



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE DE LA PARROQUIA BELLAMARÍA DEL CANTÓN SANTA
ROSA.

ROMERO JARAMILLO BRYAN ANDRES
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE DE LA PARROQUIA BELLAMARÍA DEL CANTÓN
SANTA ROSA.

ROMERO JARAMILLO BRYAN ANDRES
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA
PARROQUIA BELLAMARÍA DEL CANTÓN SANTA ROSA.

ROMERO JARAMILLO BRYAN ANDRES
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 18 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
18 de febrero de 2022

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA BELLAMARÍA DEL CANTÓN SANTA ROSA.

por Bryan Romero

Fecha de entrega: 08-feb-2022 03:40p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1746645485

Nombre del archivo: Bryan_Romero_Jaramillo-Eval_PTAP_Bellamaria.docx (1.93M)

Total de palabras: 4606

Total de caracteres: 22233

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA BELLAMARÍA DEL CANTÓN SANTA ROSA.

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ revistas.una.ac.cr

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ROMERO JARAMILLO BRYAN ANDRES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA BELLAMARÍA DEL CANTÓN SANTA ROSA., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

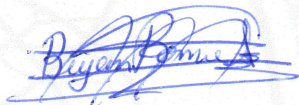
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 18 de febrero de 2022



ROMERO JARAMILLO BRYAN ANDRES
0705097392

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi familia y amigos, especialmente a mis padres que han sido un pilar fundamental en cada paso de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios por brindarme salud y fuerza en el trayecto de mi carrera estudiantil

A mis padres por el apoyo incondicional que me dieron para poder salir adelante

Al docente tutor por saberme guiar con éxito a la culminación de este trabajo

RESUMEN

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA BELLAMARÍA DEL CANTÓN SANTA ROSA

Autor: Bryan Romero Jaramillo

Email: bryanromeroj@gmail.com

El presente trabajo está basado en la evaluación técnica de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia Bellamaría en el cantón Santa Rosa. La PTAP presenta diferentes problemas de funcionamiento como la colmatación de sus FLA por lo que se procedió hacer una evaluación de la PTAP obteniendo 3 muestras de agua, se realizaron 3 visitas a la PTAP dando como resultado la elaboración de un croquis de la planta y una inspección visual del estado y funcionamiento de cada unidad. Se hizo un levantamiento de información de los usuarios beneficiarios del servicio obteniendo 444 conexiones, en función de la dotación media y la estimación de población se determinó un caudal requerido de 4.76 l/s superando el caudal de diseño. Al evaluar la PTAP se encontró que el FGD_i no está operando, el agua cruda es conducida por 2 tuberías PVC de 100 mm y 75 mm que llegan directo al cajón distribuidor omitiendo el pre-filtro. Los FLA no operan al mismo tiempo, funciona un FLA hasta que deje de filtrar el agua y luego el operador cambia al segundo FLA provocando que el agua filtrada no cumpla con los parámetros establecidos en la norma. Los análisis bacteriológicos demuestran la presencia de coliformes fecales en el agua de domicilio. En los análisis físico-químicos del agua cruda y tratada los parámetros de color aparente y turbiedad arrojaron valores mayores a los límites permitidos en la NTE INEN 1108, problemática causada por tasas de filtración muy altas.

Palabras claves: FGD_i, FIME, PTAP, FLA, lecho filtrante, agua potable, zona rural, planta de tratamiento.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE DRINKING WATER TREATMENT PLANT IN BELLAMARÍA PARISH, SANTA ROSA CITY

Author: Bryan Romero Jaramillo

Email: bryanromeroj@gmail.com

This work is based on the technical evaluation of the drinking water treatment plant of the Bellamaría parish in the Santa Rosa city. The DWTP presents different operational problems such as the clogging of its SSF, so we proceeded to make an evaluation of the DWTP obtaining 3 water samples, 3 visits to the DWTP were made resulting in the preparation of a sketch of the plant and a visual inspection of the status and operation of each unit. A survey of the information of the beneficiary users of the service was carried out, obtaining 444 connections. Based on the average water supply and the population estimate, a required flow rate of 4.76 l/s was determined, exceeding the design flow rate. When evaluating the DWTP it was found that the DCF is not operating, the raw water is conducted through two PVC pipes of 100 mm and 75 mm that arrive directly to the distribution box, omitting the pre-filter. The SSFs do not operate at the same time; one SSF operates until it stops filtering the water and then the operator switches to the second SSF, causing the filtered water to not meet the parameters established in the standard. Bacteriological analyses show the presence of fecal coliforms in the household water. In the physicochemical analysis of the raw and treated water, the apparent color and turbidity parameters showed values higher than the limits allowed by NTE INEN 1108, a problem caused by very high filtration rates.

Key words: DF, MSF, DWTP, SSF, filter bed, drinking water, rural area, treatment plant.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Objetivos de la investigación	6
2. DESARROLLO.....	7
2.1. Descripción del proyecto.....	7
2.1.1. Ubicación.....	7
2.2. Características del sistema de agua potable	8
2.2.1. Captación	8
2.2.2. Planta de tratamiento de agua potable.....	8
2.3. Estimación de caudales	10
2.4. Análisis e interpretación de resultados.....	10
2.4.1. Evaluación del filtro grueso dinámico (FGDi)	10
2.4.2. Evaluación de los filtros lentos de arena (FLA).....	11
2.4.3. Evaluación del proceso de desinfección.....	13
2.4.4. Evaluación de los parámetros de diseño.....	13
2.4.5. Interpretación de los análisis de calidad del agua.....	14
3. CONCLUSIONES.....	15
BIBLIOGRAFÍA	17
ANEXOS	19
Anexo 1 – Memoria Fotográfica.....	19
Anexo 2 – Croquis de la PTAP.....	22
Anexo 3 – Cálculos hechos en Excel.	26
Anexo 4 – Resultados del análisis del agua.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM de captación y PTAP de Bellamaría.....	7
Tabla 2. Cantidad de usuarios beneficiados con el agua potable.....	8
Tabla 3. Aforo de Caudales.....	10
Tabla 4. Agregados de lecho filtrante FGDi.....	11
Tabla 5. Cuadro de Resumen de las unidades de la PTAP	14

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la civilización humana desde su inicio ha estado ligada a la disponibilidad de una fuente hídrica de la que pueda servirse, muchas de nuestras necesidades como seres humanos giran en torno a ello; cuando nuestra especie establece un hábitat lo hace siempre y cuando el recurso hídrico sea de fácil acceso, pero no siempre lo fácil resulta ser lo idóneo; ya que en la naturaleza este líquido vital se encuentra contaminado, ya sea por procesos naturales o por acción del hombre.

A nivel global las normativas o leyes referentes al agua potable están destinadas a garantizar que la calidad sanitaria del recurso hídrico sea la correcta para el consumo humano, el acceso al agua potable con garantías sanitarias es una prioridad en la salud pública. [1] Actualmente es esencial la ejecución de diferentes sistemas de tratamiento que garanticen la calidad del agua potable, ya que los contaminantes que se encuentran dentro del recurso hídrico representan un riesgo para la salud. [2]

La calidad del líquido vital se encuentra comprometida en muchas de las plantas de tratamiento de agua potable que dotan a poblaciones de las diferentes zonas rurales del Ecuador, por ello el actual trabajo de investigación está orientado a la evaluación de la planta de tratamiento de agua potable ubicada en la comunidad de Piedra Redonda perteneciente a la parroquia Bellamaría en el cantón Santa Rosa, provincia de El Oro.

1.1. Objetivos de la investigación

Objetivo general:

Evaluar la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia Bellamaría, del Cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro, con la finalidad de proponer una solución que permita su buen funcionamiento y garantice la calidad del recurso hídrico.

Objetivos específicos:

- Analizar el manejo operacional en los diferentes procesos de tratamiento del agua.
- Comprobar si el agua potable que la PTAP suministra a sus usuarios cumple con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 1108.
- Proponer una alternativa que permita optimizar la PTAP y así tener un mejor aprovechamiento del recurso hídrico.

2. DESARROLLO

2.1. Descripción del proyecto

2.1.1. Ubicación

La planta de tratamiento de agua potable se encuentra ubicada del sitio Piedra Redonda perteneciente a la parroquia Bellamaría dentro del cantón Santa Rosa provincia de El Oro. (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Coordenadas UTM de captación y PTAP de Bellamaría.

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM		COTA (M.S.N.M)
	NORTE	ESTE	
Captación de agua	9609960	623244	119
Planta de Tratamiento de Agua	9611775	623530	54

Fuente: Autor

La PTAP de Bellamaría fue construida por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado De Santa Rosa (EMAPAEP-SR), posteriormente pasó a estar bajo la administración de la Junta Administrativa de Agua Potable Regional de Bellamaría dando así la apertura a un nuevo servicio básico en la parroquia, está conformado por un sistema de filtración en múltiples etapas (FIME), tiene un área de terreno de 700 m² el cual está cercado, dentro de la PTAP se encuentra un filtro grueso dinámico (FGDi), un by pass que es usado cuando el pre filtro (FGDi) no está funcionando, además tiene dos filtros lentos de arena (FLA) con una capacidad de 80 m³, una caseta de cloración y un tanque de reserva de 120 m³.

Dos tuberías de PVC de 100 mm y 75 mm conducen el agua cruda por gravedad, tiene una longitud de aproximadamente 2000 m desde la captación hasta la planta de tratamiento, inicialmente era una sola tubería de 100 mm pero con el tiempo la Junta del Agua de Bellamaría procedió a instalar una segunda tubería de 75 mm respectivamente, la captación es abastecida por la quebrada Palmira con el sistema de rejilla de fondo, también cuenta con un desarenador el cual tiene un cerramiento como protección. [3]

La quebrada Palmira se encuentra dentro de la protección de fuentes y zonas de recarga de agua (ZRA) que prohíbe cualquier tipo de actividad minera, agrícola o alguna acción que ponga en riesgo la contaminación del recurso hídrico. La parroquia Bellamaría está conformada por 6 sitios y cada uno tiene su propia captación, conducción y tratamiento del agua sin embargo con el transcurso del tiempo la junta de agua de Bellamaría ha logrado aumentar su cobertura de usuarios de sitios aledaños a la cabecera parroquial,

es así que a la fecha de entrega de este documento tiene 444 conexiones los cuales se encuentran distribuidos en los siguientes sitios. (Ver Tabla 2)

Tabla 2. Cantidad de usuarios beneficiados con el agua potable.

SITIO	USUARIOS	PORCENTAJE DE USUARIOS POR SITIO
Bellamaría	201	45.27 %
Recreo	136	30.63 %
Caluguro	64	14.41 %
Pirihuiña	26	5.86 %
Piedra Redonda	17	3.83 %
TOTAL	444	100 %

Fuente: Autor

2.2. Características del sistema de agua potable

2.2.1. Captación

Es una estructura que permite conducir el agua cruda desde la fuente de abastecimiento hacia la planta de tratamiento. [4]. La captación se encuentra aguas arriba a 5 km aproximadamente y para la fecha de elaboración de este documento no se pudo acceder al sitio por seguridad ante las posibles acrecentadas, por ello se levantó información en base a la documentación brindada por la Junta Administrativa de Agua Potable Regional de Bellamaría la cual se redacta a continuación.

La captación abierta se encuentra ubicada en la quebrada Palmira, es una captación en dique-toma de hormigón armado de 8 m de longitud y 3 m de profundidad, la toma del agua cruda en la captación se realiza a través de rejilla de fondo. El agua cruda llega al desarenador el cual cuenta con un cerramiento de malla galvanizada en buen estado. La conducción del agua cruda hasta la planta de tratamiento es por medio de tubería PVC de 100 mm. [3]

2.2.2. Planta de tratamiento de agua potable

La PTAP tiene un área de terreno de 700 metros cuadrados, cuenta con una protección de malla de cerramiento galvanizada de 50mm/2.7mm/10m/200cm y postes metálicos de tubo galvanizado de 2mmx50mmx2m. (Ver Anexo 1)

2.2.2.1. Filtro grueso dinámico (FGDi)

El FGDi está construido de hormigón, tiene una dimensión de 8.87m de longitud por 1.21m de ancho y 1.0m de altura con paredes de 0.24m, (Ver Anexo 2). Está diseñado para que el agua cruda llegue a la cámara de entrada el cual tiene un vertedero con perfil tipo Creager para luego pasar a la cámara de filtración rápida y posteriormente

pasar al cajón distribuidor o a la caja de desagüe. La cámara de filtración tiene una dimensión de 5.58 m de longitud por 1.21 m de ancho, la cámara de filtración está conformada por 3 capas, un lecho filtrante superior de arena gruesa de 0.10 m de altura, un lecho filtrante medio de grava canto rodado de 0.30 m y un lecho de soporte inferior de grava canto rodado de 0.30 m de altura, el agua sobrenadante tiene una altura de 0.10 m con un borde libre de 0.20 m. (Ver Anexo 1)

2.2.2.2. Cajón distribuidor

Tiene 2.29m de largo por 2.35m de ancho y 0.60m de altura con paredes de 0.25m, (Ver Anexo 2). Se encuentra distribuido por una cámara de entrada y 2 recámaras con vertederos triangulares, la conducción del agua cruda hacia los FLA es por medio de 2 tuberías independientes de PVC de 75mm además cuenta con una salida a la caja de desagüe en caso de realizar algún mantenimiento de limpieza. (Ver Anexo 1)

2.2.2.3. Filtros lentos de arena (FLA)

Uno de los más conocidos tratamientos del agua potable son los FLA que se utilizan ampliamente en las PTAP gracias a su alto porcentaje de eliminación de contaminantes como las partículas de materia orgánica y microorganismos. [5] Están compuestos de diferentes capas de material, por su diseño presentan un bajo costo de mantenimiento.

Son 2 unidades circulares de 5.70m de diámetro y 3.0m de altura con paredes de 0.12m, (Ver Anexo 2). Se encuentran separados entre sí a 1.75m de distancia, ambos tienen una tubería de rebose del agua en caso de que se tapen los filtros. El agua filtrada se suministra por una tubería de PVC de 75 mm a la caseta de cloración a 3.0m tiene 5 válvulas esféricas, 2 para el paso del agua filtrada y 3 para el agua sobrante que va directo a las cajas de desagüe. (Ver Anexo 1)

2.2.2.4. Cuarto de cloración

Consta de una caseta de 5.0m de ancho por 3.12m de largo con losa y una puerta metálica, en el interior de la caseta hay un cajón recolector del agua filtrada proveniente de los FLA, tiene 1.60m de ancho por 2.90m de largo, (Ver Anexo 2). Se encuentra distribuido por la cámara de entrada y una recámara con vertedero triangular, dentro de la caseta hay un tanque de plástico de 500 litros el cual cumple la función de hipoclorador y cuenta con una llave de 1 pulgada para el paso del agua. El agua con hipoclorito de calcio cae por goteo al cajón recolector para mezclarse con el agua filtrada y poderse desinfectar. (Ver Anexo 1)

2.2.2.5. Tanque de reserva

La PTAP tiene un tanque de reserva de hormigón con cubierta tipo cúpula cuyo perímetro es 21.7m y una altura de 3.0m, pero se llena sólo hasta los 2.5m dando un volumen de almacenamiento de 93.7 m³. (Ver Anexo 2)

2.2.2.6. Distribución del agua potable.

Tiene una cámara de válvulas con 4 tuberías diferentes, comenzando de izquierda a derecha, la primera tubería es de PVC de 110mm va conectada a la caja de desagüe y sirve para desalojar el agua sobrante o en caso de algún mantenimiento en el tanque de reserva, la segunda tubería de PVC de 90mm conduce agua al sitio la Pirihuiña y ciudadela San Andrés, la tercera tubería de PVC de 90mm distribuye agua a los sitios Bellamaría y Recreo, la última tubería es de PVC de 75mm que conduce agua a los sitios Caluguro y Piedra Redonda. (Ver Anexo 1)

2.3. Estimación de caudales

La estimación de recursos hídricos disponibles en cualquiera de los procesos es fundamental, siendo el registro de caudales un instrumento esencial para su adecuada gestión y organización. [6] Para la estimación de los caudales promedio que ingresan a las diferentes unidades de la PTAP se realizó aforos por el método volumétrico a continuación, los resultados obtenidos. (Ver Anexo 3)

Tabla 3. Aforo de Caudales

Unidad de Tratamiento	Caudal (l/s)
Filtro Grueso Dinámico (FGDi)	No está en funcionamiento
Cajón distribuidor a FLA	5.35
Filtro Lento de Arena (FLA)	5.33
Caseta de Cloración	5.31

Fuente: Autor

Al finalizar el aforo de caudales se puede apreciar que la PTAP está tratando 5.31 l/s en donde los excedentes de agua que ingresan de la captación son evacuados por el sistema de drenaje.

2.4. Análisis e interpretación de resultados

2.4.1. Evaluación del filtro grueso dinámico (FGDi)

El FGDi no se encuentra en funcionamiento hace ya algunos años (aproximadamente 10 años), estructuralmente se encuentra en buen estado, se le adaptó un sistema de bypass para que el agua cruda llegue directamente al cajón de distribución, inicialmente era una sola tubería de PVC de 150 mm pero con el paso del tiempo se colocó una

segunda tubería de PVC de 110 mm la cual inicia en la captación, las válvulas esféricas presentan deterioro por falta de mantenimiento lo cual dificulta su manejo, se encontró una capa de arena gruesa en la cámara de filtración. (Ver Tabla 4)

Tabla 4. Agregados de lecho filtrante FGD_i

Capa	Material	Espesor de capa (m)
Lecho Filtrante Superior	Arena gruesa	0.10
Lecho Filtrante Intermedio	Grava media	0.30
Lecho de Soporte Inferior	Grava gruesa	0.30

Fuente: Autor

2.4.2. Evaluación de los filtros lentos de arena (FLA)

La PTAP cuenta con 2 unidades de FLA, ambos presentan un buen estado en su estructura, no se encontró fisuras, actualmente está operando un FLA a la vez, en los FLA el agua cruda es conducida por gravedad por una tubería PVC de 110 mm desde el cajón distribuidor hasta los FLA, dentro de la cámara de filtración el agua cae de manera constante por 20 agujeros de 7.5 mm distribuidos a lo largo de 2 m de tubo PVC de 75 mm. La cámara de filtración contiene 2 capas, un lecho filtrante superior de arena fina de 0.80 m de altura y un lecho de soporte inferior de grava canto rodado de 0.50 m de altura, el agua sobrenadante tiene una altura de 1.50 m con un borde libre de 0.20 m, el tubo de rebose se encuentra a 0.1 m del borde libre.

En cada FLA el agua filtrada sale por una tubería PVC de 110 mm hasta llegar a las válvulas de paso posteriormente tienen una reducción a una tubería PVC de 75 mm, el agua filtrada viaja 3 m hasta llegar a la cámara de desinfección, ambos FLA se conectan a una tubería PVC de 110 mm la cual conduce el agua sobrante a una caja de desagüe ubicada a 8.5 m de los FLA.

El caudal de ingreso del agua cruda a los FLA es de 5.35 l/s con un aporte del 100% a un solo filtro por lo que el modo de operación que tiene la PTAP es trabajar con un FLA hasta que este deje de filtrar agua provocando así muchos problemas que comprometen la calidad de agua filtrada. Para que funcionen de una manera eficiente los FLA deben operar en paralelo con una tasa de filtración no superior a 0.3 m/h, la tasa de filtración va a depender de la calidad de agua cruda que ingrese a los FLA, mientras mayor sea la contaminación del agua a filtrarse menor va hacer la velocidad de filtración.

Los FLA eliminan de manera eficiente varios patógenos transmitidos en las aguas de ríos, incluidos virus, bacterias y quistes protozoarios dejar con un FLA hasta que este deje de filtrar agua provocando así muchos problemas que comprometen la calidad de agua cruda filtrada. Los FLA eliminan de manera eficiente varios patógenos transmitidos

en las aguas de ríos, incluidos virus, bacterias y quistes protozoarios de Giardia y Cryptosporidium Enteroparásitos. [7]

2.4.2.1. Velocidad de filtración

La velocidad de filtración es la cantidad de agua que atraviesa por el FLA en un determinado tiempo, las unidades a expresarse son en m/h.

Para que funcione en óptimas condiciones la velocidad de filtración debe estar entre 0.1m/h y 0.2m/h, además deberán ser mínimo 2 unidades en donde cada una deberá trabajar a un 65% del caudal total del diseño. [8]

De los datos recogidos en campo se obtuvo un caudal de entrada al FLA de 19.26 m³//h y un área del FLA de 25.5 m², para una mayor comprensión ver anexo 3.

$$V_f = \frac{Q_f}{A_f} = \frac{19.26 \text{ m}^3//\text{h}}{25.5 \text{ m}^2} = \mathbf{0.76 \text{ m/h}}$$

La PTAP utiliza un solo FLA por lo que se consideró solo un área de filtro, como resultado se pudo constatar que no cumple con la norma excediendo el límite de 0.3 m/h, esto conlleva a que se colmate la arena provocando una limpieza muy prematura del FLA, al realizar limpiezas muy frecuentes se impide el desarrollo de la capa biológica disminuyendo su eficiencia de filtrado.

2.4.2.2. Limpieza y mantenimiento

En temporadas de lluvia los operadores limpian un filtro cada 8 días provocando así que no se logre formar la capa micro bacteriana. Dentro de los FLA sobre el lecho de arena se forma una capa de “schmutzdecke” que influye en el mecanismo de procesos biológicos. [9]

La capa de “schmutzdecke” debe lograr madurar para que ayude a la eliminación de materia orgánica y microbios, al dejar que la capa de schmutzdecke desarrolle dentro del FLA provoca que se forme una biopelícula en lo profundo del lecho filtrante ayudando así a un mejor control microbiano cada vez que se limpie y se elimine la capa de schmutzdecke. [10]

Para realizar la limpieza extraen la capa superior de arena para luego lavarla y colocarla en su mismo lugar, cabe recalcar que cada vez que hacen esto en la planta el operador agrega un saco más de arena.

2.4.3. Evaluación del proceso de desinfección

La cloración es el proceso final por el que pasa el agua para luego ser distribuida a sus consumidores, dentro de la desinfección intervienen algunos factores claves como el tiempo de contacto del cloro con el agua, qué microorganismos están presentes en el agua, la temperatura, el pH del agua, el tipo y concentración del agente químico. [11]

Inicialmente la planta funcionaba con un sistema de cloración automático y era alimentado por pastillas de cloro al 99%, en la actualidad la desinfección es por goteo, dentro de la caseta hay un tanque de plástico de 500 L el cual sirve como hipoclorador, se mezcla una cantidad de hipoclorito de calcio al 70% dentro del tanque para luego pasar al cajón recolector, el tanque se encuentra sin tapa y sin flotador esto da como resultado que la cantidad de agua clorada que pase al cajón recolector no sea estable teniendo así una concentración de cloro diferente a lo largo del día. (Ver Anexo 1)

En la actualidad el operador está disolviendo 2 libras (907.2 gramos) de hipoclorito de calcio al 70 % en el tanque de 500 litros esto lo hace una vez por día en las mañanas sin considerar la calidad de agua proveniente de los FLA.

2.4.3.1. Estimación de cantidad necesaria de cloro.

Para el cálculo se consideró el caudal promedio aforado que está tratando la PTAP.

$$\text{Dosificación} = \frac{5.31 \text{ l}}{\text{seg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \times \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ d}} \times \frac{1 \text{ g/m}^3}{0.70} = 655.41 \text{ g/d}$$

En base a los resultados obtenidos se puede observar que la cantidad de hipoclorito de calcio que se ingresa al tanque es mayor a la requerida.

2.4.4. Evaluación de los parámetros de diseño

Por datos recopilados se conoce que la planta fue construida en 1990, a la fecha de entrega de este documento la PTAP cuenta con 32 años de funcionamiento superando su periodo de diseño.

2.4.4.1. Dotación media.

Para el cálculo de la dotación medias se consideró la demanda de consumo de agua de los meses de noviembre y diciembre de año 2021, son 444 usuarios de los cuales se tomaron datos de 197 usuarios de los principales sitios de la parroquia dando como resultado 158.75 l/hab*d. (Ver anexo 3)

2.4.4.2. Caudal de planta de tratamiento Q_{PT}.

En función de la dotación media y la estimación de población pudimos obtener un caudal requerido de 4.76 l/s superando el caudal de diseño. (Ver anexo 3)

2.4.4.3. Almacenamiento.

Para poblaciones menores a 5000 habitantes se considera un 30% de volumen consumido en un día. [8]

Se obtuvo un volumen necesario de 74.8 m³ que está por debajo de la capacidad máxima de reserva del tanque que es de 93.7 m³. (Ver anexo 3)

2.4.4.4. Cuadro de resumen de la PTAP.

Tabla 5. Cuadro de Resumen de las unidades de la PTAP

Unidad	Estado	Condición	Observaciones
FGDi	Bueno	No Cumple	- No se encuentra en funcionamiento.
FLA	Bueno	No Cumple	- La tasa de filtración es muy alta. - Se encuentra operando solo un FLA. - Se colmata en menos de 8 días.
Tanque de Solución	Bueno	No Cumple	- No es operado de forma correcta. - Se coloca la cantidad de cloro de manera intuitiva. - No se clora en las noches.
Tanque de Reserva	Bueno	Si Cumple	- La capacidad de almacenamiento es mayor a la requerida.

Fuente: Autor

2.4.5. Interpretación de los análisis de calidad del agua

Para la obtención de resultados se tuvieron que tomar 3 muestras diferentes de 600 ml cada una, la primera muestra representa el agua cruda que entra a la PTAP y se la tomó directamente en el cajón distribuidor, la segunda muestra es de agua tratada, se tomó antes de pasar al tanque de reserva, se utilizó equipo de bioseguridad y se desinfectó el área de muestreo, para la tercer muestra se siguió el mismo protocolo pero la muestra fue tomada en un domicilio de una de las comunidades beneficiarias del servicio de agua potable. (Ver Anexo 1)

Las aguas superficiales representan una parte importante del suministro total de agua potable en una comunidad, por ello se crea la necesidad de obtener una buena calidad de agua debido a que en estas zonas hay presencia de microbios compuestos. [12]

Los criterios de calidad del agua cruda son tomados del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente en la tabla 1 referente a criterios de calidad de fuentes

de agua para consumo humano y doméstico. [13] Los parámetros referenciales para el agua tratada son tomados de la NTE INEN 1108(6ta Rev). [14]

Los análisis de las diferentes muestras arrojaron para la mayoría de parámetros resultados dentro de lo que estipula la norma a excepción del color aparente y turbiedad. Además, dentro de los parámetros microbiológicos se pudo evidenciar una ausencia de coliformes fecales, pero en el agua de domicilio si presento la presencia de estos patógenos, si bien un solo resultado del agua no garantiza que haya una buena interpretación de los mismos si nos da la idea de que el agua posiblemente se encuentre contaminada. (Ver Anexo 4)

La turbiedad da indicios de presencia de sustancias coloidales, orgánicas o minerales, estos son factores contaminantes del agua, además un elevado nivel de turbiedad puede proteger a los microorganismos de la desinfección, también puede incrementar la proliferación de bacterias provocando que se aumente la demanda de cloro, esto nos lleva a la conclusión que la presencia de turbiedad en el agua expone a los seres humanos a posibles contaminantes microbiológicos significando un riesgo para la salud. [15]

3. CONCLUSIONES

- La Junta Administrativa de Agua Potable Regional de Bellamaría es una entidad autónoma de una zona rural del cantón Santa Rosa, esto conlleva a una ausencia de entidades competentes como el SENAGUA que facilitan la asesoría técnica necesaria al operador de la planta por lo tanto, las labores que realiza el operador en las diferentes unidades dentro de la PTAP son empíricas, además no cuentan con ningún instrumento de medición para el análisis del agua cruda o tratada provocando que realice siempre las mismas funciones sin tomar en cuenta la calidad de agua cruda que entra a la PTAP.
- Los análisis de agua dieron como resultado que la turbiedad, el color aparente y los coliformes fecales se encuentran por encima de los parámetros permitido en norma NTE INEN 1108, cabe recalcar que solo se realizó una muestra del agua cruda y tratada, por lo tanto, no se pudo realizar una comparación del análisis del agua en diferentes tiempos, la escasa información de resultados de los análisis del líquido vital limita a tener un patrón de resultados.
- Se propone como alternativas para que la planta funcione de manera óptima las siguientes observaciones:
 - El desarenador debe entrar en funcionamiento y así eliminar la entrada directa del agua cruda a la PTAP.

- Poner en funcionamiento el FGD_i con el caudal que inicialmente fue diseñado, adicional a eso construir o ampliar el FGD_i y ahí colocar la segunda tubería instalada posterior a su diseño inicial, en el cajón filtrante colocar las diferentes capas de grava correspondiente.
- Debe realizarse una evaluación más detallada de todo el sistema de agua potable debido a que ya ha finalizado su periodo de diseño.
- Bajar la concentración de cloro y colocar un flotador al tanque para que el flujo sea constante y no tener el riesgo de producir trihalometanos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Gómez Gutiérrez, M. Josepa Miralles, I. Corbella, S. García, S. Navarro y X. Llebaria, «La calidad sanitaria del agua de consumo,» *Gaceta Sanitaria*, vol. 30, nº 1, pp. 63-68, 16 Noviembre 2016.
- [2] R. I. Méndez Novelo, J. G. Pacheco Ávila, E. R. Castillo Borges, A. Cabrera Sansores, E. d. R. Vázquez Borges y D. D. Cabañas Vargas, «Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México,» *Ingeniería*, vol. 19, nº 1, pp. 51-61, 2015.
- [3] Cofenix, «PDOT BELLAMARÍA,» Santa Rosa, 2019.
- [4] F. Aguirre Morales, Abastecimiento de Agua para comunidades rurales, Primera Edición ed., UTMACH, Ed., Machala, El Oro: UTMACH, 2015, p. 150.
- [5] L. Chen, Y. Zhai, E. v. d. Mark, G. Liu, W. v. d. Meer y G. Medema, «Microbial community assembly and metabolic function in top layers of slow sand filters for drinking water production.,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 294, p. 11, 20 Abril 2021.
- [6] J. P. Bonilla Valverde y A. Rojas Barrantes, «Variación horaria en las mediciones de caudales en la cuenca hidrográfica Jesús María con el método de copas,» *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 52, nº 1, pp. 110-128, 01 Enero 2018.
- [7] M. Anurag, S. Manoj Kumar y Sushil Kumar, «Biofiltration technique for removal of waterborne pathogens,» *Waterborne Pathogens*, vol. 7, pp. 123-141, 2020.
- [8] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES, Primera ed., Quito, Pichincha, 1992, p. 291.
- [9] Ni'matuzahroh, N. Fitriani, P. E. Ardiyanti, E. P. Kuncoro, W. D. Budiyanto, D. R. Mitha Isnadina y F. E. Wahyudianto, «Comportamiento de schmutzdecke con tasas de filtración variadas de filtro lento de arena para eliminar coliformes totales,» *Heliyon*, vol. 6, nº 4, p. 11, 2020.
- [10] C. Sandy, P. Kristjan , R. Janine , P. Kenneth M. , R. Peter y P. Catherine J., «Monitoring biofilm function in new and matured full-scale slow sand filters using flow cytometric histogram image comparison (CHIC),» *Water Research*, vol. 138, nº 1, pp. 27-36, 2018.
- [11] J. E. Pachacama Llumiquinga, «Utilización de productos para Potabilización de Agua,» *Polo del Conocimiento*, vol. 5, nº 08, pp. 1378-1389, 2020.
- [12] A. Alver, «Evaluation of Conventional Drinking Water Treatment Plant Efficiency According to Water Quality Index and Health Risk Assessment,» *Springer Link*, vol. 26, p. 15, 18 July 219.

- [13] Ministerio del Ambiente, TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE, vol. 2, Quito, Pichincha, 2017, p. 407.
- [14] NORMATÉCNICA ECUATORIANA, «AGUA PARA CONSUMO HUMANO,» Quito, 2020.
- [15] M. R. Martínez Orjuela, B. E. Medrano Solís, J. Y. Mendoza Coronado, L. M. Gómez Torres y C. A. Zafra Mejía, «Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal,» *UIS Ingenierías*, vol. 19, nº 1, pp. 15-24, 2020.

ANEXOS

Anexo 1 – Memoria Fotográfica.



Imagen 1 FGDi fuera de operación.



Imagen 2 Cajón distribuidor.



Imagen 3 FLA 1.



Imagen 4 FLA 2.



Imagen 5 Válvulas de paso de agua cruda a FLA 1 y 2.



Imagen 6 Vista lateral de FLA.



Imagen 7 Distribución del agua filtrada.



Imagen 8 Caseta de cloración.



Imagen 9 Tanque de 500 L.



Imagen 10 Mezcla del agua filtrada con el agua clorada.



Imagen 11 Distribución del agua potable a la parroquia.



Imagen 12 Tanque de reserva.



Imagen 13 Clorador Automático dañado



Imagen 14 Cantidad de hipoclorito de calcio al 70%



Imagen 15 Toma de agua cruda



Imagen 16 Toma de agua tratada

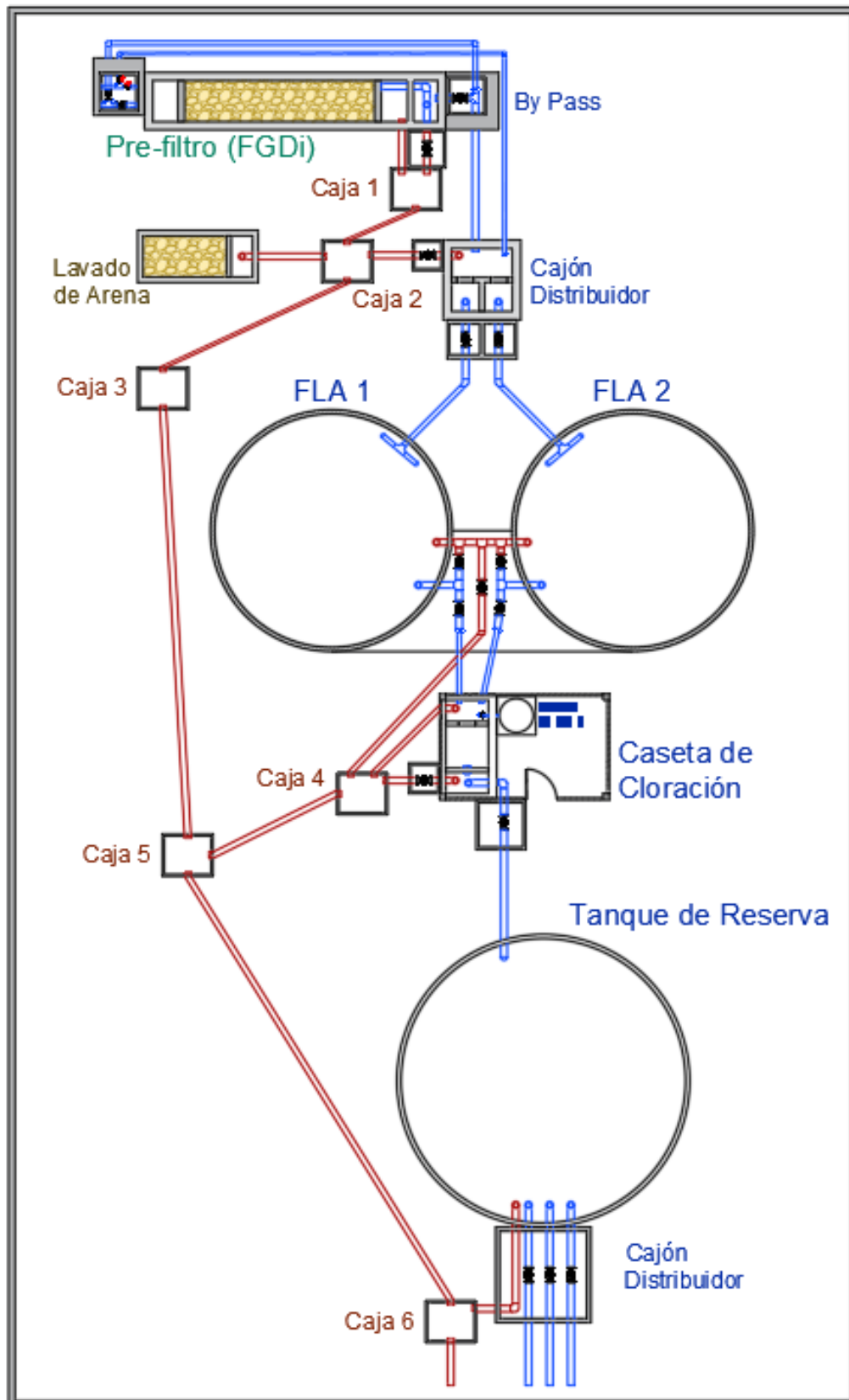


Imagen 17 Toma de agua de domicilio

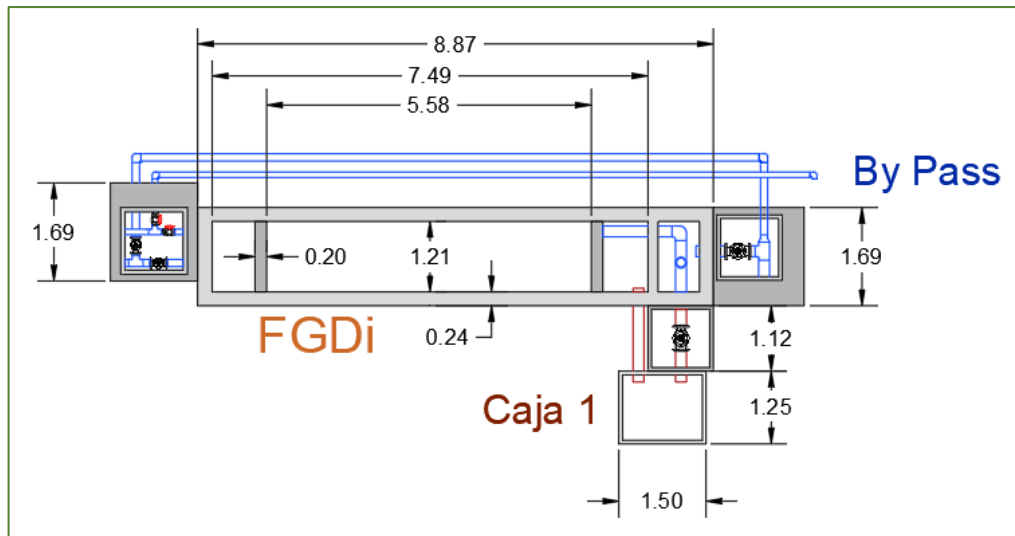


Imagen 18 Entrega de muestras en el laboratorio

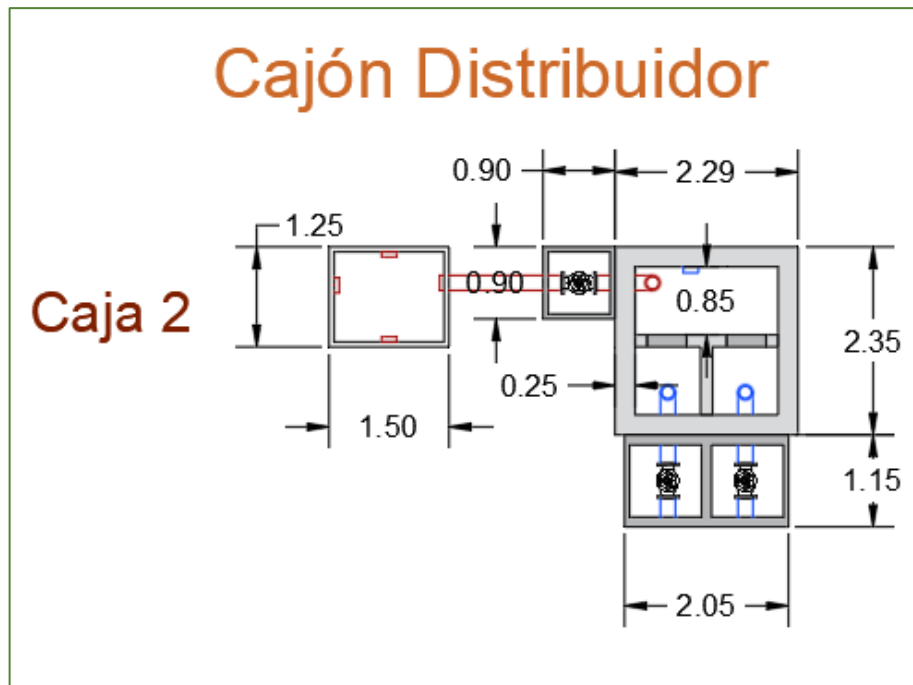
Anexo 2 – Croquis de la PTAP.



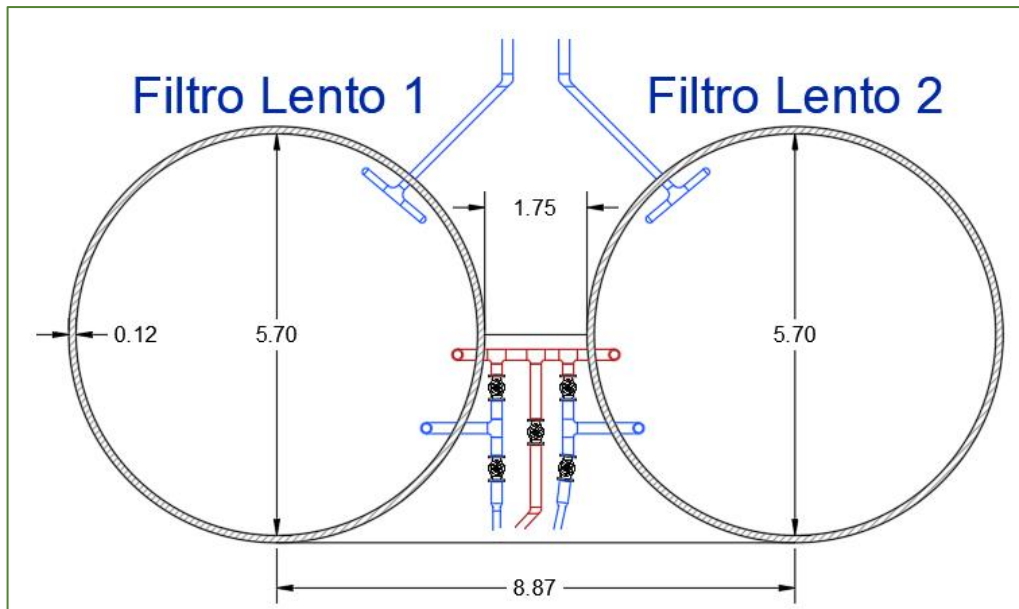
Fuente: Elaborado por el autor.



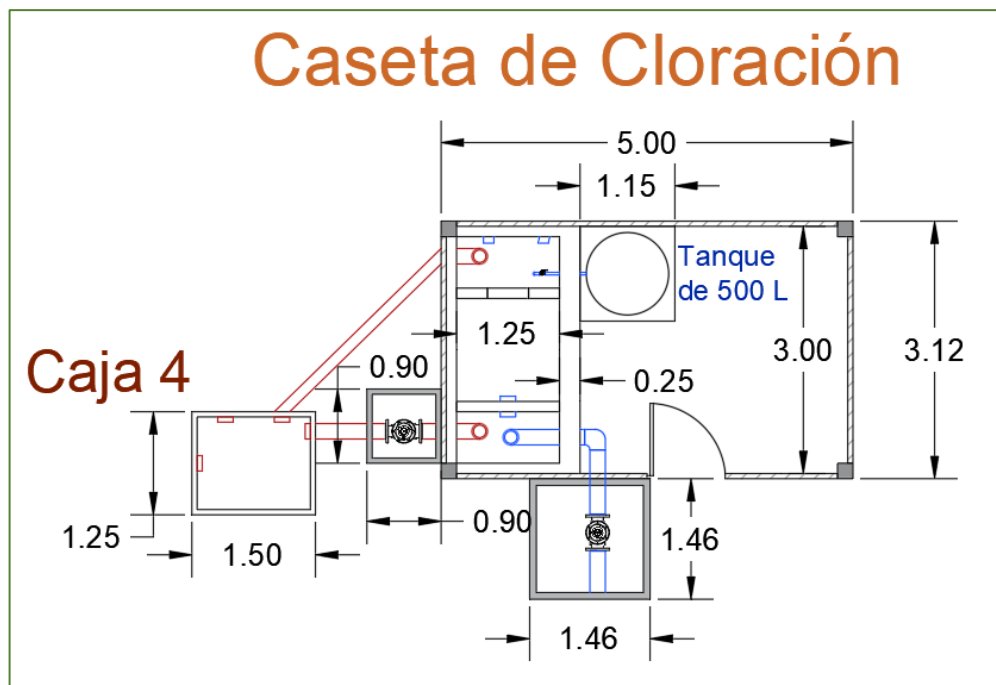
Fuente: Elaborado por el autor.



Fuente: Elaborado por el autor.

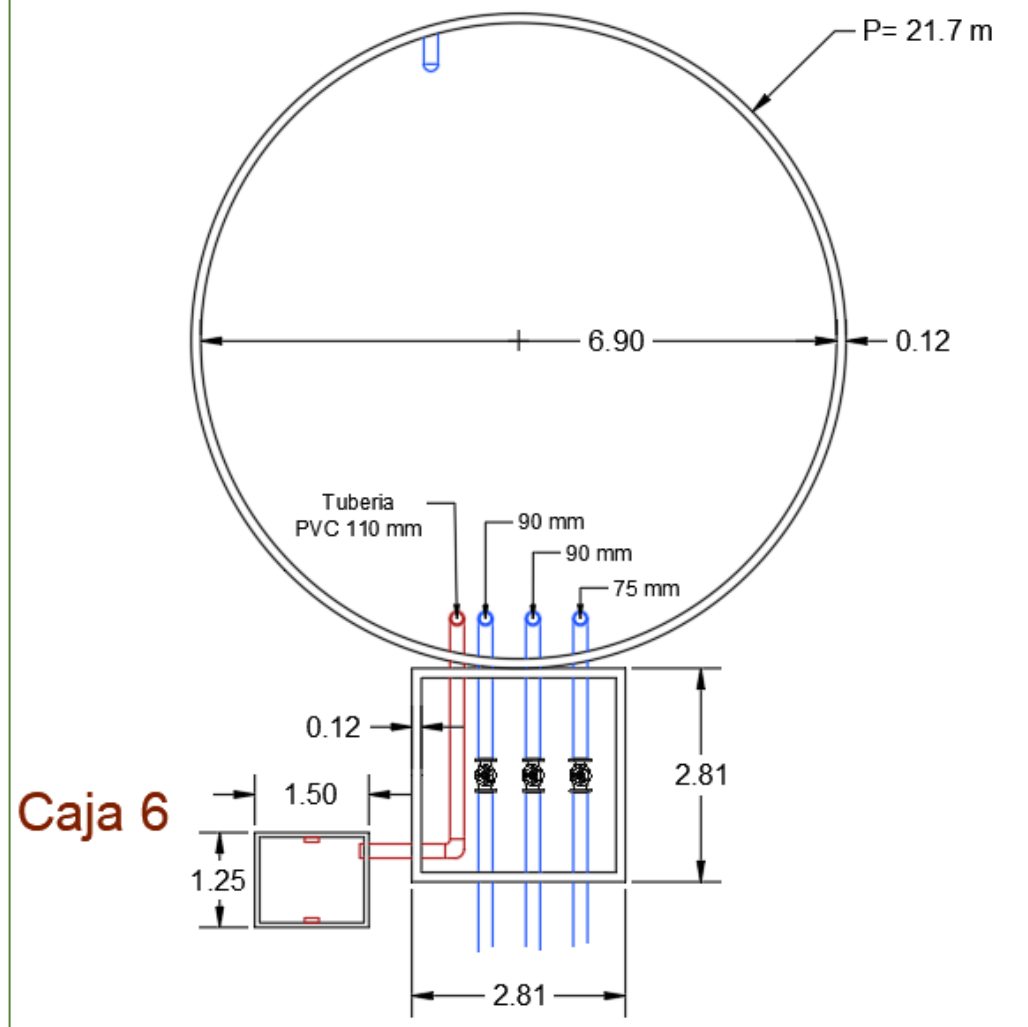


Fuente: Elaborado por el autor.



Fuente: Elaborado por el autor.

Tanque de Reserva



Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3 – Cálculos hechos en Excel.

Datos Filtros Lentos de Arena (2)	
Diametro (m)	5.7
Altura (m)	3.0
Area (m ²)	25.5
Volumen (m ³)	76.6
Capacidad Litros	76552.8

Tanque de Reserva (1)	
Perimetro (m)	21.7
Altura (m)	2.5
Area (m ²)	37.5
Volumen (m ³)	93.7
Capacidad Litros	93680.6

Registro de aforo de caudales

14 de Enero del 2022		18 de Enero del 2022		24 de Enero del 2022	
Cajón Distribuidor		Cajón Distribuidor		Cajón Distribuidor	
Volumen (L)	Tiempo (s)	Volumen (L)	Tiempo (s)	Volumen (L)	Tiempo (s)
4	0.72	4	0.70	4	0.90
	0.68		0.69		0.84
	0.73		0.71		0.81
	0.70		0.69		0.85
	0.71		0.70		0.80
	0.69		0.69		0.85
	0.72		0.70		0.86
	0.69		0.69		0.89
	0.75		0.70		0.87
	0.73		0.67		0.89
Caudal (L/s)	5.62	Caudal (L/s)	5.76	Caudal (L/s)	4.67
Caudal (m ³ /h)	20.22	Caudal (m ³ /h)	20.75	Caudal (m ³ /h)	16.82

Registro de aforo de caudales

14 de Enero del 2022		18 de Enero del 2022		24 de Enero del 2022	
Salida Filtro Lento Arena		Salida Filtro Lento Arena		Salida Filtro Lento Arena	
Volumen (L)	Tiempo (s)	Volumen (L)	Tiempo (s)	Volumen (L)	Tiempo (s)
4	0.70	4	0.73	4	0.84
	0.69		0.69		0.85
	0.71		0.67		0.88
	0.72		0.69		0.85
	0.70		0.71		0.90
	0.73		0.70		0.82
	0.73		0.70		0.84
	0.70		0.65		0.86
	0.72		0.72		0.88
	0.73		0.72		0.90
Caudal (L/s)	5.61	Caudal (L/s)	5.73	Caudal (L/s)	4.64
Caudal (m ³ /h)	20.20	Caudal (m ³ /h)	20.63	Caudal (m ³ /h)	16.71
Tasa de Flujo (m.h)	0.79	Tasa de Flujo (m.h)	0.81	Tasa de Flujo (m.h)	0.66

Registro de aforo de caudales

14 de Enero del 2022

Caseta de Cloración	
Volumen (L)	Tiempo (s)
4	0.70
	0.69
	0.72
	0.71
	0.73
	0.72
	0.71
	0.72
	0.71
	0.73
Caudal (L/s)	5.60
Caudal (m ³ /h)	20.17

18 de Enero del 2022

Caseta de Cloración	
Volumen (L)	Tiempo (s)
4	0.71
	0.72
	0.69
	0.71
	0.69
	0.69
	0.71
	0.70
	0.71
	0.69
Caudal (L/s)	5.70
Caudal (m ³ /h)	20.51

24 de Enero del 2022

Caseta de Cloración	
Volumen (L)	Tiempo (s)
4	0.87
	0.85
	0.86
	0.88
	0.85
	0.89
	0.87
	0.86
	0.87
	0.86
Caudal (L/s)	4.62
Caudal (m ³ /h)	16.63

Registro de aforo de caudales

14 de Enero del 2022

Hipoclorador	
Volumen (L)	Tiempo (s)
4	150.35
	149.99
	150.01
	150.77
	151.23
	153.12
	152.37
	151.86
	152.00
	151.46
Caudal (L/s)	0.03
Caudal (m ³ /h)	0.10

18 de Enero del 2022

Hipoclorador	
Volumen (L)	Tiempo (s)
4	120.44
	122.22
	121.80
	123.00
	122.90
	122.75
	122.43
	121.98
	123.02
	122.33
Caudal (L/s)	0.03
Caudal (m ³ /h)	0.12

24 de Enero del 2022

Hipoclorador	
Volumen (L)	Tiempo (s)
4	166.52
	165.89
	167.00
	166.41
	166.23
	166.73
	165.92
	167.09
	166.21
	166.76
Caudal (L/s)	0.02
Caudal (m ³ /h)	0.09

Orden	Consumo (m ³ /mes)				
	Noviembre	Diciembre			
1	2	3	69	7	5
2	4	1	70	30	27
3	15	26	71	0	0
4	11	12	72	9	15
5	4	3	73	15	16
6	6	7	74	0	3
7	9	10	75	9	30
8	61	58	76	0	2
9	23	10	77	0	0
10	14	0	78	0	0
11	2	2	79	0	0
12	7	1	80	0	0
13	8	8	81	33	32
14	14	15	82	63	192
15	11	11	83	15	6
16	14	11	84	10	6
17	18	17	85	17	13
18	24	22	86	21	16
19	40	31	87	17	13
20	4	2	88	72	0
21	44	35	89	19	18
22	12	12	90	29	30
23	18	19	91	23	18
24	5	1	92	17	14
25	15	8	93	35	17
26	0	0	94	21	0
27	17	12	95	1	28
28	4	5	96	5	5
29	4	3	97	13	11
30	43	21	98	0	0
31	16	15	99	3	20
32	23	9	100	25	20
33	3	0	101	23	18
34	16	10	102	17	15
35	19	14	103	64	20
36	6	6	104	24	24
37	1	1	105	0	0
38	15	7	106	14	11
39	0	0	107	32	27
40	37	33	108	6	3
41	12	13	109	17	20
42	31	28	110	5	1
43	24	18	111	15	17
44	5	4	112	7	14
45	0	0	113	0	0
46	4	3	114	13	14
47	13	11	115	21	0
48	0	0	116	32	28
49	16	16	117	0	0
50	18	21	118	18	13
51	39	32	119	4	4
52	31	31	120	11	11
53	167	150	121	12	21
54	178	157	122	5	3
55	32	28	123	13	10
56	1	2	124	0	0
57	6	15	125	39	23
58	14	14	126	32	11
59	27	20	127	5	6
60	16	16	128	19	62
61	18	22	129	55	51
62	15	13	130	27	23
63	21	21	131	21	20
64	6	9	132	55	74
65	23	32	133	93	85
66	5	5	134	0	0
67	18	9	135	11	10
68	42	21	136	10	6

137	21	24
138	3	4
139	11	9
140	17	12
141	32	30
142	41	23
143	25	22
144	38	26
145	6	3
146	43	29
147	28	19
148	19	0
149	19	22
150	27	25
151	2	3
152	12	14
153	20	21
154	21	16
155	0	1
156	18	18
157	20	23
158	27	37
159	23	19
160	12	10
161	3	2
162	5	7
163	14	10
164	0	0
165	0	2
166	1	3
167	7	2
168	0	10
169	23	27
170	13	4
171	17	16
172	19	19
173	15	22
174	0	5
175	19	18
176	40	25
177	2	1
178	21	17
179	34	35
180	54	28
181	11	8
182	91	59
183	17	16
184	18	16
185	20	21
186	26	25
187	17	17
188	21	20
189	2	2
190	6	4
191	42	33
192	16	22
193	10	8
194	12	13
195	0	0
196	3	3
197	0	0
Total (m³/mes)	3684.00	3304.00
Dotación Media (m³/hab/mes)	4.92	4.41
Dotación Media (m³/hab/día)	0.16	0.14
Dotación Media (L/hab/día)	158.75	142.37

Datos
Dotación Media (D) : 150.56
Conexiones: 444
Coefficiente: 3.73
Población (P) : 1656.12

Caudal medio diario (Qmed)
Qmed (L/s)= 2.88595
Qmed (m ³ /h)= 10.38944

$$Q_m (L/s) = (P \times D)/86400$$

$$Q_m (m^3/h) = (Q_m (L/s)) \times 3.6$$

Caudal maximo diario (Qmax.dia)
Qmax.dia (L/s)= 4.32893
Qmax.dia (m ³ /h)= 15.58415

$$Q_{max.dia} (L/s) = K_{max.dia} \times Q_{med}$$

$$Q_{max.dia} (m^3/h) = K_{max.dia} \times Q_{med}$$

Caudal maximo horario (Qmax.hor)
Qmax.hor (L/s)= 6.63769
Qmax.hor (m ³ /seg)= 23.89570

$$Q_{max.hor} (L/s) = 2.3 \times Q_{med}$$

$$Q_{max.hor} (m^3/h) = 2.3 \times Q_{med}$$

Caudal de Captación (Q _{cap})
Q _{cap} (L/s)= 5.19472
Q _{cap} (m ³ /h)= 18.70098

$$Q_{cap} (L/s) = 1.2 \times Q_{max.día}$$

$$Q_{PT} (m^3/h) = 1.2 \times Q_{max.día}$$

Caudal Planta de Tratamiento (Q _{PT})
QPT (L/s)= 4.76182
QPT (m ³ /h)= 17.14257

$$Q_{PT} (L/s) = 1.1 \times Q_{max.día}$$

$$Q_{PT} (m^3/h) = 1.1 \times Q_{max.día}$$

Volumen de Almacenamiento (Va)
Va (m3) = 74.80393

$$V_a (m^3) = 0.3 \times Q_{med}$$

Anexo 4 – Resultados del análisis del agua.



EMPRESA PUBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
DEL CANTON SANTA ROSA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. "LOS JARDINES"

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

FISICO-QUIMICO-MICROBIOLÒGICO

ESTUDIANTE FIC UTMACH (BRYAN ANDRES ROMERO JARAMILLO)

24 DE ENERO DE 2022

24 DE ENERO DE 2022

25 DE ENERO DE 2022

AGUA NATURAL; AGUA POTABLE; AGUA DOMICILIO

1; 2; 3

FISICO-QUIMICO = SI

MICROBIOLÒGICO = SI

TIPO DE ANALISIS :
SOLICITANTE
FECHA DE MUESTREO
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA
FECHA DE SALIDA DE RESULTADOS
NATURALEZA DE LA MUESTRAS
IDENTIFICACION DE LA MUESTRAS
CONSERVACION DE LAS MUESTRAS

METODO DE ENSAYO

Standard Método y

Membrana Filtrante

PARAMETROS	UNIDADES	GUIA DE AGUA		RESULTADOS		
		CRUDA	TRATADA	1	2	3
		valor guía max.	valor guía max.			
		TABLA 1	NORMA INEN	AGUA	AGUA	AGUA
		TULSMA	1108 (6ta Rev)	CRUDA	TRATADA	DOMICILIO
Temperatura	°C	-	-	21,4	21,8	21,4
pH	-	6,0 - 9,0	6,5 - 8,0	7,49	7,59	7,66
Color Aparente	Pt-Co	-	15	20,0	20,0	2,0
Turbiedad	NTU	100 ⁽¹⁾	5	8,30	7,78	1,43
Conductividad	Us/cm	-	-	544,0	418	76,0
STD	mg/lt	-	-	201	217	38,7
Cianuros	mg/lt CN ⁻	0,1	-	0,002	0,002	0,001
Cobre	mg/lt Cu	2,0	2,0	0,08	0,05	0,03
Cromo	mg/lt Cr 6+	0,05	0,05	-	-	-
Fluoruros	mg/lt F-	1,5	1,5	PDR	PDR	PDR
Hierro Total	mg/lt Fe ³⁺	1,0	-	0,08	0,05	0,05
Nitritos	mg/lt NO ₂ ⁻	0,2	3,0	0,009	0,07	0,07
Nitratos	mg/lt NO ₃ ⁻	50	50	2,6	2,5	2,8
Sulfatos	mg/lt SO ₄ ²⁻	500	-	1	5	5
Cloro Libre Residual	mg/lt Cl ₂	-	0.3 - 1.5	-	-	-
Niquel	mg/lt Ni	-	0,07	PDR	PDR	PDR
Coliformes Fecales	ufc/100ml	1000 ⁽¹⁾	Ausencia	52	Ausencia	14

⁽¹⁾ Pueden usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales superiores siempre y cuando las aguas tratadas cumplan con la Norma INEN correspondiente.

PDR: Por debajo del rango de detección del equipo.

SUP LIM: Supera el límite de detección del equipo.

Nota: Estos resultados pueden ser sujetos de comparación siempre y cuando se utilice la misma metodología usada en este laboratorio

Dr. Fernando Ortega Romero
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD



Fuente: Laboratorio de control de calidad "Los Jardines"