe, ventilación, válvulas de control de flujo de entrada y salida. Según información del operador los tanques son lavados cada 8 días.

El tanque de almacenamiento requiere mantenimiento ya que se observan dilataciones, grietas y fisuras.

Fotografía 12 Tanque de Almacenamiento

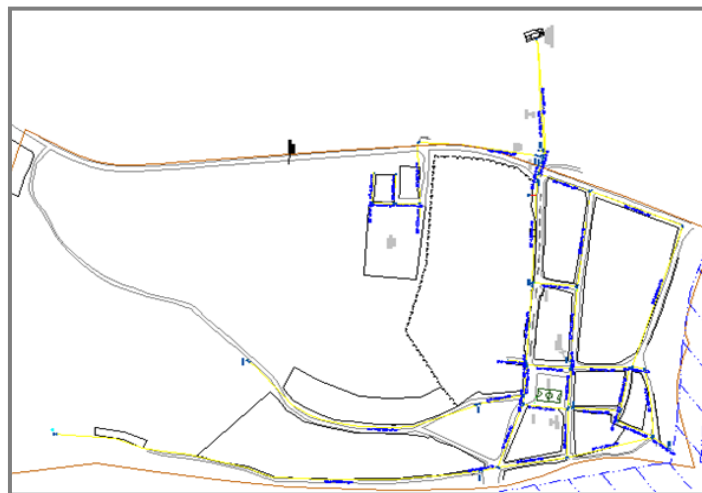


4.4.5 Redes de Distribución.

La red de distribución del casco urbano municipal tiene una longitud de 4,2 km, con tubería en PVC y diámetro de 2”.

La cobertura del servicio de acueducto en el casco urbano municipal es de 99%.(EPC, año 2014. P.131)

Figura 7 Catastro Redes de Acueducto



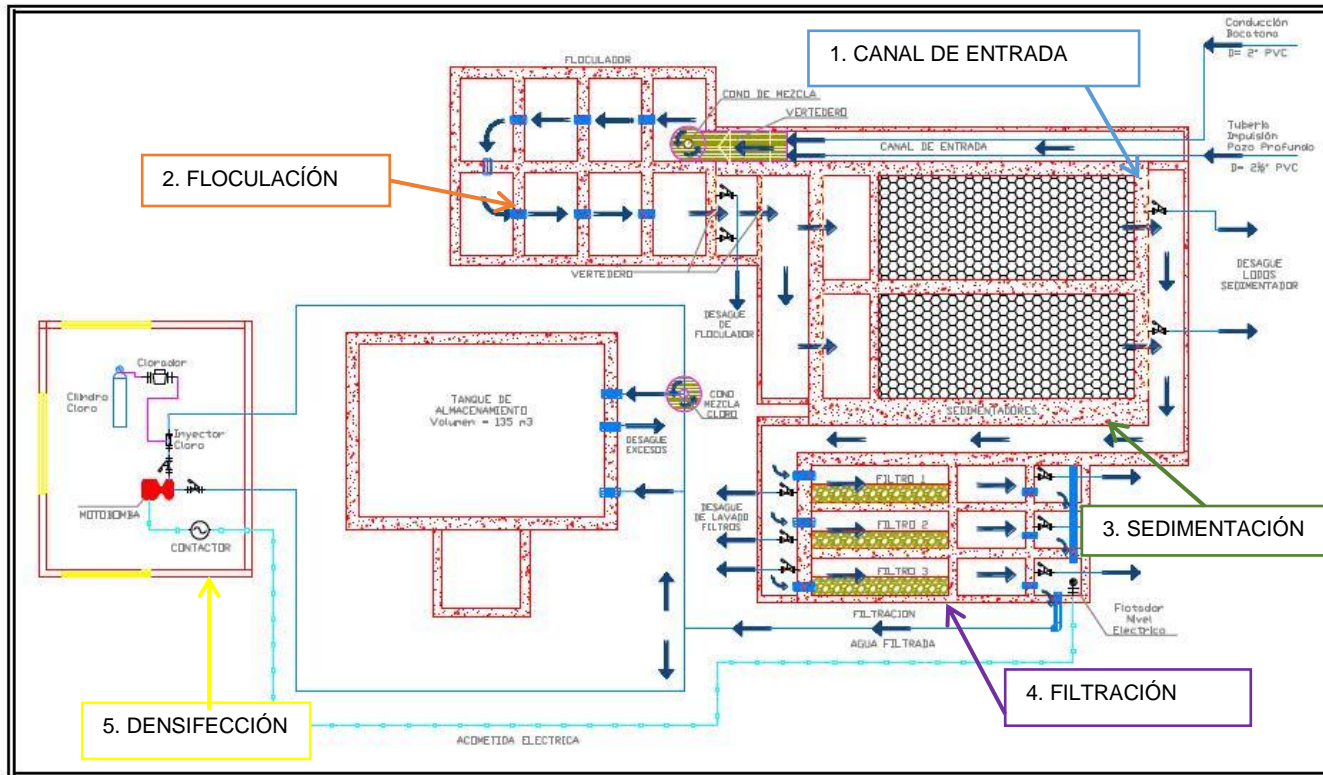
Fuente: Consorcio Consultoría Cundinamarca sub zona 3A. Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado del municipio de Beltrán. Informe de Diagnóstico.

5 COMPONENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Beltrán (Figura 8) abastece a 1058 habitantes del casco urbano del municipio de Beltrán, trata un caudal de 10 L/s durante 9,5 horas .y cuenta con los siguientes componentes:

1. Estructura de entrada
2. Floculación
3. Sedimentación
4. Filtración
5. Desinfección
6. Laboratorio de control de calidad de agua

Figura 8 Esquema Planta de Tratamiento de Agua Potable



Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

5.1 Estructura de Entrada

La estructura de entrada consta de un canal donde se dosifica sulfato de aluminio tipo A para la coagulación. La medición de caudal es realizada a partir de métodos área-velocidad.

La dosificación de sulfato de aluminio se realiza al tanteo. No se realizan pruebas de jarras para establecer la dosis óptima, tampoco existe mezcla rápida del coagulante con el agua.

Las dimensiones de la estructura de entrada se muestran en la Tabla 11

Tabla 11 Dimensiones Canal de entrada

| | |
|--------------------------------|--------|
| ALTURA LÁMINA DE AGUA : | 0,12 m |
| ANCHO: | 0,4 m |
| LARGO: | 9,5 m |

Fotografía 13 Canal de entrada



Fotografía 14 Sulfato de Aluminio para la Coagulación



5.2 Floculación

El floculador es una estructura hidráulica tipo Alabama conformado por ocho módulos en serie con las características de la Tabla 12

Tabla 12 Características del Floculador

| | |
|--|---------------------|
| TIPO: | Alabama |
| NO. CÁMARAS: | Ocho |
| DIMENSIONES: | 1,40x 0,90mx2,0m |
| ÁREA SUPERFICIAL: | 1,26 m ² |
| ALTURA ÚTIL: | 1,6m |
| DIÁMETRO DE LOS ORIFICIOS DE INTERCONEXIÓN: | 6" |
| LONGITUD TOTAL DEL FLOCULADOR: | 12,80 m |

Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

Se presentan grietas y fisuras en la estructura del floculador.

Fotografía 15 Entrada al Floculador



Fotografía 16 Floculador



Fotografía 17 Grietas en el floculador



5.3 Sedimentación

El módulo de sedimentación está compuesto por dos unidades de alta tasa con módulos hexagonales de polipropileno de flujo ascendente. El agua clarificada es recogida por un vertedero rectangular de pared delgada de rebose hacia un canal que comunica con las unidades de filtración. Las características del sedimentador se incluyen en la Tabla 13:

Tabla 13 Características del Sedimentador

| | |
|--|----------------------|
| TIPO: | Alta tasa |
| NO. UNIDADES: | 2 |
| ANCHO POR UNIDAD: | 1,75 m |
| LONGITUD POR UNIDAD: | 4,13 m |
| ÁREA SUPERFICIAL/UNIDAD: | 7,23 m ² |
| ALTURA: | 2,65 m |
| ALTURA ÚTIL: | 2,45 m |
| VOLUMEN ÚTIL: | 17,71 m ³ |
| LONGITUD DEL VERTEDERO | 1,75 m |
| DIAMETRO HIDRÁULICO MODULOS HEXAGONALES | 6 cm |
| ANGULO DE INCLINACIÓN | 60° |

Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. Dirección de Aseguramiento de la prestación – 2014

No se observa una buena remoción de sólidos debido a que no hay una adecuada formación de Floc.

Fotografía 18 Sedimentador



5.4 Filtración.

El sistema está compuesto por tres filtros rápidos en paralelo, de filtración de tasa; declinante y lechos mixtos de flujo descendente. No se lleva control de operación de los filtros. Sus características se incluyen en la Tabla 14

Tabla 14 Características Unidades de Filtración

| | |
|-----------------------------|--|
| NO. UNIDADES: | 3 |
| LONGITUD/FILTRO: | 2,30 m |
| ANCHO/FILTRO: | 0,62 m |
| LECHO SOPORTE | grava (altura): 0,48 m |
| MEDIO FILTRANTE | arena (altura): 0,28 m |
| ANTRACITA (ALTURA): | 0,10 m |
| CABEZA DE FILTRACIÓN | (altura): 1,20 m |
| TASA DE FILTRACIÓN: | 202 m ³ /m ² día |
| CAUDAL DE FILTRACIÓN | 864 m ³ /día |

Como se puede observar en la Fotografía 19 las unidades de filtración presentan grietas y fisuras

El agua de lavado de los filtros se recoge mediante una canaleta de lavado. Se usa velocidad constante durante el lavado, cada módulo de filtración tiene su propia válvula de retrolavado.

Fotografía 19 Unidades de Filtración



Fotografía 20 Salidas Unidades de Filtración



5.5 Desinfección.

La desinfección se realiza con hipoclorito de calcio granulado, la dosificación se utiliza usando equipos de venocllisis. Esporádicamente se hace verificación del cloro residual en las redes de distribución.

Fotografía 21 Dosificadora de Cloro



Fotografía 22 Dosificación de Cloro antes del tanque de almacenamiento



5.6 Laboratorio de control de calidad del Agua

El sistema de tratamiento de agua potable cuenta con un cuarto para laboratorio de análisis de calidad de agua, sin embargo el laboratorio no se encuentra dotado de los equipos e instrumentos suficientes para realizar el control de calidad de los procesos de potabilización del agua.

Los equipos de laboratorio exigidos en el RAS 2000 y su cumplimiento en el laboratorio de la Planta de Purificación de agua se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15 Equipos de Laboratorio exigidos en el RAS 2000

| EQUIPO | CUMPLE |
|--|--------|
| Balanza analítica | OK |
| Agitadores | OK |
| Analizador y registrador de cloro residual | OK |
| Lavamanos | OK |
| Termómetros : | OK |
| Mesón de trabajo | OK |
| Garrafas de 1 Galón | OK |
| Materiales de vidrio (sistema de titulación) | OK |
| Medidor de pH –Conductividad | OK |
| Espectrocolorímetro más cubas | OK |
| Bomba de vacío | OK |
| Nevera | NO |
| Ducha de seguridad | NO |
| Gabinetes | NO |
| Reactivos químicos | OK |
| Mecheros | OK |
| Envases para muestreo | OK |
| Equipo de prueba de jarras | OK |
| Turbidímetro | NO |
| Biblioteca | NO |

Fotografía 23 Laboratorio de Calidad de Agua



Fotografía 24 Equipo para Ensayo de Jarras



Fotografía 25 Medidor de pH



Fotografía 26 Colorímetro Spectroquant® Multy



6 CONDICIONES DE DISEÑO Y OPERACIÓN

En la Tabla 16 se presentan las características de la Planta de Tratamiento Calacala relacionando los valores de operación y los criterios de cumplimiento según el RAS 2000 para un caudal de operación de 10 lps.

Tabla 16 Características Planta de Tratamiento Calacala

| UNIDAD | PARÁMETRO | VALOR DE OPERACIÓN | CRITERIO RAS 2000 | CUMPLE |
|----------------------------------|---|--------------------|-------------------|--------|
| Estructura de Entrada | Caudal | 10 lps | | |
| | Velocidad de salida [m/s] | 1,4 | >1 | SI |
| Floculador Alabama | Velocidad en el codo [m/s] | 0,56 | 0,4 a 0,6 | SI |
| | Número de cámaras | 8 | >= 8 | SI |
| | Gradiente de velocidad [s ⁻¹] | 23 s ⁻¹ | 20 a 70 | SI |
| | Nº de Camp | 37.260 | 30.000 A 150.000 | *SI |
| | Tiempo de retención [min] | 27 | 20 a 40 | SI |
| Sedimentador de alta tasa | Nº Unidades | 2 | >= 2 | SI |
| | Carga Superficial [m/d] | 60 | 120 a 185 m/d | SI |
| | Profundidad del Tanque [m] | 2,45 | 4 a 5,5 m | NO |
| | Número de Reynolds | 109 | <500 | SI |
| | Tiempo de retención [min] | 10,4 | 10 a 15 | SI |
| | Inclinación [°] | 60 | 55 a 60 | SI |
| Filtración | Tasa de Filtración | 202 m/d | < 300 m/d | SI |

*Norma AWWA

7 CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE Y DEL EFLUENTE

Caracterización del Afluente.

En la Tabla 17 se comparan los valores de los análisis del Río Magdalena del mes de enero de 2016 con los criterios establecidos en el Artículo 38 del decreto 1594 de 1984 de calidad para destinación del recurso para consumo humano y doméstico para que la fuente requiera tratamiento convencional. Se concluye que el parámetro de color y la turbiedad requieren para el agua tratamiento convencional con coagulación, sedimentación, filtración, desinfección y estabilización.

Tabla 17 Caracterización del Afluente

| PARÁMETROS ANALIZADOS | MÉTODO ANALÍTICO | CRITERIOS DECRETO 1594 DE 1984 | UNIDADES | RESULTADOS |
|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|
| pH | electrométrico | 5,0 a 9,0 | UNID | 7,4 |
| color | espectrofotométrico | 75 | UPtCo | 125 |
| turbiedad | nefelométrico | - | UJT | 54 |
| cloruros | titulométrico | 250 | mg/L-Cl ⁻ | 30 |
| sulfatos | turbidimétrico | 400 | mg/L-SO ₄ | 14 |
| fosfatos | colorimétrico | - | mg/L-PO ₄ | 1,02 |
| nitritos | colorimétrico | 1 | mg/L-N | 0 |
| hierro total | colorimétrico | - | mg/L-Fe | 0,73 |
| alcalinidad total | titulométrico | - | mg/L-CaCO ₃ | 80 |
| dureza total | titulométrico | - | mg/L-CaCO ₃ | 90 |
| manganeso | colorimétrico | - | mg/L-Mn | 0,03 |
| conductividad | electrométrico | - | μS/cm | 236 |
| Coliformes totales | | 20.000 NMP / 100 mL | | 2.600 UFC /100 mL |
| Escherichia coli (coli fecal) | | 2.000 NMP / 100 mL | | 470 UFC /100 mL |

Caracterización del Efluente

El agua para consumo humano debe cumplir con los requisitos de calidad físico química y microbiológica establecidos en la Resolución 2115 de 2007 por medio de la cual los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, o aquel que lo modifique o reemplace. La calidad del agua no debe deteriorarse ni caer por debajo de los límites establecidos allí durante el periodo de tiempo para el cual se diseñó el sistema de abastecimiento. RAS 2000 (2010)

En la Tabla 18 se muestran los resultados de los análisis del mes de agosto de 2016.

Tabla 18 Caracterización del Efluente

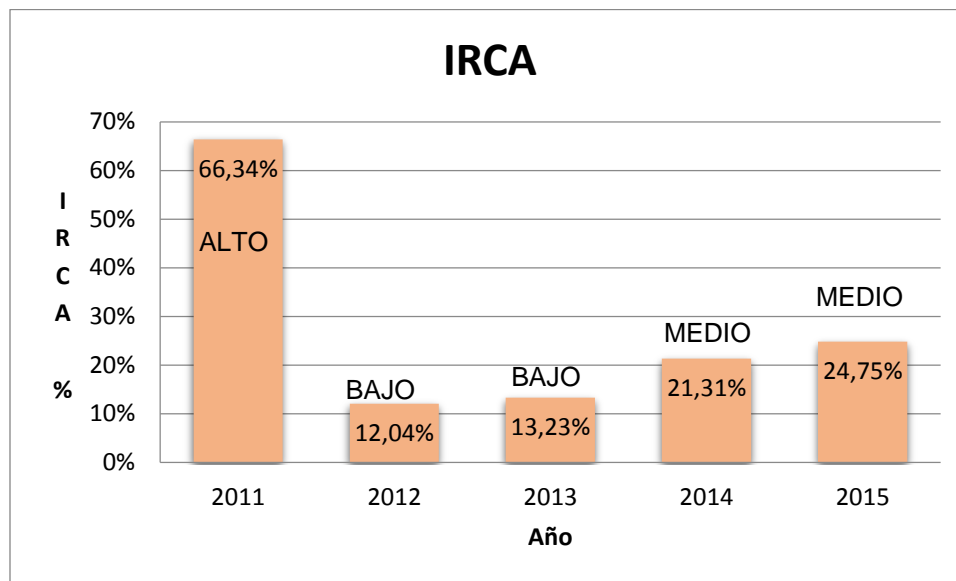
| PARÁMETROS ANALIZADOS | MÉTODO ANALÍTICO | VALORES DE REFERENCIA RESOLUCIÓN 2115 DE 2007 | UNIDADES | RESULTADOS | PUNTAJE DE RIESGO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------------|---------------------|---|-------------------------|------------------|-------------------|-------------|
| pH | electrométrico | 6,5 a 9,0 | UNID | 7,2 | 1,5 | CUMPLE |
| color | espectofotométrico | 15 | UPtCo | 55 | 6 | NO CUMPLE |
| turbiedad | nefelométrico | 2 | UNT | 6,2 | 15 | NO CUMPLE |
| cloro residual | colorimétrico | 0,3 a 2,0 | ml/l Cl ₂ | 0,98 | 15 | CUMPLE |
| cloruros | titulométrico | 250 | mg/L-Cl ⁻ | 12 | 1 | CUMPLE |
| sulfatos | turbidimétrico | 250 | mg/L-SO ₄ | 29 | 1 | CUMPLE |
| fosfatos | colorimétrico | 0,5 | mg/L-PO ₄ | 0,48 | 1 | CUMPLE |
| nitritos | colorimétrico | 0,1 | mg/L-NO ₂ | 0 | 3 | CUMPLE |
| hierro total | colorimétrico | 0,3 | mg/L-Fe | 0,11 | 1,5 | CUMPLE |
| alcalinidad total | titulométrico | 200 | mg/L-CaCO ₃ | 32 | 1 | CUMPLE |
| dureza total | titulométrico | 300 | mg/L-CaCO ₃ | 62 | 1 | CUMPLE |
| aluminio residual | colorimétrico | 0,2 | ml/ L A1 ⁺⁺⁺ | 0,034 | 3 | CUMPLE |
| Coliformes totales | filtración membrana | 0 U.F.C / 100 ml | U.F.C / 100 ml | 170 UFC /100 mL | 15 | NO CUMPLE |
| Escherichia coli (coli fecal) | filtración membrana | 0 U.F.C / 100 ml | U.F.C / 100 ml | 0 UFC /100 mL | 25 | CUMPLE |
| Mesófilos totales | filtración membrana | 100 U.F.C / 100 ml | U.F.C / 100 ml | 2800 UFC /100 mL | - | CUMPLE |
| % IRCA | | | | | 40 | RIESGO ALTO |

Según el IRCA calculado para el mes de agosto con un puntaje de 40 se obtiene un nivel de riesgo alto lo cual implica que el agua no es apta para consumo humano, y se hace necesaria la gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.

Valores Históricos del IRCA.

En la Figura 9 se relaciona el comportamiento del IRCA en los últimos 5 años donde se observa que el municipio no se ha preocupado por mejorar en este indicador. También se evidencia con los análisis del presente año que la tendencia del IRCA es incrementarse lo cual quiere decir que se ha venido aumentando el nivel de Riesgo.

Figura 9 Valor Histórico IRCA



En la Tabla 19 se muestra lo que representa el valor del IRCA para cada año

Tabla 19 Niveles de Riesgo

| AÑO | IRCA % | NIVEL DE RIESGO | ACCIONES |
|------|--------|-----------------|--|
| 2011 | 66,34 | Alto | Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos. |
| 2012 | 12,04 | Bajo | Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento. |
| 2013 | 13,23 | Bajo | |
| 2014 | 21,31 | Medio | Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora |
| 2015 | 24,75 | Medio | |

7.1 Eficiencia del tratamiento

En la Tabla 20 se presenta la eficiencia del tratamiento, calculada para los parámetros de turbiedad, cloruros, fosfatos hierro total, coliformes totales y Escherichia coli, para los resultados de los análisis realizados en Agosto de 2016.

Tabla 20 Eficiencia de tratamiento, %

| Parámetro | Valor |
|-------------------------------|-------|
| Turbiedad | 89% |
| Cloruros | 60% |
| Fosfatos | 53% |
| hierro total | 85% |
| dureza total | 31% |
| Coliformes totales | 93% |
| Escherichia coli (coli fecal) | 100% |

8 CONCLUSIONES

- Las unidades de floculación, sedimentación y filtración presentan grietas y fisuras, por tanto requieren mantenimiento.
- Los servicios sanitarios y de almacenamiento de la planta requieren aseo y ordenamiento.
- El floculador opera dentro de los parámetros de operación para este municipio.
- El sedimentador de alta tasa opera dentro de los parámetros de operación para este proceso.
- La caracterización de la fuente indica que se requiere para su tratamiento los procesos de coagulación, sedimentación, filtración, desinfección y estabilización.
- La caracterización del efluente y el IRCA calculado para el mes de agosto de 2016 indican que el agua no cumple con la norma de agua potable y hace necesaria la gestión directa de acuerdo con su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
- La tendencia creciente del IRCA a partir de 2012 indica que se ha venido aumentando el nivel de Riesgo y que se requiere determinación de la dosis óptima mediante ensayo de Jarras, y de la dosis de cloro mediante ensayos de demanda de cloro.
- Se recomienda dotar a la planta de una unidad especificada de mezcla rápida.

9 REFERENCIAS

Empresas Públicas de Cundinamarca, (2012). **Diagnóstico Integral Beltrán VF.** Colombia. Recuperado de: <http://www.epc.com.co/docs/estudios/>

Romero Rojas, J.A. (1999). *Potabilización del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería*

Greenpeace Colombia, (2010). **Agua.** Colombia. Recuperado de: <http://www.greenpeace.org/colombia/es/campanas/contaminacion/agua/>

Resolución 1594 de 1984. (1984, 26 de junio). Colombia. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

Resolución 2115 de 2007. (2007, 22 de junio). Colombia. Recuperado de: http://www.aguasyaguas.com.co/calidad_agua/images/descargas/res_2115_220707.pdf

Resolución 1594 de 1984. (1984, 26 de junio). Colombia. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Título C. (2013, 4 de diciembre). Colombia. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/reglamento-tecnico-del-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable>

Organización Mundial de la Salud, (2008). **Guías para la Calidad de agua potable.** Suiza. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full1_lowres.pdf

Servicio Nacional de Aprendizaje, (1999). **Operación y Mantenimiento de plantas de potabilización de agua.** Colombia. Recuperado de: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html

Arellano, J. (2002). *Introducción a la ingeniería ambiental.* México: Alfaomega

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, (2010). **Lección 17 Calidad del agua.**
Colombia. Recuperado de:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358001/Material_didactico/leccin_17_calidad_d_el_agua.html