



**Diagnóstico de un sistema de abastecimiento de agua potable por fuente  
subterránea en una zona de expansión del Valle del Cauca**

**Harold Caicedo Álvarez**

Código 16500523

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD**  
Escuela de ciencias agrícola, pecuarias y del medio ambiente  
ECAPMA  
2017



**Diagnóstico de un sistema de abastecimiento de agua potable por fuente  
subterránea en una zona de expansión del Valle del Cauca**

**Harold Caicedo Álvarez**

Código 16500523

Trabajo de grado aplicado para optar al título de  
**Ingeniero Ambiental**

Dirigido por

**Milton Cesar Ararat Orozco**

Ingeniero Agrónomo *Ph. D.*

**Universidad Nacional Abierta Y A Distancia - UNAD**

Escuela De Ciencias Agrícola, Pecuarias Y Del Medio Ambiente

ECAPMA

2017

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

Presidente Del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cali (Valle), noviembre de 2017

## **Dedicatoria**

A Dios Principalmente por permitirme realizar este uno de mis propósitos en la vida,

A mis padres por su apoyo constante

A mi gran Esposa por su apoyo incondicional ya que sin ella no podría cumplir todos estos  
sueños.

A mi Hijo, el amor y motor de mi vida.

## **Agradecimientos**

Expreso mi agradecimiento al ingeniero Milton Cesar Ararat Orozco por su apoyo y dedicación, por ser el guía y orientador en la realización de este trabajo y por sus valiosos aportes académicos.

Gracias especiales a la empresa de servicios públicos de Yumbo y todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo.

## Resumen

El agua subterránea es uno de los recursos explotables disponible para nuestra subsistencia en muchos lugares ya está siendo utilizada como fuente alterna de abastecimiento, ya que el agua subterránea presenta mejores condiciones para su potabilización con respecto al agua superficial.

En el presente se realizó el diagnóstico de la calidad del agua de un sistema de abastecimiento y de potabilización de agua por fuente de agua subterránea, ubicada en el municipio de Yumbo barrio la Estancia, la cual presenta un pozo perforado por la ESPY S.A ESP (Empresa de servicios públicos de Yumbo), el pozo cuenta con una capacidad de 25 l/s, que luego es tratada en una planta de tratamiento de agua tipo compacta, este sistema se construyó con la finalidad de abastecer a los habitantes de la zona de expansión Suroriental, ya que la principal fuente de abastecimiento del Municipio, el río Yumbo se ha visto afectada por la disminución de su caudal debido a los diferentes fenómenos naturales presentados en los últimos años, además el caudal promedio actual del agua de esta fuente no es suficiente para el abastecimiento de esta nueva zona. <sup>1</sup>

La metodología para el diagnóstico consistió en la observación técnica y utilización de parámetros cuantitativos, en la que se espera obtener una caracterización de la infraestructura física y el análisis de los resultados de calidad con respecto a la norma colombiana para agua potable; por otra parte, contemplar si la calidad actual del agua suministrada a los usuarios de la zona de expansión en Yumbo cumple o no con los parámetros establecidos por la norma para consumo humano.

**Palabras Claves:** abastecimiento de agua, planta de potabilización, agua subterránea, calidad de agua, infraestructura hidráulica.

---

<sup>1</sup> Bases del plan de desarrollo, 2016-2019

## Summary

Groundwater is one of the exploitable resources available for our subsistence. In many places, it is already being used as an alternative source of supply, since groundwater presents better conditions for its purification with respect to surface water.

At present, the diagnosis of the water quality of a water supply and purification system by groundwater source was made, located in the municipality of Yumbo La Estancia neighborhood, which has a well drilled by the ESPY SA ESP ( Public utility company of Yumbo), the well has a capacity of 25 l / s, which is then treated in a compact water treatment plant, this system was built in order to supply the inhabitants of the area of Southeast expansion, since the main source of supply of the Municipality, the Yumbo River has been affected by the decrease of its flow due to the different natural phenomena presented in recent years, besides the current average flow of water from this source is not enough for the supply of this new area.

The methodology for the diagnosis consisted of the technical observation and use of quantitative parameters, in which it is expected to obtain a characterization of the physical infrastructure and the analysis of the quality results with respect to the Colombian norm for drinking water; On the other hand, consider whether the current quality of the water supplied to the users of the expansion area in Yumbo complies or not with the parameters established by the norm for human consumption.

**Key words:** water supply, potabilization plant, groundwater, water quality, hydraulic infrastructure.

## Tabla de contenido

1.	INTRODUCCION.....	¡Error! Marcador no definido.
2.	JUSTIFICACIÓN .....	3
3.	OBJETIVOS .....	5
4.	ANTECEDENTES .....	6
5.	MARCO DE REFERENCIA.....	7
5.1	Fuentes de abastecimiento: .....	7
5.1.2	Aguas superficiales .....	7
5.1.3	Aguas subterráneas .....	7
5.2	Comparación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas .....	9
5.3	Propiedades físicas del agua subterránea .....	10
5.4	Propiedades químicas del agua subterránea.....	13
5.5	Parámetros microbiológicos .....	16
5.6	Agua subterránea como fuente de abasto .....	17
5.7	Alternativas de tratamiento del agua y parámetros de calidad .....	17
5.8	Planta de tratamiento .....	19
5.8.2	Tipos de plantas de tratamiento de agua: .....	19
5.8.3	Plantas de filtración rápida:.....	19
5.8.4	Plantas de filtración lenta: .....	19
5.8.5	Clasificación de las plantas de filtración rápida por el tipo de tecnología utilizada: ..	20
5.8.6	Plantas de tratamiento modular .....	20
5.9	Métodos existentes para evaluar la calidad del agua .....	21
5.9.1	Vigilancia de la calidad del agua.....	21
5.9.2	Control de la calidad del agua para consumo humano .....	21
5.9.3	Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo al número de habitantes .....	21
5.9.4	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.....	22
6.	MARCO LEGAL.....	24
7.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
7.1	Localización área de estudio.....	26
7.2	Descripción general de la metodología .....	26
7.2.1	Recolección y revisión de datos.....	26
7.2.2	Reconocimiento de la infraestructura hidráulica .....	26
7.2.3	Representación gráfica de los datos .....	27
7.2.4	Comparación de los valores con la norma .....	27



7.2.5	Cálculo índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano IRCA .....	27
7.3	Muestreo y generación de datos .....	30
8.	RESULTADOS OBTENIDOS .....	31
8.1	Reconocimiento de la infraestructura hidráulica .....	31
8.1.2	Pozo profundo y estación de bombeo agua cruda .....	31
8.1.3	Tubería de salida del pozo .....	33
8.1.4	Descripción de la planta de tratamiento compacta: .....	34
8.1.5	Tanque De Almacenamiento .....	37
8.1.6	Sistema de dosificación .....	38
8.1.7	Estación de bombeo agua tratada .....	39
8.2	Parámetros de calidad del agua evaluada .....	40
8.2.2	Matriz de datos agua sin tratamiento (agua cruda).....	40
8.2.3	Matriz de datos agua tratada .....	43
8.2.4	Cálculo del Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) .....	47
9.	CONCLUSIONES .....	52
10.	RECOMENDACIONES .....	54
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS		

## Lista de tablas

	Pág.
tabla 1 diferencias entre las aguas superficiales y subterráneas fuente: .....	9
Tabla 2 Límites de calidad del agua para plantas de filtración directa.....	17
Tabla 3 Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante filtración rápida completa.....	18
Tabla 4 Límites de calidad del agua para tratamiento mediante filtración lenta .....	18
Tabla 5 límites para aguas de consumo humano.....	18
Tabla 6 Puntos de muestreo según población.....	22
Tabla 7 clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual Y Acciones Que Deben Adelantarse .....	22
Tabla 8 Puntajes de riesgo parámetros físicos, químicos y microbiológicos .....	29
Tabla 9 Métodos para determinación de parámetros .....	30
Tabla N° 10 características del pozo .....	32
Tabla 11 Características iniciales del agua del pozo .....	32
Tabla 12 características tubería de aducción.....	34
Tabla N° 13 Coordenadas Ptap.....	34
Tabla N° 14 Características del filtro grueso ascendente .....	36
Tabla N° 15 Características filtro automático a gravedad .....	36
Tabla N° 16 Medidas del Tanque de almacenamiento.....	38
Tabla N° 17 Cuadro bombas y sus características .....	39
Tabla 18 Matriz de datos tomados durante el semestre de prueba agua cruda (sin tratamiento)....	40
Tabla 19 matriz Agua Tratada .....	43
Tabla 20. Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Febrero	47
Tabla 21. Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Marzo .	49
Tabla 22. Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Abril.....	49
Tabla 23. Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Mayo...	50
Tabla 24 Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Junio ....	50
Tabla 25 Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Julio .....	51

## Lista de figuras

	Pág.
FIGURA 1 Plano Ubicación Sistema Estancia .....	26
FIGURA 2 Pozo profundo .....	32
FIGURA 3 Salida a Ptap vista frontal y lateral salida a Ptap. ....	34
FIGURA 4 vista frontal y lateral planta compacta .....	35
FIGURA 5 Descripción hidráulica de los filtros .....	36
FIGURA 6 válvulas de control .....	37
FIGURA 7 Entrada de agua cruda a la planta .....	37
FIGURA 8 Tanque de almacenamiento lado Frontal y lateral .....	38
FIGURA 9 Caseta de dosificación.....	38
FIGURA 10 Estación de bombeo agua tratada.....	39

## Lista de gráficos

	Pág.
Gráfico 1 Análisis de calidad de turbiedad del agua cruda .....	41
Gráfico 2 análisis de calidad de color aparente del agua cruda .....	41
Gráfico 3 análisis del pH del agua cruda .....	42
Gráfico 4 análisis de Coliformes totales del agua cruda .....	42
Gráfico 5 análisis de Coliformes fecales del agua cruda .....	43
Gráfico 6 análisis de calidad turbiedad del agua tratada .....	44
Gráfico 7 análisis de calidad de color aparente del agua tratada .....	44
Gráfico 8 análisis del pH del agua tratada .....	45
Gráfico 9 análisis cloro residual del agua tratada .....	45
Gráfico 10 análisis Coliformes totales del agua tratada .....	46
Gráfico 11 análisis Coliformes fecales E. Coli del agua tratada .....	47
Gráfico 12 Cuadro comparación IRCA Vs Limite Norma para agua apta para consumo.....	51

## 1. Introducción

El crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización, el aumento de la producción y el consumo, han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor en el mundo. Se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual **(2030 WRG, 2009)**.

Esto también por las interacciones que se presenten entre el hombre y la naturaleza, ya que las recargas hídricas, dependen de la importancia ecológica y los impactos humanos generados **(Sophocleus, 2002)**.

Las aguas subterráneas, abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego **(FAO, 2010)**. A nivel mundial, 2.500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua **(UNESCO, 2012)**.

En el Valle del Cauca en el año 2015 se reportaron 1452 pozos activos en el que se extraen un promedio de 120 l/s de cada pozo, de los cuales 168 industrias son abastecidas por aguas subterráneas y se estima una oferta en volumen almacenado de 40.000 millones de m<sup>3</sup>, una recarga natural anual de 3.500 millones de m<sup>3</sup> como balance hídrico regional para una disponibilidad total aprovechable de 1.750 millones de m<sup>3</sup>/anuales, equivalente a un 50% de la recarga anual. Con una demanda actual anual entre 400 - 500 millones de m<sup>3</sup> 11% y 18 % de la recarga natural lo que garantiza, mantener el sistema acuífero en equilibrio **(Páez, 2015)**.

El uso del agua subterránea en ocasiones presenta problemas por sus características, como olor, sabor, color, Fe, alcalinidad, dureza y generalmente bajos niveles de oxígeno **(C. Espinoza 2005)**.

La zona sur oriental del municipio donde está ubicado el pozo de estudio, se encuentra en un proceso de consolidación urbanística y de expansión, donde se van a incorporar lotes al

perímetro urbano, modificando los usos del suelo de predios y la definición de normas generales para cambiar la destinación de algunos predios. (**Acuerdo 016 de 2013 entre el concejo municipal de Yumbo y la alcaldía**).

De acuerdo a lo anterior, se realizó el siguiente trabajo, encaminado al diagnóstico del sistema de abastecimiento y tratamiento por fuente de aguas subterráneas en el que se revisó el cumplimiento de los parámetros de calidad con respecto a las normas vigentes para agua potable.

## 2. Justificación

El suministro de agua potable segura en el mundo, ayuda a reducir las enfermedades asociadas por este y disminuir un problema de salud pública, hoy en día organizaciones como la OMS se encuentran trabajando con el fin de reducirlo cada día.

En Colombia este problema es grave, dado que en este siglo el porcentaje de poblaciones sin acueducto es bastante alto **(ODM 7)<sup>2</sup>**.

Para el municipio de Yumbo se han venido trabajando proyectos para mejoramiento de la calidad del agua, lo mismo que en la búsqueda de alternativas para el suministro de agua a las comunidades.

En la zona de expansión sur, en la actualidad existen diferentes pozos perforados, estos con la finalidad de uso agrícola, de acuerdo a los problemas generados por el cambio climático que hacen que el suministro con la fuente actual, Rio Yumbo (fuente para todo el municipio) sea insuficiente, se plantearon y materializaron nuevas alternativas como la perforación de pozos profundos para poder desarrollar esta zona.

En el sector de la Estancia, se perforo un pozo profundo y se construyó una PTAP con la finalidad de uso para abastecimiento humano.

en la planta se han venido presentando problemas a comienzos del año, generando molestias en el suministro a los usuarios, estos asociados al color en el agua después de tratamiento, por esta razón se plantea la realización de este diagnóstico con la finalidad de determinar si el agua que se abastece a esta comunidad cumple con los parámetros estipulados en la norma colombiana para agua potable, y también poder prevenir a futuro enfermedades asociadas al uso del agua para consumo, las cuales generan consecuencias no solo para la población sino también para la empresa de servicios públicos quien es el operador de este servicio, además por

---

<sup>2</sup> Objetivos del Milenio

la implementación en esta ciudad de alternativas de abastecimiento por pozos profundos, la cual Se pretende ampliar a futuro por parte de la empresa de servicios públicos puesto que esta zona presenta buenas fuentes de recarga hídrica.

Este diagnóstico contribuyo al beneficio de los habitantes de la zona de expansión sur oriental que derivan su abastecimiento de este sistema por fuente subterránea, puesto que los resultados generan un impacto positivo en el desarrollo social de la zona.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Diagnosticar técnicamente un sistema de tratamiento y abastecimiento de agua potable por fuente subterránea en una zona de expansión del municipio de Yumbo en el departamento del Valle del Cauca.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ✚ Realizar un reconocimiento de la infraestructura hidráulica de los componentes del sistema de abastecimiento de agua subterránea.
- ✚ Interpretar parámetros de calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de fuente subterránea durante el proceso de tratamiento.
- ✚ Establecer un proceso de análisis de tendencia y comparación de los resultados frente a la normatividad de calidad del agua.



#### 4. Antecedentes

La ESPY S.A ESP corresponde a la empresa de servicios públicos de Yumbo que es la encargada de prestar el servicio de acueducto a los habitantes de la zona de laderas de esta ciudad. En este momento el municipio está presentando nuevas alternativas de vivienda en la nueva zona de expansión, La fuente principal el río Yumbo, se encuentra afectada por la disminución de caudal, ocasionado por los diferentes fenómenos que se han presentado en los últimos 3 años desde el 2015, por esta razón realizaron exploraciones de nuevas alternativas de abastecimiento de lo cual surge la idea de la perforación de pozos profundos y construcción de planta de potabilización para suplir las necesidades de agua que se presentan en la nueva población.

Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Yumbo, la planta de potabilización de la nueva estancia, ubicada en el municipio de Yumbo, pertenece a la Empresa de servicios públicos de esta ciudad, quien la construyó con la finalidad de abastecer inicialmente a 2690 usuarios de la nueva urbanización de Hacienda Verde que corresponde a viviendas de interés social ubicadas en la nueva zona de expansión del municipio.

El sistema de abastecimiento y potabilización se construyó en un lote de propiedad del Municipio, aquí se construyó el pozo con acompañamiento de la CVC, entidad la cual concedió por medio de la resolución 0710 N° 0713000602 del 1 de Julio de 2016 la concesión de agua para este proyecto (**ESPY SA ESP**).

Para el municipio este es el primer pozo construido con fines de abastecimiento a población humana, ya que los demás fueron construidos únicamente para producción agrícola, en el desarrollo de los nuevos proyectos de vivienda para este sector de expansión del municipio, se pretenden perforar más pozos con el objetivo de abastecimiento.

## 5. Marco de referencia

### 5.1 Fuentes de abastecimiento:

El origen o fuentes de abastecimiento y suministro de agua para consumo como agua potable son muy importantes en lo referente a su calidad y composición.

Se pueden dividir las fuentes de abastecimiento en dos tipos: superficiales y subterráneas.

#### 5.1.2 Aguas superficiales

La calidad del agua superficial es el resultado de un conjunto de factores, ya que tanto el régimen hidrológico de la cuenca hidrográfica como las características hidráulicas del sistema fluvial influyen en su composición. Para definir la calidad del agua, resulta imprescindible anteponer un uso predominante. De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano para uso agrícola, industrial, recreacional, entre otros (**Villalobos, 2008**).

#### 5.1.3 Aguas subterráneas

La mayor parte del agua subterránea se origina del agua de lluvia infiltrada hasta los acuíferos después de fluir a través del subsuelo. Durante la infiltración, el agua puede cargar muchas impurezas tales como partículas orgánicas e inorgánicas, detritus de plantas y animales, microorganismos, pesticidas, fertilizantes, etc. Sin embargo, durante su recorrido por el subsuelo mejora significativamente de su calidad: las partículas suspendidas y microorganismos se retienen por filtración natural y las sustancias orgánicas se degradan por Oxidación. Por otro lado, las sales disueltas, causantes de problemas como dureza y salinidad, no se remueven e incluso, se pueden incrementar considerablemente por la disolución de Minerales del subsuelo (**Hofkes, 1981**).

Otras sustancias o elementos frecuentemente presentes en las aguas subterráneas son: sulfatos, nitratos, hierro y manganeso, arsénico y flúor. En muchos casos el agua es de buena calidad y

puede usarse y beber directamente sin tratamiento, aunque siempre es preferible la desinfección como barrera de seguridad para prevenir contaminación durante el manejo del agua, ya que las aguas de pozos pueden contener contaminación microbiológica proveniente de letrinas cercanas, tanques sépticos, pastoreo de ganado o contaminación por sustancias orgánicas sintéticas de productos agroquímicos **(Martínez, C. y A. García (2003))**.

La calidad (química) del agua subterránea refleja los aportes desde la atmósfera, el suelo y las reacciones agua-roca (meteorización), así como también desde fuentes de contaminación tales como minas, áreas despejadas, agricultura, lluvias ácidas, residuos domésticos e industriales. El movimiento relativamente lento del agua a través del terreno indica que los tiempos de permanencia de las aguas subterráneas están generalmente dentro de órdenes de magnitud mayores que los de las aguas superficiales.

Durante el desarrollo y explotación de un acuífero, podrían producirse cambios en la química natural, los cuales podrían resultar beneficiosos o perjudiciales para la salud (por ejemplo: aumento de Flúor (F) y Arsénico (As)).

La calidad del agua subterránea alojada en acuíferos poco profundos también puede verse afectada por deslizamientos, incendios y otros procesos superficiales que aumentan o reducen la infiltración, o que exponen o cubren superficies rocosas y suelos, los cuales interactúan con el agua superficial descendente.

El hierro y el manganeso están presentes en el agua subterránea en su más reducida y soluble forma: Hierro (Fe) (II) y Manganeso (Mn) (II). Las aguas que contienen hierro y manganeso se pueden dividir en dos principales grupos: aguas en las que el hierro y el manganeso se oxidan fácil y rápidamente y aguas donde estos metales permanecen en solución y requieren largos tiempos de oxidación.

Este comportamiento está siendo estudiado a nivel mundial y se ha relacionado con la

interrelación del Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn) con la materia orgánica en el agua, el oxígeno, el pH y los oxidantes utilizados (oxígeno del aire, Cloro, Permanganato de potasio, ozono, etc.). La relación entre las formas reducidas de los metales, las condiciones fisicoquímicas del agua y los oxidantes no son simples, lo cual requiere generalmente de estudios piloto para establecer posibilidades de remoción en cada caso (**Potgieter et al, 2005**).

## 5.2 Comparación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas

En la tabla 1 se pueden apreciar las diferencias entre las aguas subterráneas y las superficiales con el fin de identificar las características principales que sirven como base para el planteamiento de las alternativas de tratamiento. Siendo las superficiales más variables en las sustancias presentes y su exposición con agentes externos en la naturaleza. (**Degrémont, 1998**).

Tabla 1 diferencias entre las aguas superficiales y subterráneas fuente: Degrémont, 1998

CARACTERÍSTICAS	AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRÁNEAS
Temperatura	Variable según la época del año	Relativamente constante
Turbiedad (materia en suspensión)	Variable, a veces elevada	Baja o nula
Mineralización	Variable en función de los terrenos, precipitación, vertidos, etc.	Sensiblemente constante, generalmente mayor que en la superficie de la misma región
Hierro y manganeso divalentes en estado disuelto	Generalmente ausentes, salvo en el fondo de cuerpos de agua en estado de eutroficación	Generalmente presentes.
Dióxido de carbono	Generalmente ausente	Normalmente presente en gran cantidad
Oxígeno disuelto	Normalmente próximo a saturación	Ausencia total en la mayoría de los casos

CARACTERÍSTICAS	AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRÁNEAS
Amonio	Presente sólo en aguas contaminadas	Presencia frecuente, sin ser un índice sistemático de contaminación
Ácido sulfhídrico	Ausente	Normalmente presente
Sílice	Contenido moderado	Contenido normalmente elevado
Nitratos	Poco abundante en general	Contenido a veces elevado, riesgo de metahemoglobinemia
Microorganismos	Bacterias (algunas patógenas), virus, plancton	Frecuentes ferrobacterias

### 5.3 Propiedades físicas del agua subterránea

#### Porosidad

La porosidad de un material representa un porcentaje que relaciona el volumen que ocupan los poros en un volumen unitario de roca; esto es si la porosidad es del 50 % significa que la mitad de la roca está constituida por poros y la otra mitad por partículas sólidas. **(Vélez 1999)**.

#### Transmisividad

Es una medida de la capacidad de un acuífero para conducir agua o transmitir agua, definiéndose como el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario, extendida en todo el espesor saturado, cuando el gradiente hidráulico es unitario y a una temperatura de 15°C **(Arocha 1980)**.

### ✚ Permeabilidad

La permeabilidad de un material es la capacidad que este tiene de transmitir un fluido, en este caso agua. Un material será más permeable cuando sea poroso y estos poros sean de gran tamaño y estén conectados. **(Vélez 1999)**.

### ✚ Coeficiente de almacenamiento

Se refiere al volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico (o la presión). Se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad y altura la del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico. **(Vélez 1999)**.

### ✚ Turbiedad

La turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua, es decir, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían de tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, entre otros **(Glynn, Heinke 2000)**.

### ✚ Color

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficacia del proceso usado para su remoción **(Kiely 2003)**.

### ✚ **Potencial de Hidrogeno (pH)**

El pH es el logaritmo negativo de la concentración molar, el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrogeno presente. Es medido en una escala de cero a catorce, en la cual siete indican que la sustancia es neutra.

### ✚ **Temperatura**

La temperatura del agua subterránea, en un punto y momento determinado, representa un estado de equilibrio entre los "aportes" y las "extracciones" caloríficas en ese punto. A efectos prácticos, puede considerarse que en los acuíferos existe una "zona neutral" de temperatura constante, por encima de la cual la influencia térmica más significativa es la de las variaciones diarias o estacionales de la temperatura ambiente, por debajo de esta zona el factor preponderante es el "gradiente geotérmico" o variación de la temperatura con la profundidad que en áreas continentales, se considera normal cuando es de 3°C/100 m (**Rigola 1999**).

### ✚ **Conductividad y Sólidos Disueltos Totales**

Como consecuencia de su contenido iónico el agua se hace conductora de la electricidad a medida que la concentración iónica aumenta, aumenta también hasta cierto límite la conductividad (C) o capacidad de un agua para conducir la corriente eléctrica. La unidad de medida de conductividad es uS/cm (micro siemens/cm) o/mho/cm (micromho/cm) ambas equivalentes. La variación de temperatura modifica notablemente la conductividad, para disoluciones diluidas se estima que el aumento de temperatura en 1°C se traduce en un aumento de alrededor del 2% en la conductividad. El total de sólidos disueltos (TSD) mide el peso de todas las sustancias disueltas en el agua, sean o no volátiles (**Rigola 1999**).

### **Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua determina su capacidad para neutralizar ácidos, esta capacidad debe definirse para ciertos rangos de pH. Así la alcalinidad TAC mide la capacidad de neutralización hasta  $\text{pH} = 4.5$  y la alcalinidad TA hasta  $\text{pH} = 8.3$ . En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad está producida prácticamente por los iones carbonato y bicarbonato aunque, en ocasiones, otros ácidos débiles como el silícico, fosfórico, bórico y ácidos orgánicos pueden contribuir de forma notable al desarrollo de esta propiedad (**Glynn, Heinke 2000**).

### **Dureza**

La dureza de un agua mide la capacidad de ésta para consumir jabón o producir incrustaciones, Aunque en la reacción con jabón para producir compuestos insolubles puede intervenir calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu). Sodio (Na), zinc (Zn), etc. actualmente la dureza se define en términos de contenido en Ca y Mg (dureza total) (**Rigola 1999**).

### **Sólidos Totales**

Son la suma de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión. Los sólidos disueltos o salinidad total es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada, y los sólidos en suspensión es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser detenidos en un filtro (**Rigola 1999**).

### **Acidez**

Es la capacidad para neutralizar bases. Es raro que las aguas naturales presenten acidez, sin embargo su presencia afecta a tuberías o calderas por corrosión. Se mide con las mismas unidades de la alcalinidad y se determina mediante adición de bases (**Rigola 1999**).

## **5.4 Propiedades químicas del agua subterránea**

Para el agua subterránea se deben tener en cuenta los diferentes factores que condicionan su



### ✚ Nitratos, nitritos y amonios

Los compuestos nitrogenados presentes en las aguas naturales están íntimamente relacionados con el ciclo del nitrógeno.

El nitrógeno puede aparecer en forma de Amoniacó ( $\text{NH}_3$ ). Amonio ( $\text{NH}_4$ ) y, por oxidación, estas formas reducidas pueden transformarse en nitrógeno ( $\text{N}$ ), (gas) y, finalmente en óxido nitroso ( $\text{NO}$ ); que es la forma más usual y estable en que el nitrógeno se presenta en las aguas subterráneas (**Tebbutt 2001**).

Resultado de la disolución de rocas que los contengan o por la oxidación bacteriana de materia orgánica (**Kiely 2003**).

### ✚ Calcio

El calcio suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. En rocas ígneas aparece como constituyente esencial de los silicatos, especialmente en el grupo de las plagioclasas, en rocas sedimentarias aparece fundamentalmente en forma de carbonato o de sulfato (**Kiely 2003**).

### ✚ Magnesio

El magnesio es menos abundante que el Ca en las aguas naturales, procede de la disolución de rocas carbonatadas (dolomitas y calizas magnesianas), evaporitas y de la alteración de silicatos ferro magnesianos, así como de agua marina.

La solubilidad de la magnesita (carbonato de manganeso)( $\text{MgCO}_3$ ) en las aguas subterráneas naturales es mayor que la de la calcita por lo que en condiciones normales el  $\text{MgCO}_3$  no precipita directamente de la disolución de modo que para un período dilatado de tiempo puede producirse cierto grado de sobresaturación respecto a los diferentes carbonatos magnésicos (**Tebbutt 2001**).

### Sodio

Una fuente importante de sodio (Na) la constituyen los aportes de agua marina en regiones costera, tanto por fenómenos de intrusión en acuíferos costeros como por infiltración del agua de lluvia a la que se incorpora desde el mar. Las sales de (Na) son altamente solubles y tienden a permanecer en solución ya que no se producen entre ellas reacciones de precipitación como ocurre en el caso del calcio (Ca). Sin embargo, el (Na) puede ser adsorbido en arcillas de elevada capacidad de cambio catiónico y puede ser intercambiado por Ca provocando una disminución de la dureza de las aguas (ablandamiento natural) (**Tebbutt 2001**).

### Hierro

Es un elemento esencial para el metabolismo de animales y plantas, en aguas subterráneas suele encontrarse en forma de hierro ( $Fe^{2+}$ ), contenido en oxígeno y dependiendo a menudo del contenido del agua en otros elementos (carbonatos, bicarbonato, sulfatos, etc.) La concentración de este elemento en el agua está controlada por procesos de equilibrio químico como oxidación-reducción, precipitación y disolución de hidróxidos, carbonatos y sulfuros formación de complejos especialmente con materia orgánica y también por la actividad metabólica de animales y plantas (**Rigola 1999**).

### Manganeso

Es esencial para el metabolismo de las plantas, se puede encontrar en forma de Mn o en forma de complejo, en cantidades apreciables produce sabor desagradable en el agua lo que evita a menudo su ingestión en grandes dosis, que podría afectar al sistema nervioso central (**Tebbutt 2001**).

## **Potasio**

El potasio corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difícil de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm, por lo cual es mucho menos significativo que el sodio (**Rigola 1999**).

### **5.5 Parámetros microbiológicos**

Se pueden definir los parámetros Microbiológicos, como el conjunto de operaciones encaminadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra problema de agua.

#### **Coliformes totales:**

Es el que comprende todas las bacterias gram Negativas en forma bacilar que fermenta la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en un plazo de 24 a 48 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la galactosidasa .

#### **Coliformes fecales:**

Los Coliformes fecales se denominan termo tolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta denominación actualmente, sería una forma más apropiada de definir este subgrupo que se diferencia de los Coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior.

Las bacterias Coliformes fecales son organismos que se encuentran naturalmente en las heces de seres humanos y animales, y su presencia en fuentes y cuerpos de agua se utiliza como indicador de contaminación biológica. La bacteria tiene un impacto muy particular y una serie de efectos en el medio ambiente y la salud pública, por lo que las aguas federales y distritales se vigilan muy de cerca por agencias gubernamentales y medioambientales.

## 5.6 Agua subterránea como fuente de abasto

La calidad del agua subterránea como fuente de abasto se compara favorablemente, con las aguas superficiales, debido al menor número de procesos necesarios para su potabilización. El agua subterránea se ve influenciada por la geología del suelo, el clima, las actividades humanas, el hierro, manganeso, fosfatos, sabor, olor, alcalinidad, pesticidas, gas carbónico, otros. El hierro y el manganeso son una de las mayores causas de problemas en los sistemas de suministro de agua para consumo humano de fuentes subterráneas. Los tratamientos aplicados para remover hierro y manganeso son variados y dependen del estado en que se encuentre el mineral (Corbitt, 2003).

## 5.7 Alternativas de tratamiento del agua y parámetros de calidad

En el tratamiento del agua subterránea, al igual que las aguas superficiales para consumo humano se emplean diferentes procesos; la complejidad de estos dependerá de las características del agua cruda y los elementos a remover (ver tabla 3).

Tabla 2 Límites de calidad del agua para plantas de filtración directa

Alternativa	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtración directa descendente	Turbiedad (UNT)	25 - 30	<20	<50
	Color verdadero (UC)	<25		
	NMP de Coliformes totales/100	<2500		
	Concentración de algas (unidades/ml)	<200		
Filtración directa ascendente	Turbiedad (UNT)	<100	<50	<200
	Color verdadero (UC)	<60		<100
Filtración directa ascendente - descendente	Turbiedad (UNT)	<250	<150	<400
	Color verdadero (UC)	<60		<100

Fuente: Ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial Resolución 2115 de 2007.

Tabla 3 Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante filtración rápida completa

Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Turbiedad (UNT)	< 1.000	< 800	< 1.500; si excede, considerar presedimentación
Color (UC)	< 150	< 70	
NMP de coliformes termotolerantes/100 mL	< 600		Si excede de 600, se debe considerar predesinfección

Fuente: Vargas L. 2004. Procesos unitarios y plantas de tratamiento.

Tabla 4 Límites de calidad del agua para tratamiento mediante filtración lenta

Procesos	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento	Turbiedad (UNT)	< 20	< 10	< 50
	Color verdadero (UC)	< 15	< 5	
	Concentración de algas (UPA/mL)	250		
	DBO5 (mg/L)	5		
	NMP de coliformes totales/100 mL	1.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	500		
Filtro lento + prefiltro de grava	Turbiedad (UNT)	25		
	Color (UC)	15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	5.000		

Fuente: Vargas L. 2004. Procesos unitarios y plantas de tratamiento

Para aguas de consumo humano, existen límites de parámetros básicos como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5 límites para aguas de consumo humano

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

Fuente: Ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial Resolución 2115 de 2007.

## **5.8 Planta de tratamiento**

Una planta de tratamiento o de potabilización es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permiten cumplir con las normas de calidad de agua potable (**Decreto 1575/2007**).

### **5.8.2 Tipos de plantas de tratamiento de agua:**

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta. También se pueden clasificar, de acuerdo con la tecnología usada, en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente.

### **5.8.3 Plantas de filtración rápida:**

Estas plantas se denominan así porque los filtros que las integran operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>. De acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones. Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. En esta situación, se aplica el retrolavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad.

De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presentan dos soluciones dentro de este tipo de plantas: plantas de filtración rápida completa y plantas de filtración directa. (**Vargas L. 2004**).

### **5.8.4 Plantas de filtración lenta:**

Los filtros lentos operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h; esto es, con tasas como 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en los filtros rápidos; de allí el nombre que tienen. También se les conoce como filtros ingleses, por su lugar de origen. Los

filtros lentos simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea, al percolar el agua proveniente de las lluvias, ríos, lagunas etc. **(Vargas L. 2004)**.

#### **5.8.5 Clasificación de las plantas de filtración rápida por el tipo de tecnología utilizada:**

Las características tecnológicas del sistema deben de estar de acuerdo con los recursos económicos, humanos y materiales disponibles localmente para que se puedan cumplir los objetivos de tratamiento previstos.

Por el tipo de tecnología utilizada en la Región, las plantas de filtración rápida se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.
- Sistemas convencionales de alta tasa o de tecnología CEPIS/OPS.
- Sistemas de tecnología patentada, normalmente importada de los países desarrollados.

#### **5.8.6 Plantas de tratamiento modular**

La planta modular es un sistema integrado de tratamientos en varias etapas que incluye todos los procesos requeridos para obtener agua potable. Ocupan poco espacio y se pueden ampliar fácilmente añadiendo módulos de calificación y de filtración.

Adecuadas para: aguas de pozo profundo con alto contenido de color, hierro y manganeso; y muy eficientes con aguas de quebradas de montaña con parámetros que van de mediano a bajo contenido de sólidos en suspensión (SST) y con contenidos de color, que presentan altos valores pasajeros de alta turbiedad y color cuando hay lluvias fuertes.

De acuerdo con las características del agua a tratar, se incorpora procesos de pre aireación y oxidación, arenas especiales para eliminar hierro y manganeso o post tratamiento con carbón activado cuando hay elementos orgánicos. **(Vargas L. 2004)**.

Pueden operar por gravedad, sin necesidad de tener energía eléctrica disponible o pueden ser automatizadas para operación virtualmente autónoma (**guasistec**)<sup>3</sup>.

## **5.9 Métodos existentes para evaluar la calidad del agua**

### **5.9.1 Vigilancia de la calidad del agua**

La vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano, es la evaluación continua en salud pública y la revisión de seguridad y aceptabilidad del agua potable suministrada. Es decir, el mantener la vigilancia continua sirve de herramienta para la protección de la salud pública a través del mejoramiento de factores como la calidad, cantidad, continuidad, accesibilidad, cobertura, costo mínimo y es complementaria e independiente de la función del abastecedor que tiene a cargo el control de la calidad del agua para consumo humano (**Rojas, 2005**).

### **5.9.2 Control de la calidad del agua para consumo humano**

El control de la calidad del agua puede definirse como “el conjunto de actividades ejercidas en forma continua por el abastecedor con el objetivo de verificar que la calidad del agua suministrada a la población cumpla con la legislación”.

Para el control de calidad de agua para consumo existe la Resolución 2115 de 2007 en la cual se establecen los puntos de muestreo las frecuencias y cantidad que se deben tomar de acuerdo a la población objetivo.

### **5.9.3 Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo al número de habitantes**

Para efecto del control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, las empresas prestadoras y las autoridades sanitarias deberán definir como mínimo para cada sistema de suministro de agua para consumo humano la siguiente cantidad de puntos de muestreo de acuerdo con la población atendida, así:

---

<sup>3</sup> <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>



Tabla 6 Puntos de muestreo según población

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Número mínimo de puntos para la recolección de muestra
Menos de 2.500	4
2.501 a 10.000	5
10.001 a 20.000	6
20.001 a 100.000	8
100.001 a 250.000	15
250.001 a 500.000	25
500.001 a 800.000	30
800.001 a 1.000.000	35
1.000.001 a 1.250.000	48
1.250.001 a 2.000.000	60
2.000.001 a 4.000.000	72
Más de 4.000.001	132

Fuente: Resolución 0811 del 5 de marzo 2008.

#### 5.9.4 Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano

De acuerdo a la resolución 2115, estenos indica el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades asociadas al agua, indicando la clasificación, nivel de riesgo y las acciones de corrección necesaria con los responsables.

Tabla 7 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)	IRCA MENSUAL
80.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo Humano gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional

CLASIFICACIÓN IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO	IRCA por muestra (Notificaciones)	IRCA MENSUAL
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: MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Resolución 2115 de 2007<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf)

## 6. Marco legal

Para el desarrollo de este trabajo, se tomó en cuenta las diferentes normas existentes en Colombia referente a la calidad del agua para consumo humano.

### **Ley 142, del 11 de julio de 1994**

Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos de que trata el artículo 15 de la presente Ley, y a las actividades complementarias definidas en el Capítulo II del presente título y a los otros servicios previstos en normas especiales de esta Ley.

### **Decreto 1575 del 9 de mayo de 2007.**

Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Este decreto rige a partir de la fecha de su publicación y deroga el Decreto 475 de 1998, el artículo 52 del Decreto 1594 de 1984, con excepción de lo referente al uso agrícola de aguas servidas, así como las demás normas que le sean contrarias.

### **Decreto 1729 de agosto 6 del 2002**

Por medio de la cual se presentan las etapas necesarias para los procesos de ordenación de cuencas y de acuíferos.

### **Resolución 1096 del 17 de noviembre del 2000**

El presente Reglamento 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, que adelanten las Entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces<sup>5</sup>

**✚ Resolución número 2115 del 22 de junio de 2007**

En la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

**✚ Resolución 58/217 de 18 de noviembre de 2004**

Aprobada por la Asamblea General de Naciones Unidas. Decenio Internacional para la Acción, “El agua, fuente de vida”, 2005.2015.

**✚ Resolución 151 de la comisión reguladora de agua y saneamiento básico (CRA) de enero 23 de 2001**

Contiene la regulación integral del sector de agua potable y saneamiento básico. En lo que respecta a la calidad del agua, señala los deberes que tiene la persona prestadora.

**✚ Resolución número 0811 de marzo 5 de 2008**

Expedida por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la Autoridad Sanitaria y las Personas Prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

---

<sup>5</sup> Resolución 1096 de 2000 Ministerio de Desarrollo Económico

## 7. Materiales y métodos

### 7.1 Localización área de estudio.

El desarrollo de este proyecto, se llevó a cabo en el barrio la Estancia Lote Eternit localizado en la Zona de Expansión Oriental del municipio de Yumbo Valle del Cauca que cuenta con un sistema de captación de agua de pozo y una planta de potabilización compacta para abastecer a 2960 usuarios de Hacienda verde con un total de 800 viviendas<sup>6</sup>.



Figura 1 Plano Ubicación Sistema Estancia<sup>7</sup>

### 7.2 Descripción general de la metodología

#### 7.2.1 Reconocimiento de la infraestructura hidráulica

El diagnóstico consistió en la aplicación de conceptos técnicos para la evaluación de un sistema de abastecimiento de agua subterránea, mediante la descripción de infraestructura hidráulica que incluyó el registro de la ubicación georreferenciada de los componentes del sistema, la medición de cada una de las estructuras y su funcionamiento.

#### 7.2.2 Recolección y revisión de datos

Se obtuvo una documentación proveniente de la empresa de servicios públicos del Municipio Yumbo (Valle del Cauca); para el segundo objetivo del trabajo,

<sup>6</sup> Plan de desarrollo Municipio de Yumbo.

<sup>7</sup> Fuente: imagen gobernación del Valle, plano: estudios y diseños ptap estancia (ESPY S.A ESP).

Los datos recogidos fueron sometidos a análisis de estadística descriptiva y se realizó la comparación de estos resultados con las normas vigentes de calidad de agua para consumo humano.

### **7.2.3 Representación gráfica de los datos**

Para la realización de este punto, se cuantificaron los datos y se representaron gráficamente para luego realizar un análisis cualitativo. Se tomaron datos de análisis durante un periodo de seis meses, de los cuales se escogieron 6 parámetros para su evaluación

### **7.2.4 Comparación de los valores con la norma**

Se realizó la interpretación a las variables de calidad fisicoquímica y microbiológica a los datos de calidad de agua recibidos por la entidad prestadora del servicio, antes y después de tratamiento.

### **7.2.5 Cálculo índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano IRCA**

Teniendo en cuenta, que el agua necesaria para cada uso personal o doméstico debe ser salubre, y por lo tanto no ha de contener microorganismos o sustancias químicas o radiactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. Además, tener un color, olor y un sabor aceptable.

Para este fin, en Colombia, se estableció el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano mediante la expedición del Decreto 1575 de mayo 9 del 2007 por el Ministerio de la Protección Social, para monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada<sup>8</sup>.

Este Aplica a todas las personas jurídicas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del

---

<sup>8</sup> Decreto 1575 del ministerio de la protección social, 2007

uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios. Dentro de este decreto se disponen los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano, entre éstos se encuentra el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano-IRCA<sup>9</sup>.

El Artículo 12 del decreto 1575 del Ministerio de Protección Social, 2007) define el IRCA (Índice de riesgo de la calidad del agua) para consumo humano como 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. En donde, para poder determinarlo, hay que monitorear parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, para realizar una evaluación comparativa de los datos encontrados y compararlos con el marco de referencia el cual establece los niveles máximos permisibles de diferentes sustancias. A continuación se señalan las formulas establecidas por la resolución 2115 del año 2007 para el cálculo del IRCA y los puntajes de riesgo asignados para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos según la resolución 2115 <sup>10</sup>.

<b>IRCA por muestra (%) =</b>	( $\sum$ de riesgo por los parámetros NO aceptables por muestra)	x 100
	( $\sum$ total del riesgo por los parámetros evaluados por muestra)	

<b>IRCA por muestra (%)=</b>	( $\sum$ de riesgo por los parámetros NO aceptables por muestra)	x 100
	( $\sum$ total del riesgo por los parámetros evaluados por muestra)	

<b>IRCA por muestra (%) =</b>	( $\sum$ de riesgo por los parámetros NO aceptables por muestra)	x 100
	( $\sum$ total del riesgo por los parámetros evaluados por muestra)	

<sup>9</sup> Decreto 1575 del ministerio de la protección social, 2007

<sup>10</sup> Análisis del IRCA y su relación con las variables meteorológicas (precipitación y temperatura) y ubicación geográfica para el departamento de Nariño en los años 2012 – 2013.

IRCA por mes (%) =	$\sum$ de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes)	x 100
	$\sum$ total del riesgo por los parámetros evaluados por muestra)	

Se calcularon los IRCAS de cada mes de acuerdo a los datos suministrados y se hizo la comparación del nivel de riesgo asociado durante cada mes, a estos resultados se le realizó la comparación con la resolución 2115 del 2007 donde se expresa con el cálculo, el índice de riesgo del agua para consumo humano.

El cálculo se realizó asignándole a cada parámetro físico, químico y microbiológico un puntaje de riesgo que indica el nivel de riesgo asociado (ver tabla 8).

Tabla 8 Puntajes de riesgo parámetros físicos, químicos y microbiológicos

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6.0
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1.0
Calcio	1.0
Fosfatos	1.0
Manganeso	1.0
Molibdeno	1.0
Magnesio	1.0
Zinc	1.0
Dureza Total	1.0
Sulfatos	1.0
Hierro Total	1,5
Cloruros	1.0
Nitratos	1.0
Nitritos	3.0
Aluminio (Al <sup>3+</sup> )	3.0
Fluoruros	1.0
COT	3.0
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
<b>Sumatoria de puntajes asignados</b>	<b>100</b>

Fuente (Resolución 2115, 2007).



### 7.3 Muestreo y generación de datos

Las muestras obtenidas de la ESPY S.A ESP (Empresa de Servicios Públicos de Yumbo), fueron analizadas diariamente como control y para este trabajo, se tomaron análisis realizados por un periodo de 6 meses, estas muestras tomadas en el pozo fuente de agua cruda y después de la planta de potabilización, el periodo registrado fue de febrero a julio de 2017. Estas muestras fueron tomadas en recipientes volumétricos con cantidades no menores a 250 ml, las muestras fueron tomadas con un turbidímetro de HACH serie 2100P Para turbiedad, y con los siguientes métodos:

Tabla 9 Métodos para determinación de parámetros

PARÁMETRO	MÉTODO
Turbiedad (NTU)	Nefelométrico
Color Aparente (UPC)	Espectrofotométrico
pH (Unidades)	Potenciométrico
Cloro Residual Libre (mg/L)	DPD 1
Coliformes Totales (UFC/100 mL)	Filtración por membrana
E. Coli (UFC/100 mL)	Filtración por membrana

Fuente: Autor

## 8. Resultados obtenidos

### 8.1 Reconocimiento de la infraestructura hidráulica

A continuación se describen cada uno de los componentes del sistema de acueducto barrio la estancia Municipio de Yumbo.

#### 8.1.2 Pozo profundo y estación de bombeo agua cruda

El pozo y la planta están ubicados en un lote de propiedad del municipio y su referenciación se realizó con GPS y cuyas coordenadas cartográficas son las siguientes.

- **NORTE: 887.110**
- **ESTE: 1.066.610**

Se ubicó con la ayuda de estas coordenadas en placas IGAC

- **PLANCHA: 280-III-C a escala 1.25.000 del IGAC.**

El pozo cuyo nombre descrito por la CVC es **357-VC-14**, fue perforado en el año 2015, cuenta con una capacidad de 25 l/s (402 GPM) a una profundidad de 160 m.

La CVC emitió el concepto técnico en el cual se deben de bombear máximo 18 horas diarias en los 7 días de la semana para un total de 126 horas, con un tiempo de recuperación de 42 horas y un volumen máximo de bombeo anual de 589,680 m<sup>3</sup>.

Este se encuentra funcionando y cuenta con válvulas de cierre sello de bronce de 4" pulgadas, también cuenta con un macro medidor marca Turbo bar en la salida, este macro medidor los últimos meses no está en funcionamiento.

La tubería de salida presenta válvula de admisión y expulsión de aire y esta estación cuenta con un sistema de tablero o control eléctrico, el pozo cuenta también con una bomba centrífuga vertical marca Grounfos.

A continuación se muestran las principales características (ver tabla 10).



FIGURA 2 Pozo profundo

Tabla N° 10 Características del pozo

Coordenadas		GPPS	Prof. (m)	Diámetro revestimiento	Nivel estático (m)	Nivel de abatimiento	Caudal l/s
<b>Norte</b>	887.155	03°34'30.4"	160	14"	10,12	46,88	25
<b>Este</b>	1.066.660	076°28'41.3"					

Fuente autor

El pozo cuenta con concesión de aguas de acuerdo a la resolución 0710 de la CVC N° 0713000602 del 1 de julio de 2016<sup>11</sup>.

- Tiempo de bombeo 48 horas. (máximo Según prueba de bombeo).
- Nivel de bombeo 57 m.

Se muestra Primer análisis de calidad del agua del pozo, tomado en el año 2015 previo a la construcción de la planta de potabilización de la empresa de servicios públicos de Yumbo, realizados por la empresa "DBO Ingeniería" (Tabla 11).

Tabla 11 Características iniciales del agua del pozo

PARAMERO	UNIDAD	VALOR	VALOR MAXIMO ADMISIBLE 2115 mg/L
pH	Und	7,6	6,5-9.0
Conductividad	umhos/cm	512	50 - 1000
Color verdadero	UPC	3	< 15
Solidos suspendidos totales	mg/l	-	< 500

<sup>11</sup> Fuente ESPY S.A ESP

PARAMERO	UNIDAD	VALOR	VALOR MAXIMO ADMISIBLE 2115 mg/L
Turbiedad	UNT	1,37	2
Alcalinidad total	mgCaCO3/l	187	200
Dureza total	mgCaCO3/l	134	300
COT	mg/l	<0,8	5
Arsénico	mg As /l	<0,01	0.01
Boro	mg Bo /l	<1,0	0.3
Plata	mg Ag /l	<0,05	0.01
Cromo hexavalente	mg Cr /l	<0,004	0.01
Cadmio	mg Cd /l	<0,0013	0.003
Cobre	mg Cu /l	<0,307	1.0
Hierro total	mg/l	0,182	0,3
Manganeso	mg Mn /l	0,136	0,1
Mercurio	mg Hg /l	<0,002	0,001
Plomo	mg Pb /l	<0,01	0.01
Selenio	mg Se /l	<0,006	0.01
Nitratos	mgNo2/l	0,23	10

Fuente ESPY S.A ESP.

En la tabla 11 se puede observar que los parámetros principales como el pH, color verdadero, alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica, hierro total, turbiedad, oxígeno disuelto, temperatura, están dentro del rango aceptable para tratamiento en una planta de filtración directa, de acuerdo a la tabla 3 en la que se indican los valores admisibles correspondientes a los parámetros durante un porcentaje del tiempo.

### 8.1.3 Tubería de salida del pozo

La tubería de salida es de 4 pulgadas en material PVC, la cual se profundiza sobre la superficie aproximadamente 1.0 m hasta llegar a la planta de tratamiento, presenta una longitud aproximada de 15 m. como se muestra en la figura 3.

Tabla 12 Características tubería de aducción

COORDENADAS	GPPS	Diámetro	Material	Profundidad	Longitud
<b>Norte</b>	03°34'29.4"	4" pulg	PVC	1,0 m	15 m
<b>Este</b>	076°28'42.8"				



Figura 3 Salida a Ptap vista frontal y lateral salida a Ptap.

#### 8.1.4 Descripción de la planta de tratamiento compacta:

Esta es una planta compacta tipo convencional con capacidad de tratamiento de 20 l/s, dividida en módulos de 5 l/s cada uno, el tipo de proceso que presenta es de filtración rápida a la cual se le adiciona sulfato de aluminio y cloro líquido (hipoclorito de sodio).

Tabla N° 13 Coordenadas Ptap

COORDENADAS	GPPS
<b>Norte</b>	03°34'29.5"
<b>Este</b>	076°28'43.3"

Las unidades que presenta son las siguientes:

- ✓ Filtros rápidos (lecho de arena – antracita).
- ✓ Dosificación de sulfato de aluminio
- ✓ Dosificación de cloro líquido



Figura 4 vista frontal y lateral planta compacta

Los procesos de filtración directa ascendente son en piedra, seguido de filtración rápida descendente. Cuenta con filtros gruesos empacados con gravas de diferentes granulometrías. Los tanques son fabricados en acero con tres compartimentos. El compartimento superior sirve como tanque de almacenamiento para el agua de retrolavado, el compartimento central es el filtro que contiene la arena y antracita y el compartimento inferior es el tanque de recolección del agua filtrada que pasa a través de una tubería hacia el nivel superior donde se separa para llegar a los tanques de agua para retro lavado.

Los filtros funcionan mediante la instalación de un sistema de sifón y vacío solo con diferencia la energía del agua.

Las unidades establecidas en esta planta garantizan que se haga la remoción de color, turbiedad y sustancias insolubles que se pueden remover en los procesos de coagulación floculación.

La planta funciona sin bombas, sin controles y sin operadores, funciona a gravedad y por diferencia de presiones.

El proceso de retrolavado se inicia cuando la presión estática del agua cruda y el agua filtrada cambian debido a los residuos o impurezas que se acumulan en el lecho filtrante. Él cuenta con

una tasa de filtración entre 30 y 44 m/h. <sup>12</sup>

Tabla N° 14 Características del filtro grueso ascendente

ítem	valor	unidad
Cantidad	4	unidades
Diámetro	1,51	m
Altura	3,0	m
Tasa de filtración	240	m3/m2/día
Volumen	4,35	m3
Gradiente	19,6	s-1
tiempo de floculación	5,8	min

Fuente: Autor

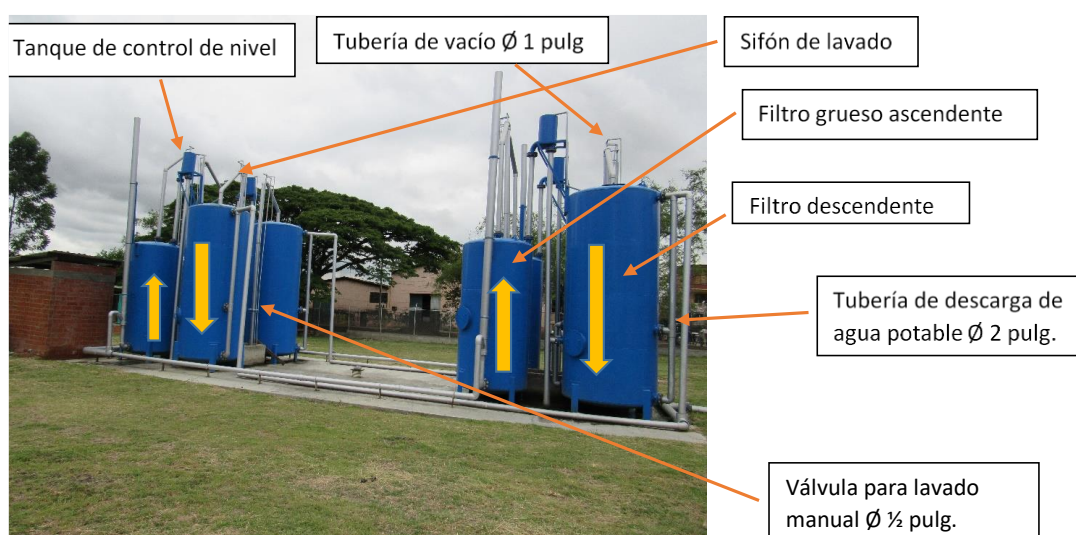


FIGURA 5 Descripción hidráulica de los filtros

Tabla N° 15 Características filtro automático a gravedad

ítem	valor	unidad
Cantidad	4	unidades
Diámetro	1,75	m
Altura	3,60	m
Tasa de filtración	180	m3/m2/día
Volumen	4,35	m3

<sup>12</sup> Empresa de servicios públicos de Yumbo ESPY S.A ESP

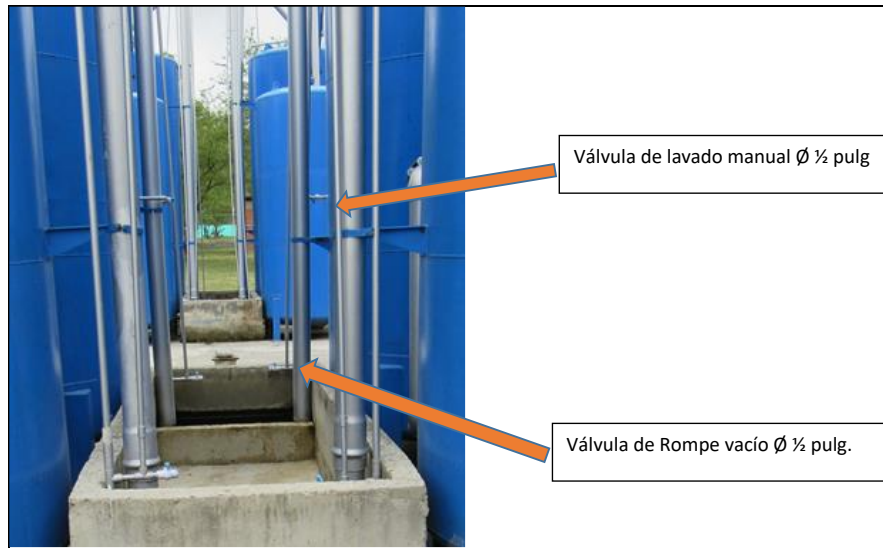


Figura 6 válvulas de control

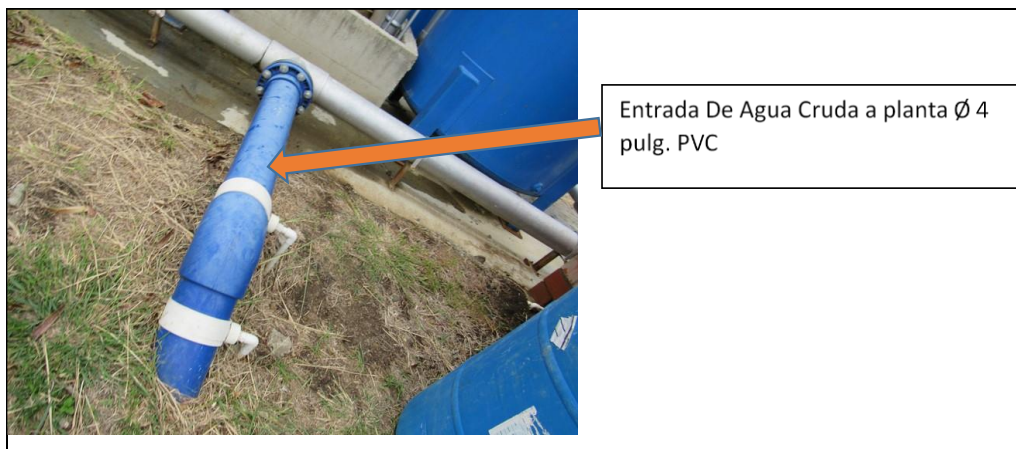


Figura 7 Entrada de agua cruda a la planta

### 8.1.5 Tanque De Almacenamiento

El sistema cuenta con un tanque de almacenamiento en material concreto reforzado que tiene una capacidad aproximada de 760 m<sup>3</sup>, el cual se le realiza lavado cada 2 meses y se encuentra en buenas condiciones físicas, presenta válvulas con su respectiva caja, presenta tubería de rebose diámetro 6" pulgadas, se evidenciaron sedimentos en el tanque.





Figura 8 Tanque de almacenamiento lado Frontal y lateral

Tabla N° 16 Medidas del Tanque de almacenamiento

Coordenadas	GPPS	Profundidad útil (m)	Ancho (m)	Cota losa fondo	Cota losa superior	Largo (m)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Norte	03°34'30.9"	3,5	10,8	956,11	956,11	20,1	760
Este	076°28'42.3"						

Fuente: autor

### 8.1.6 Sistema de dosificación

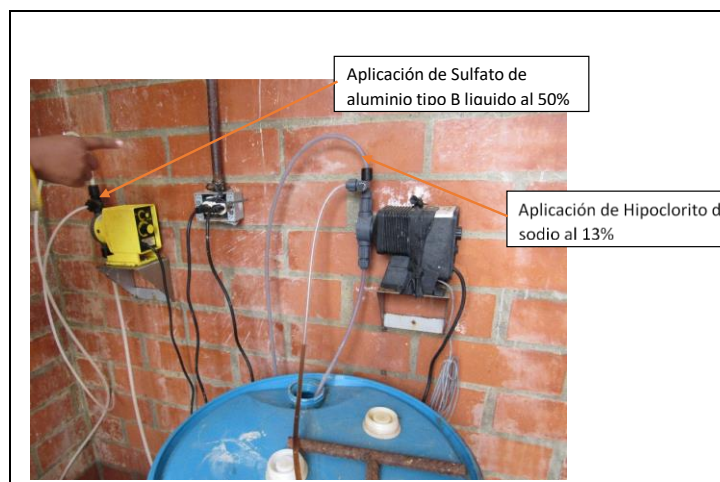


Figura 9 Caseta de dosificación

El sistema de dosificación se realiza por medio de dos bombas, en la parte izquierda de la foto la bomba de color amarillo bomba de capacidad máxima de 1 gal /hora que es utilizada para el suministro de sulfato de aluminio tipo B, esta inyecta una solución acuosa al 50%, con una dosis diaria de 7 partes por millón (ppm).

En la parte derecha de la foto esta la segunda bomba con capacidad máxima de 2 galones /hora, la cual aplica el hipoclorito de sodio en una concentración del 13% con una dosis de aproximadamente 74 ml/min, para los dos elementos se garantiza un tanque que dure todo el día.

### 8.1.7 Estación de bombeo agua tratada

El sistema cuenta con una estación de bombeo que presenta 3 bombas de las mismas características, bombas centrífugas verticales no autocebantes (bombas a las que se les debe llenar toda la manguera de succión), están instaladas en línea sobre una base, cuentan con una capacidad de 15 lps cada una, con una capacidad instalada de 45 l/s, las conexiones son bridadas, los impulsores y cámaras intermedias son en material acero inoxidable, todo el sistema es controlado por medio de un tablero.



Figura 10 Estación de bombeo agua tratada

Tabla N° 17 Cuadro bombas y sus características

Descripción	Características	Unidad
Motor	3 Fásico CA	—
Velocidad de la bomba	3529	rpm
Caudal nominal	15	l/s
Altura nominal	78,2	m
Motor eléctrico	60	MB
Peso neto	155	kg

Fuente Autor

## 8.2 Parámetros de calidad del agua evaluada

Se realizó una matriz de datos con base en la información de campo suministrada por la empresa de servicios públicos de Yumbo, para tener una evaluación de la calidad de agua que se suministra a la zona de expansión sur oriental del Municipio desde la fuente pozo profundo, para tal fin se realizó la tabulación de los datos obtenidos de fuente primaria y secundaria, se procede a realizar la graficación y análisis estadístico de la misma, para luego ser comparados con las normas vigentes de calidad de agua.

La matriz de datos resulto con los análisis mensuales de la calidad de agua del pozo y del agua tratada en la zona de expansión sur del Municipio de Yumbo, donde los parámetros que se estudiaron son: el pH, la turbiedad, el color aparente, cloro residual, Coliformes totales y fecales.

Esta fuente no presenta problemas de hierro (Fe) y Manganeso (Mn) por esta razón no se toman en cuenta.

El dato mensual, es el producto de los muestreos en los sitios designados para el control de acuerdo al número de puntos de muestreo estipulados en la norma (Resolución 0811 de 2008), considerando que esta población de la zona sur oriental corresponde una asignación de menos de 2500 habitantes; de acuerdo a lo anterior, se obtuvieron 4 puntos de muestreo (ver tabla 18).

### 8.2.2 Matriz de datos agua sin tratamiento (agua cruda).

Tabla 18 Matriz de datos tomados durante el semestre de prueba agua cruda (sin tratamiento)

PARAMETRO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Turbiedad (UNT)	3,7	17,8	6,2	0,4	2,2	0,44
Color Aparente (UPC)	52,0	372,0	96,0	8,0	32,0	6,0
pH (Unidades)	7,0	7,7	7,9	7,6	8,3	7,20
Cloro Residual Libre (mg/L)	0,1	0,83	0,35	0,81	1,48	1,11
Coliformes Totales (UFC/100ml)	270,0	0,0	27,0	4,0	20,0	3,0
E Coli (UFC/100 ml)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

De acuerdo con la tabla 18, los resultados preliminares obtenidos durante un periodo de seis meses muestran de manera general que hay variabilidad cuantitativa en los parámetros.

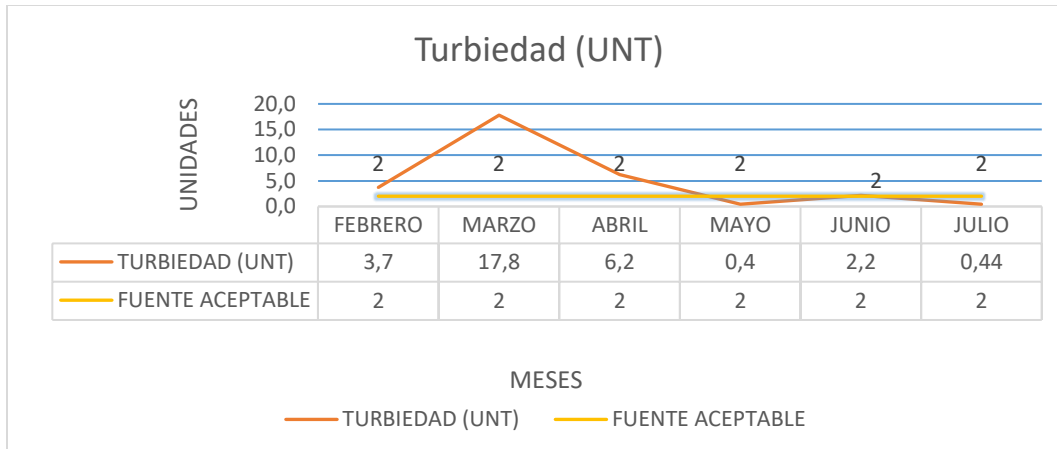


Gráfico 1 Análisis de calidad de turbiedad del agua cruda

Se observa en la gráfica 1 que la turbiedad presenta una gran variabilidad, con su máximo valor en el mes de marzo el cual corresponde a 17,8 unidades y un mínimo valor de 0,4 unidades por debajo del límite de la norma en los meses de mayo y julio, lo que se puede relacionar con causas externas debidas a las máximas precipitaciones reportadas por la estación climática, la línea amarilla nos muestra los niveles de turbiedad permitidos para el agua potable según la resolución 2115 de 2007.

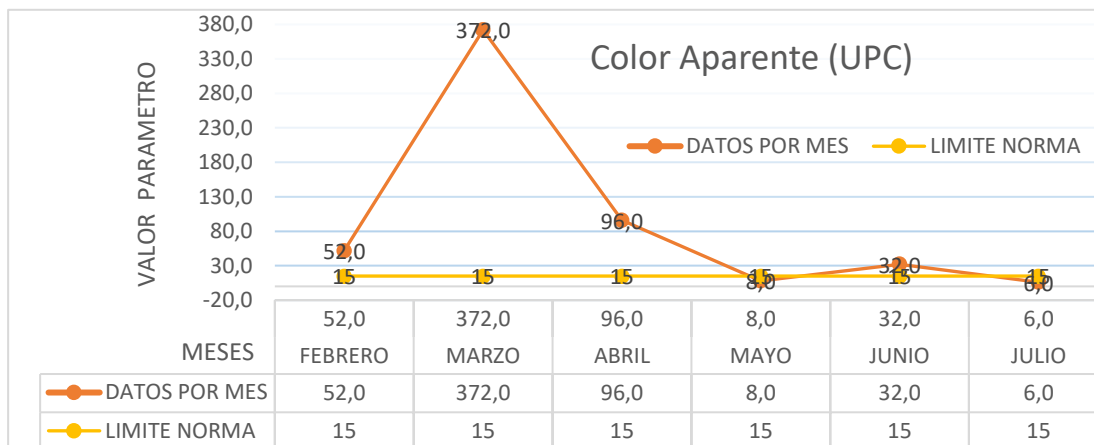


Gráfico 2 análisis de calidad de color aparente del agua cruda

En el grafico 2 para el color se presentó en el mes de marzo su máximo valor correspondiente a 372 Unidades platino cobalto (UPC) disminuyendo hasta el final de periodo, lo que evidencia que el color en el primer semestre del año no cumple con la normatividad vigente, ya que todos los

valores estuvieron por encima del valor permisivo por la norma el cual corresponde a 15 UPC.

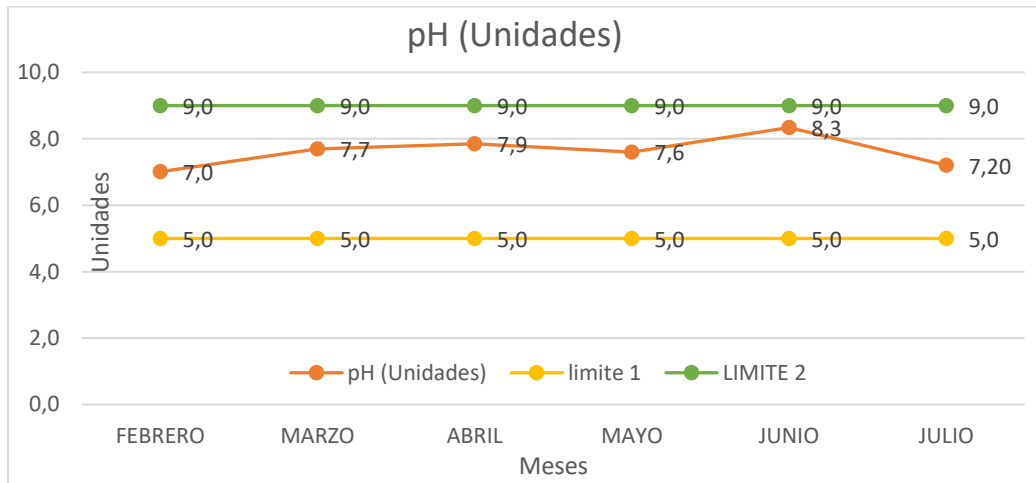


Gráfico 3 análisis del pH del agua cruda

En el gráfico 3 para el pH, se pudo establecer que los valores se encuentran dentro de los límites considerados para el agua de consumo de acuerdo a lo establecido por el Reglamento para Agua de Consumo Humano y la resolución 2115 de 2007.

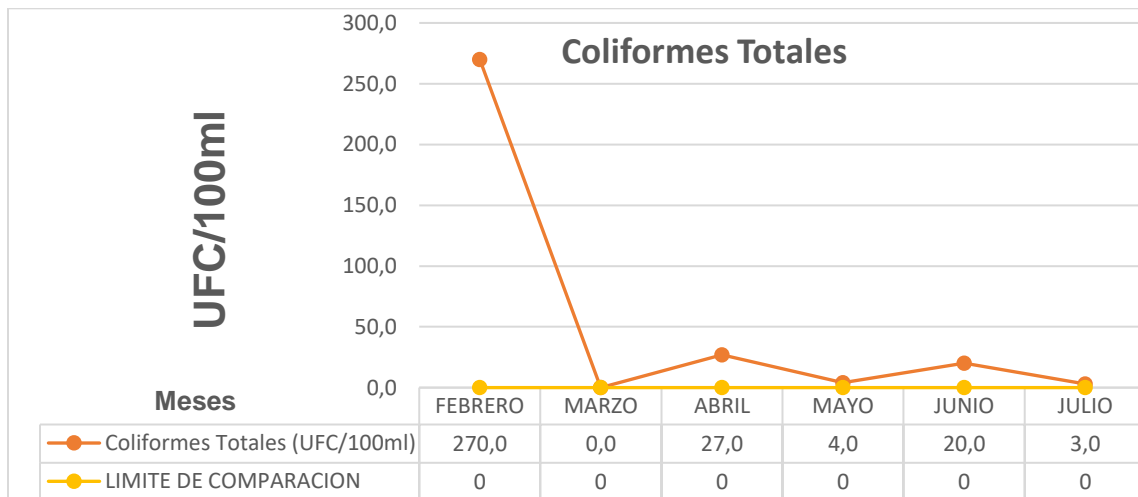


Gráfico 4 análisis de Coliformes totales del agua cruda

En el gráfico 4 se observa uno de los parámetros más importantes con respecto a la calidad del agua, el cual presentó un alto valor de coliformes en el mes de febrero, considerándose de alto riesgo por contaminación bacteriana debida a Coliformes totales frente a un consumo humano directo, de acuerdo a esto esta agua no es apta para consumo sin tratamiento, Atribuible a

sustancias húmicas presentes en el tanque de almacenamiento debidas a la descomposición de hojas en zonas muertas y de poca circulación del agua.

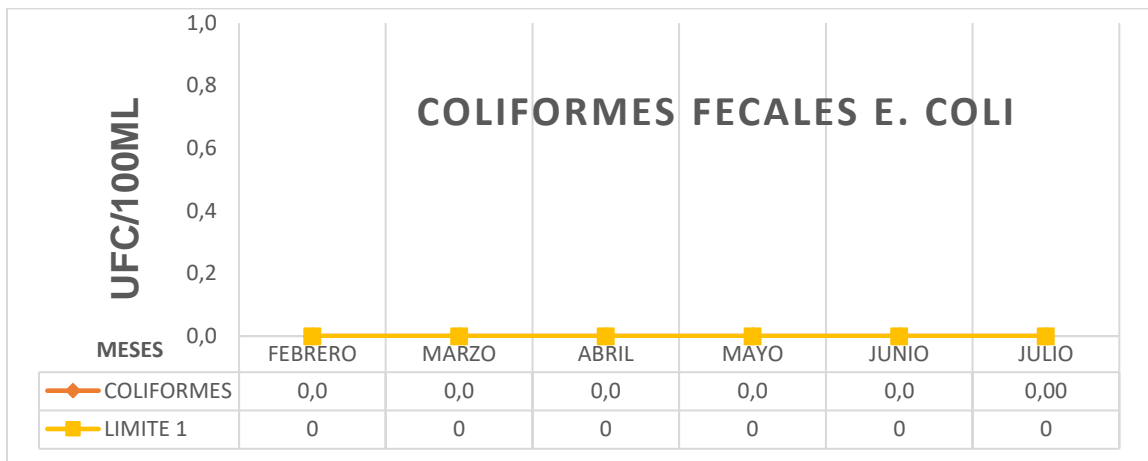


Gráfico 5 análisis de Coliformes fecales del agua cruda

En el grafico 5 se puede apreciar que el valor obtenido durante todo el semestre es cero, siendo este un buen indicador, comparada con los límites permisibles para agua tratada cumpliría con la resolución, esto quiere decir que se presenta un agua cruda sin coliformes que para cualquier tratamiento sería un parámetro menos a remover.

### 8.2.3 Matriz de datos agua tratada

Tabla 19 matriz Agua Tratada

Parámetros De Agua Tratada Tomadas En Un Punto Intermedio De La Red							
PARAMETRO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	RESOLUCIÓN 2115 de 2007
Turbiedad (UNT)	0,3	1,6	1,2	0,6	0,6	0,22	≤ 2
Color Aparente (UPC)	5,0	15,0	5,0	15,0	13,0	0,09	≤ 15
pH (Unidades)	7,8	8,0	7,6	7,8	7,6	7,31	6,5-9,0
Cloro Residual Libre (mg/L)	0,1	0,8	0,55	0,8	1,5	1,11	0,3-2,0
Coliformes Totales (UFC/100ml)	107,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0
E Coli (UFC/100 ml)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0

Del cuadro anterior, se puede observar que todos los parámetros después del tratamiento se encuentran por debajo del límite permisivo según la resolución 2115 de 2007 para agua potable.

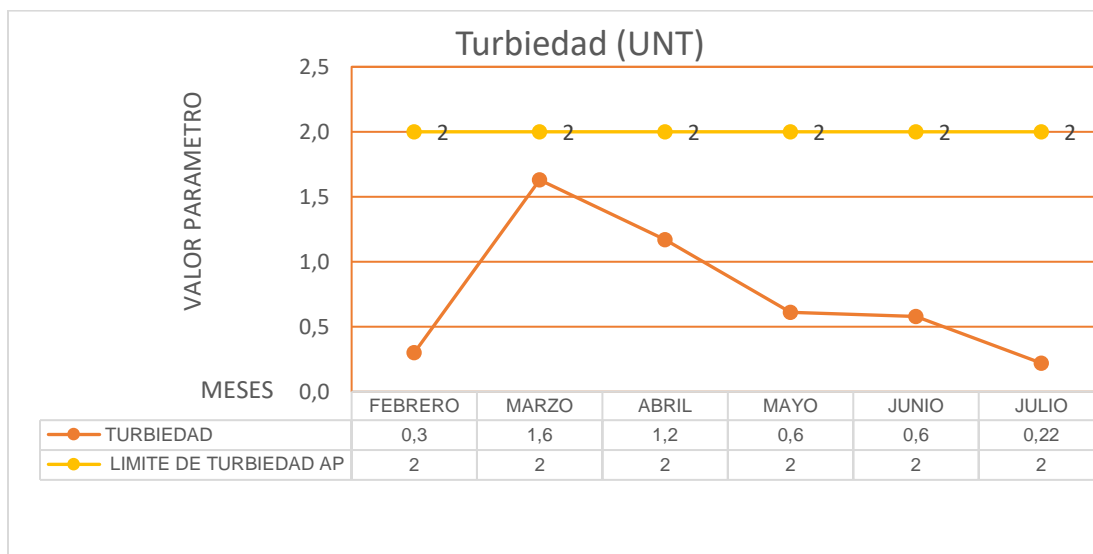


Gráfico 6 análisis de calidad turbiedad del agua tratada

En el gráfico 6, se puede ver que la turbiedad para este periodo, después del tratamiento se encuentra por debajo del límite máximo permitido para agua de consumo, teniendo su mayor valor en 1,6 UNT presentado en el mes de marzo, presentando su menor valor 0,3 UNT en el mes de julio. Este parámetro cumple con lo indicado en la resolución 2115 de 2007 para agua potable.

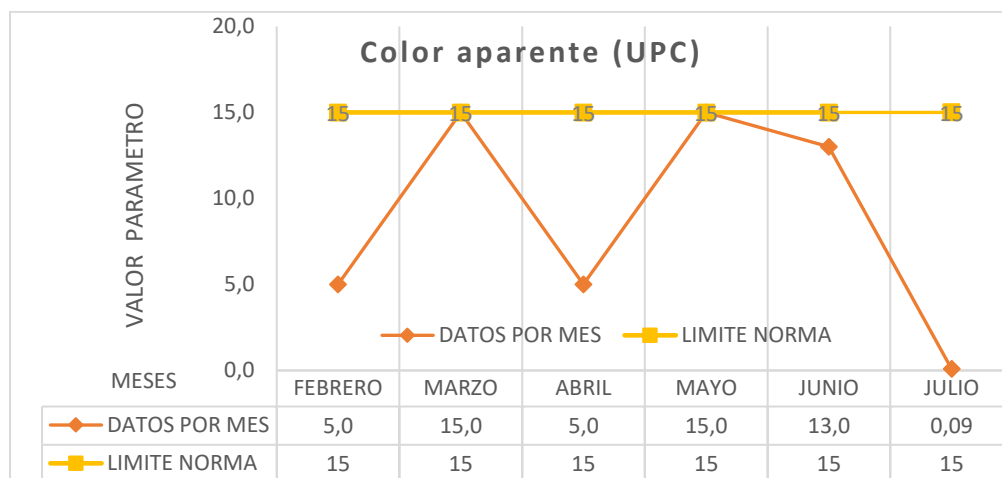


Gráfico 7 análisis de calidad de color aparente del agua tratada

En el gráfico 7 para el color aparente se puede identificar que presenta mucha variabilidad, pero se mantiene por debajo de los límites permitidos, presentando sus mayores valores en los meses

de marzo y mayo los cuales se encuentran sobre el máximo valor permitido, presentando su mayor descenso en el mes de julio con un valor de 0,09 (UPC). Este cambio puede ser asociado al efecto de productos químicos utilizados en la planta para su tratamiento en los primeros meses del año y al color asociado a la descomposición de material orgánico en el tanque de almacenamiento.

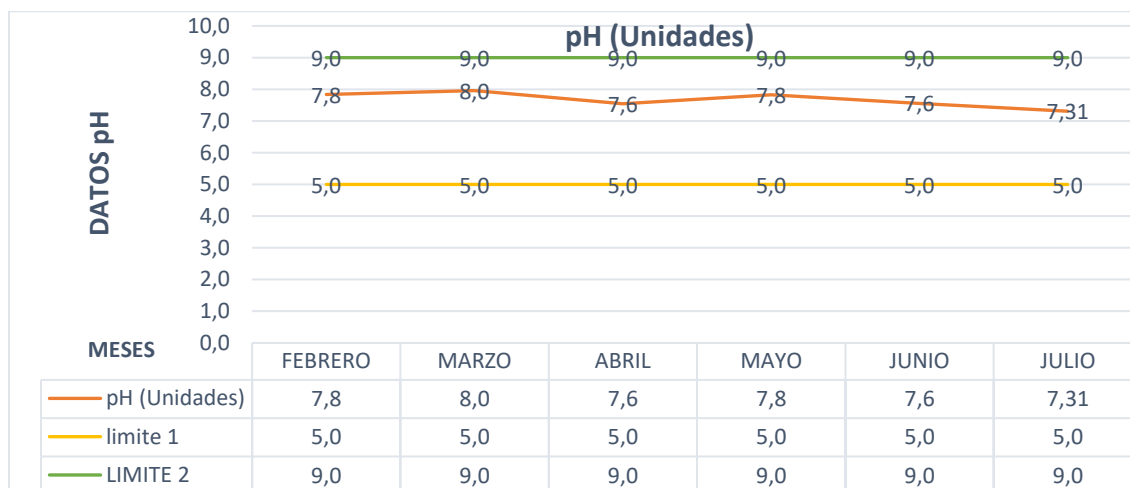


Gráfico 8 análisis del pH del agua tratada

En el grafico anterior al igual que en el grafico para agua cruda, no se presentó mucha variabilidad se mantiene en un valor intermedio de 7,76 Unidades dentro del rango establecido por la norma para agua potable. Este parámetro puede ocasionar demora en el proceso de desinfección cuando se encuentra por encima del rango entre 6, y 7 unidades.

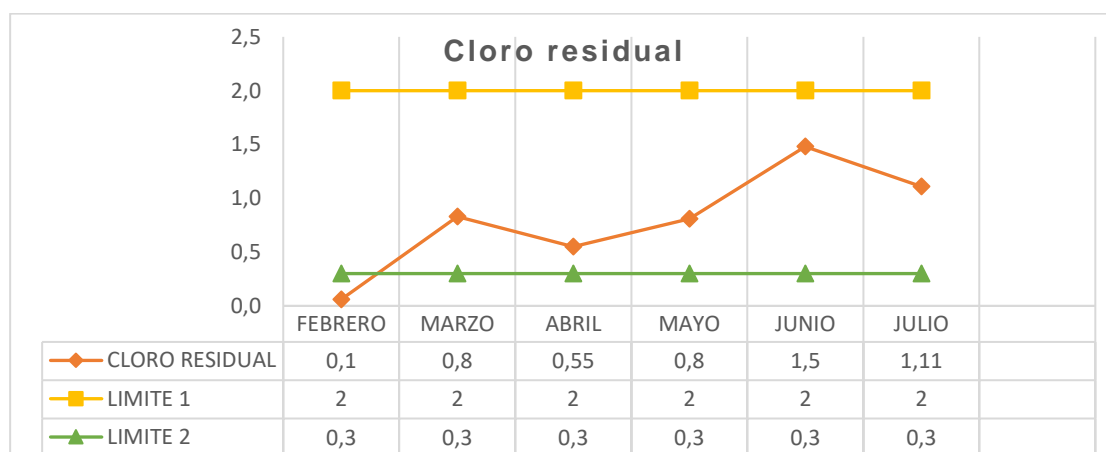


Gráfico 9 análisis cloro residual del agua tratada



En el gráfico 9 se puede ver que entre los meses marzo y julio se cumple con la resolución para agua potable encontrándose en valores intermedios de los límites, para el mes de febrero el valor está muy por debajo del rango establecido por la norma, lo que hace que se aumente el riesgo de contaminación del agua de suministro.

Este comportamiento puede ser debido a la no estandarización del método para el análisis de cloro residual lo cual genera resultados que no son confiables.

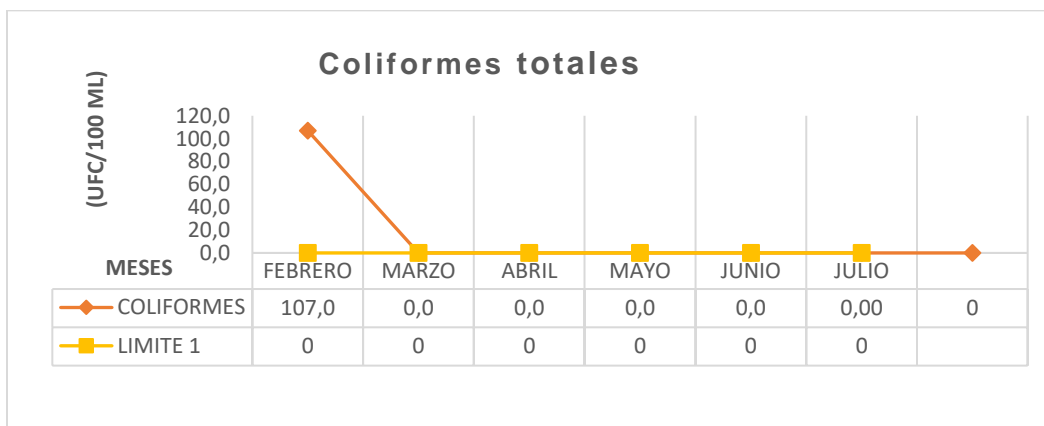


Gráfico 10 análisis Coliformes totales del agua tratada

De acuerdo a la gráfica 10 el límite permisible por la norma es cero (0), para el mes de febrero se presentó un alto valor de coliformes evidenciando contaminación en el agua tratada, con promedios de 107 UFC/100 ml. Por esta razón en este mes no se cumple con la norma para consumo humano, además esta sola muestra hace que se incremente el riesgo general de IRCA, las causas de este puede estar asociadas a la deficiencia de cloro residual que para el mes de febrero se encontraba muy debajo del límite establecido.

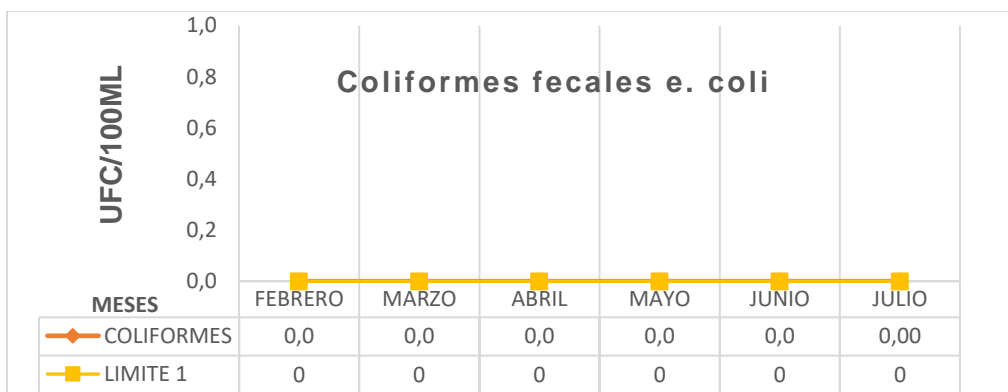


Gráfico 11 análisis Coliformes fecales E. Coli del agua tratada

Para el análisis presentado en la gráfica 11 durante el periodo escogido se puede ver que el agua de las muestras en todos los meses no presenta coliformes fecales, lo que indica que da cumplimiento a la resolución 2115 para agua potable.

#### 8.2.4 Cálculo del Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA)

Para este diagnóstico, la calidad del agua cruda del pozo, el agua tratada y la red, es para los usuarios el parámetro más importante a determinar, para lo cual se establecieron 5 variables a estudiar que son: la turbiedad, el color aparente, el pH, los Coliformes totales y el cloro residual. De esta forma podremos determinar si el agua que se está captando, tratando y distribuyendo cumple con los parámetros básicos de calidad según la resolución 2115 del 2007 y el decreto 1575 del 2007.

Tabla 20. Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de febrero

PARÁMETRO	VALOR	PUNTAJE DE RIESGO OBTENIDO POR PARÁMETRO	PUNTAJE DE RIESGO POR PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 de 2007
Turbiedad (NTU)	0,3	0	15	≤ 2
Color Aparente (UPC)	5	0	6	≤ 15
pH (Unidades)	7,84	0	1,5	6,5-9,0
Cloro Residual Libre (mg/l)	0,06	15	15	0,3-2,0
Coliformes totales (UFC/100ml)	107	15	15	0
E. Coli (UFC/100 ml)	0	0	25	0
∑ de los parámetros NO aceptables por muestra			30	-

PARÁMETRO	VALOR	PUNTAJE DE RIESGO OBTENIDO POR PARÁMETRO	PUNTAJE DE RIESGO POR PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 de 2007
∑ del riesgo de los parámetros evaluados por muestra			77,5	-
IRCA por muestra			38,7	-

El resultado del Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) para este muestreo en el mes de febrero fue de treinta y ocho punto siete (**38,7%**), valor que corresponde a una calidad de agua de nivel de riesgo “**RIESGO ALTO**”, el cual es debido a la baja concentración de cloro residual, lo que generó una contaminación externa por coliformes totales.

Tabla 21. Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Marzo

PARÁMETRO	VALOR	PUNTAJE DE RIESGO OBTENIDO POR PARÁMETRO	PUNTAJE DE RIESGO POR PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 de 2007
Turbiedad (NTU)	1,63	0	15	≤ 2
Color Aparente (UPC)	15	0	6	≤ 15
pH (Unidades)	7,96	0	1,5	6,5-9,0
Cloro Residual Libre (mg/l)	0,83	0	15	0,3-2,0
Coliformes totales (UFC/100ml)	0	0	15	0
E. Coli (UFC/100 ml)	0	0	25	0
∑ de los parámetros NO aceptables por muestra			0	-
∑ del riesgo de los parámetros evaluados por muestra			77,5	-
IRCA por muestra			0	-

De acuerdo a la tabla 20 el resultado del Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) para este muestreo mes de marzo, fue de Cero Punto Cero (0%), valor que corresponde a una calidad de agua de nivel de riesgo **“SIN RIESGO”**, considerándose como **“Agua apta para consumo humano”**.

Tabla 22. Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de abril

PARÁMETRO	VALOR	PUNTAJE DE RIESGO OBTENIDO POR PARÁMETRO	PUNTAJE DE RIESGO POR PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 de 2007
Turbiedad (NTU)	1,17	0	15	≤ 2
Color Aparente (UPC)	5	0	6	≤ 15
pH (Unidades)	7,55	0	1,5	6,5-9,0
Cloro Residual Libre (mg/l)	0,55	0	15	0,3-2,0
Coliformes totales (UFC/100ml)	0	0	15	0
E. Coli (UFC/100 ml)	0	0	25	0
∑ de los parámetros NO aceptables por muestra			0	-
∑ del riesgo de los parámetros evaluados por muestra			77,5	-
IRCA por muestra			0	-

De acuerdo a la tabla 22 este muestreo mes de abril, fue de Cero Punto Cero (0%), valor que corresponde a una calidad de agua de nivel de riesgo **“SIN RIESGO”**, considerándose como **“Agua apta para consumo humano”**.

Tabla 23. Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de mayo

PARÁMETRO	VALOR	PUNTAJE DE RIESGO OBTENIDO POR PARÁMETRO	PUNTAJE DE RIESGO POR PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 de 2007
Turbiedad (NTU)	1,17	0	15	≤ 2
Color Aparente (UPC)	5,00	0	6	≤ 15
pH (Unidades)	7,55	0	1,5	6,5-9,0
Cloro Residual Libre (mg/l)	0,55	0	15	0,3-2,0
Coliformes totales (UFC/100ml)	0,00	0	15	0
E. Coli (UFC/100 ml)	0,00	0	25	0
∑ de los parámetros NO aceptables por muestra			0	-
∑ del riesgo de los parámetros evaluados por muestra			<b>81,5</b>	-
IRCA por muestra			0	-

De acuerdo a la tabla 23 este muestreo fue de Cero Punto Cero (0%), valor que corresponde a una calidad de agua de nivel de riesgo “**SIN RIESGO**”, considerándose como “Agua apta para consumo humano”.

Tabla 24 Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Junio

PARÁMETRO	VALOR	PUNTAJE DE RIESGO OBTENIDO POR PARÁMETRO	PUNTAJE DE RIESGO POR PARÁMETRO	RESOLUCIÓN N 2115 de 2007
Turbiedad (NTU)	0,58	0	15	≤ 2
Color Aparente (UPC)	13,00	0	6	≤ 15
pH (Unidades)	7,56	0	1,5	6,5-9,0
Cloro Residual Libre (mg/l)	1,48	0	15	0,3-2,0
Coliformes totales (UFC/100ml)	0,00	0	15	0
E. Coli (UFC/100 ml)	0,00	0	25	0
∑ de los parámetros NO aceptables por muestra			0	-
∑ del riesgo de los parámetros evaluados por muestra			<b>77,5</b>	-
IRCA por muestra			<b>0</b>	-

De acuerdo a la tabla anterior el resultado para este muestreo fue de Cero Punto Cero (0%), valor que corresponde a una calidad de agua de nivel de riesgo “**SIN RIESGO**”, considerándose como “Agua apta para consumo humano”.

Tabla 25 Determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) muestra mes de Julio

PARÁMETRO	VALOR	PUNTAJE DE RIESGO OBTENIDO POR PARÁMETRO	PUNTAJE DE RIESGO POR PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 de 2007
Turbiedad (NTU)	0,22	0	15	≤ 2
Color Aparente (UPC)	0,09	0	6	≤ 15
pH (Unidades)	7,31	0	1,5	6,5-9,0
Cloro Residual Libre (mg/L)	1,11	0	15	0,3-2,0
Coliformes totales (UFC/100mL)	0,00	0	15	0
E. Coli (UFC/100 ml)	0,00	0	25	0
∑ de los parámetros NO aceptables por muestra			0	-
∑ del riesgo de los parámetros evaluados por muestra <sup>c</sup>			<b>77,5</b>	-
IRCA por muestra			<b>0</b>	-

De acuerdo a la tabla 25 el resultado para este muestreo fue de Cero Punto Cero (0%), valor que corresponde a una calidad de agua de nivel de riesgo “**SIN RIESGO**”, considerándose como “**Agua apta para consumo humano**”.

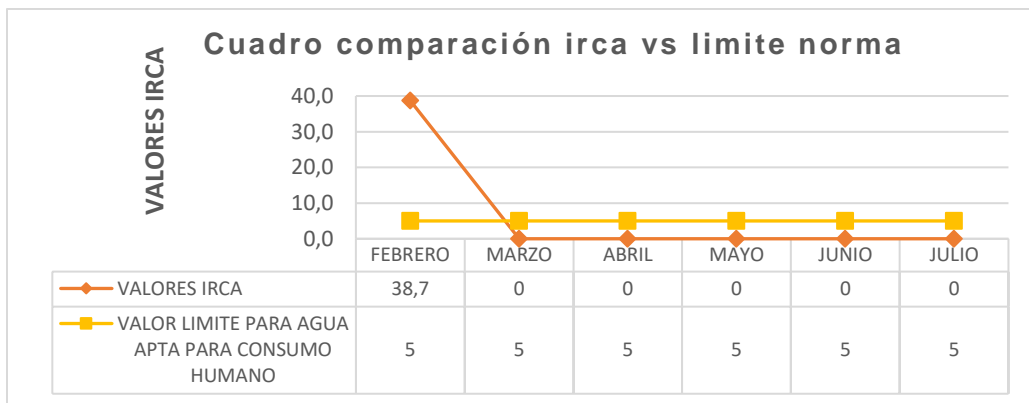


Gráfico 12 Cuadro comparación IRCA Vs Limite Norma para agua apta para consumo

El gráfico obtenido para la comparación de los IRCAS durante el periodo de 6 meses, evidencia que el valor correspondiente al mes de febrero, está asociado al bajo índice de cloro residual del agua en la red, lo que representó un alto riesgo para la salud de los usuarios, por lo tanto, se clasificó en un nivel de riesgo alto para este periodo indicando no ser apta para el consumo humano (**Grado de incumplimiento de 38,7 % definiendo como nivel: Riesgo Alto**). Para los otros meses, los valores estuvieron por debajo del límite permisivo entre (0-5%), estas muestras fueron clasificadas como nivel de riesgo (**SIN RIESGO**) y como agua apta para el consumo humano.

## 9. Conclusiones

- ❖ De acuerdo al diagnóstico técnico realizado al pozo y la planta de potabilización, que incluyo las medidas revisadas de cada uno de sus componentes y las bombas utilizadas para el suministro del caudal de diseño, se puede decir que su operación es normal y cumplen con los parámetros establecidos para el suministro y tratamiento del caudal asignado de acuerdo a las normas establecidas para agua potable.
- ❖ Los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos como la turbiedad, color aparente coliformes fecales y totales, permitieron evidenciar que el agua suministrada por la empresa de servicios públicos ESPY S.A ESP en este sector de expansión es apta para el consumo humano durante el 83% de seguimiento, lo cual refleja un gran proceso de potabilización, se presentó en una muestra puntual riesgo para la salud humana en el mes de febrero después del tratamiento, el cual fue debido a causas asociadas a descomposición orgánica presente y el bajo porcentaje de cloro residual en la red.
- ❖ El pH se presentó en un porcentaje de cumplimiento de la norma mayor del 95% tanto para agua cruda como tratada.
- ❖ De acuerdo a los límites establecidos por la resolución 2115 el color siempre estuvo por debajo de estos, en un 90%, durante los meses de marzo y mayo fue donde acerco al límite, lo que significa que este parámetro en el periodo de evaluación cumple con la norma para agua potable. De acuerdo a lo anterior, el problema que se presentó para el mes de abril con el color en agua de las redes, fue debió a causas de sedimentación y descomposición de material orgánico en los tanques de almacenamiento que no correspondían al proceso de tratamiento, esto se evidencio en los análisis de para este mes donde el valor del color siempre estuvo por debajo de los límites de la norma.
- ❖ Se estableció por medio del cálculo del IRCA la tendencia de las muestras analizadas y se compararon con la norma indicando que en general la calidad del agua presenta límites

inferiores en el 61,3% de tiempo sin presentar una alta variabilidad de acuerdo al promedio de los resultados analizados.

- ❖ En el mes de febrero se presentó un límite de incumplimiento del 38,7 % correspondiente a Riesgo Alto, esto por la evidente presencia de coliformes totales y una disminución alta en el porcentaje de cloro.
- ❖ Durante el periodo de prueba se pudo evidenciar la disminución en el incumplimiento de **38.7% a 0%** (nivel sin Riesgo), lo que evidencia una mejoría en la calidad y cumplimiento de la norma.
- ❖ Los resultados de los análisis pudieron evidenciar que durante el periodo de prueba se presentaron muestras por debajo del valor de la norma de referencia en un 16.6%. para el caso de coliformes totales.



## 10. Recomendaciones

- ❖ Se debe tener muy en cuenta que el cloro es la protección del agua una vez sale de la planta, por esta razón se recomienda revisar los cálculos de cloro residual necesarios para que se garantice seguridad en el agua de suministro ante una posible contaminación externa.
- ❖ Es necesaria la adecuación del laboratorio para el procesamiento de las muestras ya que estas pueden interferir en el desarrollo de la interpretación.
- ❖ Se recomienda que la toma de muestras diarias y las muestras mensuales se unifiquen para poder así tener un resultado más real de las variaciones que se presenten, ya que las muestras mensuales, se realizan cada mes en puntos de muestreo diferentes a la planta, dando margen a que si los datos de ese mes están contaminados, este no representa el valor real de los valores registrados durante ese periodo.
- ❖ Se debe controlar el pH para poder tener una desinfección más rápida.

## 11. Bibliografía

- ✚ AROCHA, S. (1980). Abastecimiento de agua: teoría y diseño. Ed. Vega,. 284 p.
- ✚ Carlos espinoza, universidad de chile. (2005). Calidad de agua y contaminacion de agua subterranea. Chile.
- ✚ Corbitt, r. A. (2003). Manual de referencia de la ingeniería ambiental. España: mcgraw-hill.
- ✚ Degrémont, colombia ltda. (1998). Catalogo de plantas de tratamiento. Bogotá, d.c.
- ✚ Diego José Giraldo alfaró, a. T. (2012). Análisis del IRCA y su relación con las variables meteorológicas (precipitación y temperatura) y ubicación geográfica para el departamento de nariño en los años 2012 2013. De [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18285/41091187\\_2](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18285/41091187_2).
- ✚ Hofkes E., (1981). Small community water supplies. Technology of small water supply systems in developing countries” international reference centre for community water supply and sanitation. Holanda.
- ✚ ESPY S.A ESP., (2014). Suministro y abastecimiento de agua potable de la zona sur oriental y zonas de expansión aledañas al barrio la estancia del municipio de yumbo. Yumbo valle, barrio la estancia, colombia.
- ✚ FAO., (2010). Agricultura mundial hacia el año 2010: estudio de la fao.
- ✚ Glynn, J. H., (2000). Ingeniería ambiental. Aguas subterráneas. México, d. F.: editorial prentice hall.
- ✚ Kiely, G., (2003). Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión . Madrid: editorial mc graw hill.
- ✚ María victoria vélez, (1999). Universidad nacional de colombia. Hidráulica de aguas subterranas. Medellin.
- ✚ Martínez, c. Y., (2003). Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea. (273 pp). (i. G. Minero, recopilador) españa.
- ✚ Ministerio de desarrollo económico de colombia, (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, RAS. Bogota D.C.
- ✚ Ministerio de la protección social, (2007). Decreto 1575.
- ✚ Ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2007). Resolución 2115 .
- ✚ Ministerio de la protección social y de ambiente, (2008). Resolución 0811 de 2008.
- ✚ Organizacion mundial de la salud, OMS. (2015). Meta 7.c. Colombia.
- ✚ Páez O. Gloria I., CVC. (2015). Las aguas subterráneas y perspectivas en el Valle del Cauca. Cali Colombia.

- ✚ Potgieter et al., (2005). Agua para un mundo sostenible datos y cifras informe de las naciones unidas sobre los recursos hídricos en el mundo. Obtenido de [http://www.unesco.org/fileadmin/multimedia/hq/sc/images/wwdr2015facts\\_figures\\_spa\\_web.pdf](http://www.unesco.org/fileadmin/multimedia/hq/sc/images/wwdr2015facts_figures_spa_web.pdf)
- ✚ Recuperado el 4 de noviembre de 2017, de <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable>.
- ✚ Recuperado el 23 de octubre de 2017, de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf)
- ✚ Rigola, L., (1999). Tratamiento de aguas industriales, aguas de proceso y residuales. Parámetros de calidad de las aguas . Barcelona, españa: alfaomega marcombo editores.
- ✚ Rojas, R., (2005). Organización panamericana de la salud.. Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.
- ✚ Sophocleous., (2002). Groundwater recharge. Encyclopedia of life support systems. Eolss,. Oxford: silveira I.
- ✚ Sophocleus., (2002). Interaction between groundwater and surface water: the state of the science. Hydrogeology. Journal 10.
- ✚ Tebbutt, T., (2001). Fundamentos de control de la calidad del agua. México, d. F: limusa, editores.
- ✚ Unesco., (2012). Agua para un mundo sostenible datos y cifras informe de las naciones unidas sobre los recursos hídricos en el mundo. Obtenido de [http://www.unesco.org/fileadmin/multimedia/hq/sc/images/wwdr2015facts\\_figures\\_spa\\_web.pdf](http://www.unesco.org/fileadmin/multimedia/hq/sc/images/wwdr2015facts_figures_spa_web.pdf)
- ✚ Vargas, L. D., (2004). Tratamiento de agua para consumo humano: plantas de filtracion rapida. Lima.
- ✚ Vargas, L. D., (2004). Procesos unitarios y plantas de tratamiento (vol. Capítulo3 ).
- ✚ Villalobos, M. R. (2008). Evaluación de elementos traza en agua de río y manantial del área minera de ocampo, chihuahua, méxico . Chihuahua, mexico.
- ✚ Water resources 2030 group world bank group world., (2009). Informe de las naciones unidas sobre los recursos hídricos en el mundo.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA INICIAL**



LABORATORIO ACREDITADO POR  
EL IDEAM DE ACUERDO A LA  
NORMA NTC-ISO/IEC 17025

## DBO INGENIERIA LTDA

EMPRESA DE PROTECCION AMBIENTAL

### RESULTADOS

Parámetros	Muestra No. 992 POZO VYU-346 (Barrio La Estancia Proyecto Acueducto) N 03°04'30.0'' W 76°23'41.2'' 2015-05-07 hasta 2015-06-03
Período de análisis de muestras	2015-05-07 hasta 2015-06-03
pH (Un)(In Situ)	7.6
Temperatura (°C)(In Situ)	24
Oxígeno Disuelto (mg/L)(In Situ)	3.93
Conductividad (µs/cm)	512
Color Verdadero (UPC)	3
Turbiedad (UNI)	1,37
Demanda Química de oxígeno (mg/L)	8
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	187
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	134,0
Dureza Cálrica (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	56,21
COT (mg/L)	<0,8
Arsénico (mg As/L)	<0,01
Boro (mg B /L)	<1,00
Plata (mg Ag /L)	<0,05
Cromo hexavalente (mg Cr+6/L)	<0,04
Cadmio (mg Cd/L)	<0,0013
Cobre (mg Cu/L)	<0.307
Hierro (mg Fe/L)	0,182
Manganeso (mg Mn/L)	0,136
Mercurio (mg Hg/L)	<0,002
Plomo (mg Pb/L)	<0,01
Zinc (mg Zn/L)	<0,03
Selenio (mg Se/L)	<0,005
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> /L)	<0,013
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> /L)	0,23
<b>RESULTADO MICROBIOLÓGICO</b>	
Coliformes totales (/100 ml)	<2
Coliformes fecales (/100 ml)	<2

NOTA: ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

**DBO**  
INGENIERIA LTDA  
Taller Prof. 76237-28833  
Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental  
RG 120356280007600111100 SNIES  
UNIVERSIDAD DEL VALLE

PÁGINA 11 DE 11

Este documento no debe reproducirse ni total, ni parcialmente sin previa autorización de DBO INGENIERIA LTDA."

CALLE 10 NO. 29B-51 BODEGA 9 EL PORTAL DE DAPA TEL 6641808 FAX 6651300 CALI-COLOMBIA

e-mail: dboing@une.net.co / ventas@dboingenieria.com

www.dboingenieria.com

**ANEXO 2**  
**RESOLUCIÓN DE CONCESIÓN DE AGUAS**



Corporación Autónoma  
Regional del Valle del Cauca

Página 1 de 5

**Dirección Técnica Ambiental**  
**CONCEPTO TECNICO REFERENTE A:**  
**Concesión de aguas subterráneas pozo Vyu-346**  
**Concepto técnico No. 26226-C-85-2016**  
**Grupo Recursos Hídricos**

**Fecha de Elaboración:** Abril 26 de 2016

**Documentos soporte:** Expediente No. 0713-010-001-022-2016

Documento	Fecha	Radicado	Observación
Solicitud de concesión de aguas subterráneas	Diciembre 22 de 2015	67522	
Formulario único nacional de solicitud de concesión de aguas subterráneas	Diciembre 2 de 2015		Diligenciado
Certificado de existencia y representación	Octubre 14 de 2014		900005956-3
Cédula de Ciudadanía			31.881.498
Certificado de tradición de matrícula inmobiliaria	Diciembre 18 de 2015		Matrícula 370-916953
Registro único tributario			Cumple
Concepto técnico perforación	Septiembre 23 de 2014		26226-P-160-2014
Informe de construcción pozo	Mayo 15 de 2015		Eduardo gironza L. - Ingeniería Civil
Prueba de Bombeo	Mayo 6,7,8y9 de 2015		Colpozos S.A.S.
Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua	Junio 4 de 2015		DBO Ingeniería Ltda. Chemilab, Análisis Ambiental
Factura de venta - Evaluación concesión de aguas subterráneas	Abril 5 de 2016		Factura No. 89202851
Auto de iniciación de trámite	Marzo 3 de 2016		
Memorando remitido documentos a la Dirección Técnica Ambiental		Sin número de radicación	Anexando expediente
Otros:			

**Fecha de recibo:** Abril 8 de 2016

**Fuente de los Documentos:** La DAR Suoccidente, con memorando sin número de radicación remite a la Dirección Técnica Ambiental.

**Identificación del Usuario:** EMPRESA OFICIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DE YUMBO S.A. ESP - NIT 900 005 956-3

**Objetivo:** Concesión aguas subterráneas pozo Vyu-346

**Localización:** Predio Lote Eternit del Pacífico, Calle 1ª con Carrera 23, Barrio La Estancia, municipio de Yumbo; departamento del Valle del Cauca.

**Antecedentes:**

1. Se realizó inspección ocular el día 14 de abril de 2016, con el propósito de confirmar la información suministrada en la solicitud de concesión de aguas subterráneas y la existente en el archivo de la CVC, precisando las características generales del pozo.

La ubicación geográfica del pozo, corresponde a las siguientes coordenadas:

Versión: 01

No se deben realizar modificaciones en el formato.  
Grupo Gestión Ambiental y Calidad

COD: FT.0140.09





Corporación Autónoma  
Regional del Valle del Cauca

Página 2 de 5

Coordenada Norte: 887.155      Coordenada Este: 1.066.560  
Sistema de coordenadas Magna Colombia Oeste  
Cuenca hidrográfica del río Yumbo

2. La prueba de bombeo realizada por Colpozos S.A.S., los días 6,7,8 y 9 de mayo de 2015, presentó los siguientes resultados:

Profundidad del pozo	: 165 m
Diámetro revestimiento	: 14" 0 a 80,6 m
	: 8" 81 a 165 m
Nivel estático (NE)	: 10,12 m
Nivel de bombeo (NB)	: 57 m
Abatimiento (s)	: 46,88 m
Caudal (Q)	: 25 l/s
Capacidad específica (Q/s)	: 0,53 l/s/m
Tiempo de bombeo (horas)	: 48 horas
Sistema de aforo	: Piezómetro
Niveles medidos con	: Sonda eléctrica

3. Análisis de calidad de agua realizado por los laboratorios DBO Ingeniería Ltda y Chemilab, con fecha de muestreo 7 de mayo de 2015. Fueron muestreados los parámetros teniendo en cuenta el Artículo 38 del decreto 1594 de 1984. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los resultados de los parámetros analizados son los siguientes:

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
pH	Und	7,6
Conductividad	umhos/cm	512
Temperatura	°C	24
Oxígeno disuelto	mg/l	3,93
Color verdadero	UPC	3
Sólidos suspendidos totales	mg/l	-
Sólidos disueltos totales	mg/l	-
Turbiedad	NTU	1,37
DBO	mg/l	8
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	187
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	134
Dureza cálcica	mg CaCO <sub>3</sub> /l	56,21
COT	mg/l	<0,8
Arsénico	mg As /l	<0,01
Boro	mg Bo /l	<1,0
Plata	mg Ag/l	<0,05
Cromo Hexavalente	mgCr <sup>6+</sup> /l	<0,004
Cadmio	mg Cd/l	<0,0013
Cobre	mgCu/l	<0,307
Hierro total	mg/l	0,182
Manganeso	mg Mn/l	0,136
Mercurio	mgHg/l	<0,002
Plomo	mgPb/l	<0,01
Zinc	mgZn/l	<0,03
Selenio	mgSe/l	<0,005
Nitratos	mgNO <sub>3</sub> /l	0,23

Versión: 01

No se deben realizar modificaciones en el formato.  
Grupo Gestión Ambiental y Calidad

COD: FT.0140.09



Corporación Autónoma  
Regional del Valle del Cauca

Página 3 de 5

Nitritos	mgNO <sub>2</sub> /l	<0,013
Coliformes totales	NMP/100ml	<2
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<2

La calidad del agua del pozo Vyu-346, fue analizado de acuerdo al artículo 38 del Decreto 1594 de 1984, según las cual todos los parámetros se encuentran por debajo de los límites establecidos. Sin embargo, no se da cumplimiento a los requerimientos de la CVC.

4. Teniendo en cuenta que el agua será utilizada para el abastecimiento humano, en cumplimiento del parágrafo del artículo 63 del Acuerdo 042 de 2010, se corrobora que en el expediente **no se encuentra asociado al trámite de concesión de aguas subterráneas del pozo codificado Vyu-346, la Resolución, mediante la cual se expide la Autorización Sanitaria Favorable para el uso del agua de pozo.**

**Descripción de la situación:** En cumplimiento de las disposiciones del Auto de Iniciación del Trámite del 3 de marzo de 2016 "Fijar fecha y hora para la práctica de una visita ocular al sitio materia de la petición, en la cual se deberán verificar los hechos relacionados con la solicitud. Hecho lo anterior se rendirá el respectivo Concepto Técnico".

**Normatividad:** En cumplimiento del Acuerdo 042 de 2010, en lo dispuesto en el capítulo V, referente a la concesión de aguas subterráneas en su articulado.

Conforme a lo establecido en el Artículo 62 del Acuerdo CVC C.D. 042 de julio 09 de 2010, la concesión de aguas subterráneas se otorga por 10 años, e implica que el beneficiario deberá cumplir con las disposiciones establecidas en las leyes y demás normas legales que se dicten.

**Conclusiones:** Analizada la información anterior, conjuntamente con los parámetros hidráulicos de la zona, las distancias a los pozos cercanos y las necesidades de agua, se conceptúa que es técnicamente posible, autorizar el aprovechamiento del pozo identificado con el código Vyu-346, mediante el siguiente régimen:

<b>Caudal máximo aprovechable (Q)</b>	<b>: 25 l/s (402 GPM)</b>
<b>Tiempo de bombeo diario</b>	<b>: 18 horas</b>
<b>Días a la semana</b>	<b>: 7 días</b>
<b>Tiempo de bombeo semanal</b>	<b>: 126 horas</b>
<b>Tiempo de recuperación semanal</b>	<b>: 42 horas</b>
<b>Volumen máximo de bombeo anual</b>	<b>: 589.680 m<sup>3</sup></b>

La recuperación del pozo durante 42 horas a la semana, se establece con el propósito de evitar el incremento gradual del descenso en los niveles y el deterioro de los acuíferos en la zona.

El agua extraída del pozo se utilizará para USO DOMÉSTICO con un caudal máximo de 25 l/s, para abastecer 8140 habitantes de la urbanización Hacienda Verde del municipio de Yumbo.

**En consideración del uso, el trámite de concesión podrá continuar hasta tanto el usuario allegue la Autorización Sanitaria favorable, emitida por la Autoridad Sanitaria.**



Corporación Autónoma  
Regional del Valle del Cauca

Página 4 de 5

El pozo cuenta con sello sanitario de 40 metros, dando cumplimiento a las características del diseño del pozo entregado por la CVC mediante concepto 26226-P-160-2014

El pozo cuenta con las siguientes instalaciones:

Bomba centrífuga vertical Marca Grounfos, Modelo CR3242AF AE HQQE  
Medidor sin instalar Marca TurboBar dígitos 6 sin número de serial.

Cuenta con 1 tanque de almacenamiento de capacidad de 760 metros cúbicos.

Se tiene planta de tratamiento de agua y Planta de tratamiento de aguas residuales.

Los sobrantes de agua serán llevados a la PTAR y de esta se verterá al río Yumbo, para lo cual se cuenta con el permiso de la CVC.

El aprovechamiento del pozo no requiere el establecimiento de servidumbre.

#### REQUERIMIENTOS

- Instalar medidor de flujo y volumen de agua extraído, reportar a la CVC las características técnicas, fecha de instalación y la lectura inicial del medidor.
- Aportar la Autorización expedida por la Autoridad Sanitaria para usar en agua del pozo Vyu-346 para el abastecimiento de los habitantes de la Urbanización Hacienda Verde, del municipio de Yumbo.

#### OBLIGACIONES:

Los usuarios de las aguas subterráneas deben dar cumplimiento a todas las disposiciones de la legislación ambiental relacionadas con el aprovechamiento y protección del recurso hídrico, en especial con las establecidas en el Acuerdo CVC 042 de 2010, decretos 2811 de 1974; 1541 de 1978 y ley 99 de 1993.

A continuación se listan las principales obligaciones:

- No captar más del caudal o volumen concesionado.
- Dar estricto cumplimiento al régimen de operación diaria y semanal.
- Dar estricto cumplimiento al uso para el cual se destina la asignación
- Usar la asignación solo en el o los predios y en el área autorizada en el acto administrativo.
- Extraer las aguas de tal forma que no produzcan sobrantes.
- Colocar en la tubería de descarga de la bomba un medidor de flujo para medir el caudal y el volumen de agua extraído. En caso de que el medidor sea reparado o cambiado se debe notificar oportunamente a la CVC.
- Suministrar a la CVC las características técnicas de los equipos instalados para la extracción del agua subterránea, informar oportunamente a la CVC los cambios en estos equipos.
- Permitir el control y seguimiento del derecho ambiental otorgado, cuando la autoridad ambiental lo considere necesario, sin previo aviso, y además brindar la información que requieran los funcionarios de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC.
- Los equipos de bombeo para la extracción de las aguas subterránea, deberán ser bombas sumergibles o bombas turbinas de eje vertical lubricadas con agua, de tal forma que puedan



Corporación Autónoma  
Regional del Valle del Cauca

Página 5 de 5

- operar sin generar contaminación. Está prohibida la instalación de bombas lubricadas por aceite.
- Realizar el pago oportuno de la tasa por uso del agua subterránea. La CVC iniciará trámites administrativos para declarar la caducidad de la concesión cuando no se haya cancelado el valor de la tasa por uso del agua subterránea durante dos años consecutivos.
  - Realizar el pago de la tarifa por el servicio del seguimiento anual por el derecho ambiental otorgado.
  - Las aguas de uso público, independientemente de los predios a cuyo beneficio se destinan, no pueden transferirse por venta, donación o permuta, ni constituirse sobre ellas derechos personales o de otra naturaleza. Por consiguiente es nula toda cesión, transacción o en general cualquier contrato hecho sobre las aguas derivadas de acuerdo a lo establecido en la ley.
  - Llevar el control diario de los volúmenes de aguas subterráneas extraídos, los cuales deberán ser suministrados a la CVC cuando esta lo considere necesario.
  - En el área circundante al pozo no se podrá realizar actividad diferente a la captación de aguas subterráneas, y deberá permanecer limpia sin la presencia de sustancias tóxicas persistentes como agroquímicos, hidrocarburos, residuos industriales peligrosos, entre otros.
  - Los pozos que hayan cumplido con su vida útil y queden fuera de servicio deberán ser sellados adecuadamente para evitar la contaminación de las aguas subterráneas. En todos los casos el usuario deberá informar a la CVC sobre la clausura del pozo y proceder con la cancelación de la respectiva concesión de aguas subterráneas.
  - Los pozos que han quedado fuera de servicio no se podrán utilizar para descargar aguas residuales al acuífero, sean tratadas o sin tratar.

#### Funcionario Responsable

**SANDRA TERESA ESCOBAR CARMONA**  
Ingeniero Agrícola  
Profesional Especializado

**ANEXO 3**  
**PRUEBA DE BOMBEO**

**DIVISION DE OPERACIONES**

**RESUMEN TECNICO**

**POZO**

**LOTE ETERNIT**

**I. INFORMACION GENERAL**

FECHA	<u>MAYO 11 DE 2015</u>	MUNICIPIO	<u>YUMBO</u>
PREDIO	<u>LOTE ETERNIT</u>	DPTO	<u>VALLE DEL CAUCA</u>
PROPIETARIO	<u>EDUARDO GIRONZA L.</u>	No COLPOZOS	<u>357 - VC - 14</u>
		No CVC	

**II. INFORMACION DE LA BOMBA DE PRUEBA**


MODELO DE LA BOMBA	<u>C 80 A - 6 COLBOMBAS</u>		
COLUMNAS	<u>20 COLUMNAS DE (6" X 2" X 1(3/16)" X 10')</u>		
MOTOR	<u>PERKINS 150 HP</u>		
ENGRANAJE	<u>TC 150</u>	RELACION	<u>5 : 6</u>
DESCARGA	<u>8" X 5"</u>		


**III. CARACTERISTICAS DE LA PRUEBA DE BOMBEO**

TIPO DE PRUEBA	<u>CICLICA ASCENDENTE</u>
PROGRAMACION	<u>DOS CICLOS CON CAUDALES DE 324 DURANTE 24 HORAS Y 402 GPM DURANTE 48 HORAS RESPECTIVAMENTE</u>
DURACIÓN TOTAL	<u>72 HORAS</u>
MÉTODO DE AFORO	<u>PIEZOMETRO</u>
FECHA	<u>MAYO 6, 7, 8 Y 9 DE 2015</u>

**IV.OBSERVACIONES:**

EL PRIMER CICLO TENDIO A ESTABILIZAR  
EL SEGUNDO CICLO ESTABILIZA COMPLETAMENTE.

 <b>COLPOZOS S.A.S</b>		PROPIETARIO		EDUARDO GIRONZA L.			
PRUEBA DE BOMBEO CICLICA				POZO		LOTE ETERNIT	
PRIMER CICLO				No COLPOZOS		357 - VC - 14	
Altura piezómetro		10,5"		Nivel Estático (Mts)		10,12	
Diámetros (Descarga orificio.)		8" X 5"		Máximo Nivel Bombeo (m)		44,49	
Caudal en GPM		324		Inestable			
Duración del Ciclo		24 HORAS		Estable			
Hora de Inicio		10:00 a.m.		Tendiente a Estabilizar		X	
				Nivel de Bombeo Ajustado (m)		45,00	
				Caudal Especifico		GPM/m	9,29
						LPS/m	0,59
FECHA INICIO		.2015/05/06					
DATO #	HORA	TIEMPO BOMBEO (MINUTOS)	NIVEL BOMBEO (METROS)	DEPRESION PARCIAL (METROS)	DEPRESION TOTAL (METROS)	VELOCIDAD BOMBA (RPM)	
1	10:00 a.m.	0	10,12	0	0	0	
2	10:05 a.m.	5	17,38	7,26	7,26	1500	
3	10:10 a.m.	10	23,67	6,29	13,55	1500	
4	10:15 a.m.	15	26,29	2,62	16,17	1500	
5	10:20 a.m.	20	27,42	1,13	17,30	1500	
6	10:25 a.m.	25	30,57	3,15	20,45	1550	
7	10:30 a.m.	30	32,74	2,17	22,62	1550	
8	10:40 a.m.	40	35,83	3,09	25,71	1600	
9	10:50 a.m.	50	37,10	1,27	26,98	1600	
10	11:00 a.m.	60	38,03	0,93	27,91	1600	
11	11:30 a.m.	90	39,30	1,27	29,18	1600	
12	12:00 p.m.	120	40,80	1,50	30,68	1650	
13	01:00 p.m.	180	41,23	0,43	31,11	1650	
14	02:00 p.m.	240	41,31	0,08	31,19	1650	
15	03:00 p.m.	300	41,45	0,14	31,33	1650	
16	04:00 p.m.	360	41,55	0,10	31,43	1650	
17	05:00 p.m.	420	41,87	0,32	31,75	1650	
18	06:00 p.m.	480	42,06	0,19	31,94	1650	
19	07:00 p.m.	540	42,23	0,17	32,11	1650	
20	08:00 p.m.	600	43,16	0,93	33,04	1650	
21	09:00 p.m.	660	43,24	0,08	33,12	1650	
22	10:00 p.m.	720	43,31	0,07	33,19	1650	
23	11:00 p.m.	780	43,38	0,07	33,26	1650	
24	12:00 a.m.	840	43,49	0,11	33,37	1650	
25	01:00 a.m.	900	43,60	0,11	33,48	1650	
26	02:00 a.m.	960	43,79	0,19	33,67	1650	
27	03:00 a.m.	1020	43,87	0,08	33,75	1650	
28	04:00 a.m.	1080	43,97	0,10	33,85	1650	
29	05:00 a.m.	1140	44,14	0,17	34,02	1650	
30	06:00 a.m.	1200	44,26	0,12	34,14	1650	
31	07:00 a.m.	1260	44,42	0,16	34,30	1650	
32	08:00 a.m.	1320	44,49	0,07	34,37	1650	
33	09:00 a.m.	1380	44,47	-0,02	34,35	1650	
34	10:00 a.m.	1440	44,48	0,01	34,36	1650	

 <b>COLPOZOS S.A.S</b>		PROPIETARIO		EDUARDO GIRONZA L.		
PRUEBA DE BOMBEO CICLICA		POZO		LOTE ETERNIT		
SEGUNDO CICLO		No COLPOZOS		357 - VC - 14		
		Nivel Estático (Mts)		10,12		
Altura piezómetro	16"	Máximo Nivel Bombeo (m)		55,94		
Diámetros (Descarga orificio.)	8" X 5	Inestable				
Caudal en GPM	402	Estable		X		
Duración del Ciclo	48 HORAS	Tendiente a Estabilizar				
Hora de Inicio	10:00 a.m.	Nivel de Bombeo Ajustado (m)		57,00		
		Caudal Específico		GPM/m	8,58	
				LPS/m	0,54	
FECHA INICIO		.2015/05/07 y 08	% varacion Qe con respecto al ciclo anterior		7,7	
DATO #	HORA	TIEMPO BOMBEO (MINUTOS)	NIVEL BOMBEO (METROS)	DEPRESION PARCIAL (METROS)	DEPRESION TOTAL (METROS)	VELOCIDAD BOMBA (RPM)
1	11:00 a.m.	1500	52,30	7,82	42,18	1900
2	12:00 p.m.	1560	52,43	0,13	42,31	1900
3	01:00 p.m.	1620	52,48	0,05	42,36	1900
4	02:00 p.m.	1680	52,51	0,03	42,39	1900
5	03:00 p.m.	1740	52,56	0,05	42,44	1900
6	04:00 p.m.	1800	52,64	0,08	42,52	1900
7	05:00 p.m.	1860	53,05	0,41	42,93	1900
8	06:00 p.m.	1920	53,20	0,15	43,08	1950
9	07:00 p.m.	1980	53,47	0,27	43,35	1950
10	08:00 p.m.	2040	53,80	0,33	43,68	1950
11	09:00 p.m.	2100	53,93	0,13	43,81	1950
12	10:00 p.m.	2160	54,20	0,27	44,08	1950
13	11:00 p.m.	2220	54,30	0,10	44,18	1950
14	12:00 a.m.	2280	54,37	0,07	44,25	1950
15	01:00 a.m.	2340	54,45	0,08	44,33	1950
16	02:00 a.m.	2400	54,53	0,08	44,41	1950
17	03:00 a.m.	2460	54,58	0,05	44,46	1950
18	04:00 a.m.	2520	54,65	0,07	44,53	1950
19	05:00 a.m.	2580	54,72	0,07	44,60	1950
20	06:00 a.m.	2640	54,81	0,09	44,69	1950
21	07:00 a.m.	2700	54,73	-0,08	44,61	1950
22	08:00 a.m.	2760	54,89	0,16	44,77	1950
23	09:00 a.m.	2820	55,06	0,17	44,94	1950
24	10:00 a.m.	2880	55,04	-0,02	44,92	1950
25	11:00 a.m.	2940	55,13	0,09	45,01	1950
26	12:00 p.m.	3000	55,20	0,07	45,08	1950
27	01:00 p.m.	3060	55,23	0,03	45,11	1950
28	02:00 p.m.	3120	55,24	0,01	45,12	1950
29	03:00 p.m.	3180	55,26	0,02	45,14	1950
30	04:00 p.m.	3240	55,25	-0,01	45,13	1950
31	05:00 p.m.	3300	55,23	-0,02	45,11	1950
32	06:00 p.m.	3360	55,26	0,03	45,14	1950
33	07:00 p.m.	3420	55,24	-0,02	45,12	1950
34	08:00 p.m.	3480	55,29	0,05	45,17	1950



35	09:00 p.m.	3540	55,41	0,12	45,29	1950
36	10:00 p.m.	3600	55,45	0,04	45,33	1950
37	11:00 p.m.	3660	55,56	0,11	45,44	1950
38	12:00 a.m.	3720	55,48	-0,08	45,36	1950
39	01:00 a.m.	3780	55,59	0,11	45,47	1950
40	02:00 a.m.	3840	55,76	0,17	45,64	1950
41	03:00 a.m.	3900	55,85	0,09	45,73	1950
42	04:00 a.m.	3960	55,74	-0,11	45,62	1950
43	05:00 a.m.	4020	55,82	0,08	45,70	1950
44	06:00 a.m.	4080	55,94	0,12	45,82	1950
45	07:00 a.m.	4140	55,77	-0,17	45,65	1950
46	08:00 a.m.	4200	55,60	-0,17	45,48	1950
47	09:00 a.m.	4260	55,61	0,01	45,49	1950
48	10:00 a.m.	4320	55,67	0,06	45,55	1950

DATO No		HORA	TIEMPO BOMBEO (MINUTOS)	NIVEL DE RECUPERACION (METROS)	DEPRESION PARCIAL (METROS)	DEPRESION TOTAL (METROS)
1		10:00 a.m.	0	55,67	0,00	45,55
2		10:05 a.m.	5	47,23	8,44	37,11
3		10:10 a.m.	10	30,63	16,60	20,51
4		10:15 a.m.	15	27,52	3,11	17,40
5		10:20 a.m.	20	25,40	2,12	15,28
6		10:25 a.m.	25	23,21	2,19	13,09
7		10:30 a.m.	30	22,70	0,51	12,58
8		10:40 a.m.	40	21,96	0,74	11,84
9		10:50 a.m.	50	21,38	0,58	11,26
10		11:00 a.m.	60	19,74	1,64	9,62
11		12:00 p.m.	60	17,80	1,94	7,68
12		01:00 p.m.	60	16,05	1,75	5,93
13		02:00 p.m.	60	15,00	1,05	4,88
14		03:00 p.m.	60	14,17	0,83	4,05
15		04:00 p.m.	60	13,59	0,58	3,47
16		05:00 p.m.	60	13,02	0,57	2,90
17		06:00 p.m.	60	12,75	0,27	2,63
18		07:00 p.m.	60	12,51	0,24	2,39
19		08:00 p.m.	60	12,32	0,19	2,20

PRUEBA DE BOMBEO CICLICA		PROPIETARIO	EDUARDO GIRONZA L.
DATOS DE RECUPERACION <td>POZO</td> <td>LOTE ETERNIT</td>		POZO	LOTE ETERNIT
		No COLPOZOS	357 - VC - 14
Altura piezómetro	0"	Nivel Estático (Mts)	10,12
Diámetros (Descarga orificio.)	8" X 5"	Máximo Nivel Recuperacion (m)	55,67
Caudal en GPM	0	Inestable	
Duración del Ciclo	10 HORAS	Estable	
Hora de Inicio	10:00 a.m.	Tendiente a Estabilizar	X
		Mínimo Nivel de Recuperacion (m)	12,32
		% recuperacion de niveles con respecto al NE	82,1
FECHA INICIO	2015/05/09		

**ANEXO 4**  
**REGISTRO FOTOGRAFICO**



