

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

EVALUACIÓN DEL SISTEMA PRIMARIO DE ABASTECIMIENTO DEL BARRIO LA PAZ - CHOCÓ ANDINO

CALIDAD DEL AGUA

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

NOELIA BELÉN ONOFA CUICHÁN

DIRECTOR: EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES

DMQ, marzo, 2023.

CERTIFICACIONES

Yo, Noelia Belén Onofa Cuichán declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Noelia Belén Onofa Cuichán

noelia.onofa@epn.edu.ec

noeonofa@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Noelia Belén Onofa Cuichán, bajo mi supervisión.



Eduardo Mauricio Vásquez Falcones

eduardo.vasquez@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Noelia Belén Onofa Cuichán', written in a cursive style.

Noelia Belén Onofa Cuichán

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi querida familia, quienes han sido un apoyo incondicional en toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, mi maestro, mis amigas y mis mascotas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Sistema de abastecimiento para pequeñas poblaciones	3
1.1.2 Fuentes de abastecimiento	3
1.1.3 Componentes de los sistemas	4
1.1.4 Índice de Calidad del Agua	5
1.1.5 Métodos de potabilización	5
1.2 Calidad del agua	6
1.2.1 Métodos para determinar la Calidad del agua.....	6
1.2.2 Selección de parámetros	7
1.2.3 Plan de muestreo.....	11
1.2.4 Tipos de análisis	11
1.2.5 Normativa	12
2. METODOLOGÍA	13
2.1 Levantamiento de información	13
2.1.1 Localización del proyecto.....	13
2.1.2 Visitas técnicas	13
2.1.3 Selección de puntos de muestreo.....	14
2.1.4 Selección de parámetros de muestreo.....	14
2.1.5 Plan de muestreo.....	14
2.2. Evaluación de la calidad del agua	15
2.2.1 Análisis <i>in situ</i>	15
2.2.2 Análisis en laboratorio.....	18
2.2.3 Obtención de Índice de Calidad del Agua	25
2.2.4 Comparación de parámetros con normativa vigente	26

2.3 Producción de agua potable.....	26
2.3.1 Selección de sistemas de potabilización.....	26
2.3.2 Procesos físicos.....	27
2.3.3 Sistema de desinfección.....	29
3. RESULTADOS.....	32
3.1 Levantamiento de información.....	32
3.1.1 Visitas técnicas.....	32
3.1.2 Puntos y Parámetros de muestreo.....	32
3.1.3 Toma de muestras.....	33
3.1.4 Caudales de consumo.....	34
3.2 Evaluación de la Calidad del Agua.....	34
3.2.1 Resultados de análisis <i>in situ</i> y comparación con las normativas.....	34
3.2.2 Resultados de análisis en laboratorio y comparación con las normativas.....	35
3.2.3 Índice de Calidad del Agua.....	38
3.3 Producción de agua potable.....	39
3.3.1 Resultados de los procesos físicos.....	39
3.3.2 Resultados del sistema de desinfección.....	40
3.3.3 Operación y Mantenimiento.....	42
4. CONCLUSIONES.....	45
5. RECOMENDACIONES.....	45
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
7. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros físicos que fueron seleccionados para la caracterización del agua	7
Tabla 2: Parámetros químicos que fueron seleccionados para la caracterización del agua.....	9
Tabla 3: Parámetros microbiológicos que fueron seleccionados para la caracterización del agua	11
Tabla 4: Tabla de codificación	14
Tabla 5: Parámetros que fueron medidos en el laboratorio con el método espectrofotométrico	20
Tabla 6: Tabla de valor previsto	22
Tabla 7: Cantidad de gotas de Inhibidor de nitrificación.....	23
Tabla 8: El Número más probable (NMP) e intervalo de confianza del 95% para combinaciones de los resultados ciertos al hacer las diez repeticiones	24
Tabla 9: Índice de Calidad del Agua - NSF	25
Tabla 10: Pesos relativos de parámetros para ICA-NSF	25
Tabla 11: Puntos de muestreo georreferenciados	32
Tabla 12: Resultados in situ y comparación con la normativa.....	34
Tabla 13: Valoración de sólidos en el tanque de almacenamiento y en la última casa y comparación con la normativa.....	35
Tabla 14: Parámetros realizados en laboratorio comparados con las normativas.	36
Tabla 15: Análisis de parámetros biológicos y comparación con la normativa	37
Tabla 16: ICA	38
Tabla 17: Resultados del desarenador	39
Tabla 18: Período de retención	41
Tabla 19: Preparación de solución madre	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del proyecto en Google Earth	13
Figura 2: Clasificación de ICA propuesto por Brown	38
Figura 3: Esquema de desarenador convencional de una unidad con by pass. (Planta).....	40
Figura 4: Desarenador de dos unidades en paralelo. (Planta).....	40
Figura 5: Esquema de sistema de desinfección	41
Figura 6: Equipos de protección personal	42
Figura 7: Herramientas y equipo	43

RESUMEN

Este proyecto de titulación tiene la finalidad de realizar la evaluación de la calidad del sistema de abastecimiento de agua del barrio “La Paz”, el cual está ubicado en la parroquia Nanegalito.

Para la determinación de la calidad del agua existente en el sistema de abastecimiento de este lugar, se han tomado como puntos de muestreo: (P1), fuente de captación, (P2), tanque de almacenamiento y (P3), una casa del barrio. En estos lugares se tomaron muestras siguiendo la normativa y procedimientos para los análisis de laboratorio que fueron establecidos con base en el tipo de captación y sistema de abastecimiento actual.

Los parámetros que fueron medidos con el multiparámetro de manera *in situ*, fueron: temperatura, potencial hidrógeno, oxígeno disuelto y turbidez y los parámetros que fueron medidos en laboratorio fueron: sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, DQO, DBO₅, análisis de coliformes totales y coliformes fecales, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos, fosfatos, Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn).

Los resultados que se obtuvieron se compararon con el Anexo I, del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) en la Tabla 1 que trata los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.

Al comparar los resultados mediante el análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos ya sea *in situ* y en laboratorio, se pudo determinar valores y cantidades que permitieron establecer el Índice de Calidad de Agua (ICA) del tanque de almacenamiento, que dio un valor de 80.53, lo que indicó que la calidad del agua obtenida en este punto es de buena calidad y además, comparar los resultados de caracterización con la norma correspondiente, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) e INEN 1108. Posteriormente, se analizaron los resultados para poder proponer un sistema de potabilización de agua, garantizando el cumplimiento de la calidad del agua de distribución. Estos sistemas de producción de agua potable se presentaron como propuestas de mejora al sistema de abastecimiento actual y pretenden dar una buena calidad de vida para los usuarios del sistema de abastecimiento en análisis.

PALABRAS CLAVE: agua, fuente, calidad, parámetros, normativa, potabilización, desinfección, consumidor.

ABSTRACT

This titling project has the purpose of carrying out the evaluation of the quality of the water supply system of the "La Paz" neighborhood, which is in the Nanegalito parish.

To determine the quality of the existing water in the supply system of this place, the following have been taken as sampling points: (P1), catchment source, (P2), storage tank and (P3), a house in the neighborhood. In these places, samples were taken following the regulations and procedures for laboratory analysis that were established based on the type of collection and current supply system.

The parameters that were measured with the multiparameter on site were: temperature, hydrogen potential, dissolved oxygen and turbidity and the parameters that were measured in the laboratory were: total solids, suspended solids, dissolved solids, COD, BOD5, coliform analysis. total and fecal coliforms, chlorides, nitrates, nitrites, sulfates, phosphates, Iron (Fe) and Manganese (Mn).

The results obtained were compared with Annex I of Book VI of the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA) in Table 1, which deals with the quality criteria of water sources for human and domestic consumption.

By comparing the results through the analysis of physical-chemical and microbiological parameters, both on site and in the laboratory, it was possible to determine values and quantities that allowed establishing the Water Quality Index (ICA) of the storage tank, which gave a value of 80.53, which indicated that the quality of the water obtained at this point is of good quality and, in addition, to compare the characterization results with the corresponding standard, Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA) and INEN 1108. Subsequently, it was analyzed the results to be able to propose a water purification system, guaranteeing compliance with the quality of the distribution water. These drinking water production systems were presented as proposals to improve the current supply system and aim to provide a good quality of life for the users of the supply system under analysis.

KEYWORDS: water, source, quality, parameters, regulations, purification, disinfection, consumer.

DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

En nuestro país las zonas rurales carecen de un buen sistema de abastecimiento de agua potable, recursos de higiene y saneamiento, en cada uno de sus hogares (ENEMDU, 2016). Para hacer frente a esta situación, en varios barrios que se encuentran en zonas rurales, han sido creadas diversas delegaciones que son denominadas Juntas Administradoras de Agua Potable, en el barrio "La Paz" perteneciente a la parroquia de Nanegalito. Esta Junta de agua busca ser legalizada para gestionar su sistema de abastecimiento y a su vez, lograr una distribución equitativa y una administración eficiente. De esta forma, las personas, harán válido su derecho al servicio de agua, con calidad y cantidad adecuada, según la Normativa Internacional de Derechos que exige a los Estados que se garantice que todas las personas dispongan del acceso a una cantidad competente de agua potable para diversos usos, ya sea de uso doméstico o personal (ONU, 2011).

En el presente proyecto, se evaluará y se tomará en cuenta, la calidad, cantidad de agua en el sistema de abastecimiento en el barrio "La Paz" que se encuentra ubicado en la parroquia de Nanegalito. Esto se realizará, mediante caracterizaciones de agua, tanto en la fuente principal, como en el agua que se entrega a las comunidades, con el fin de determinar mejoras para la vida de la comunidad y que disfruten de un agua con buena cantidad y calidad.

Objetivo general

- Evaluar los sistemas primarios de abastecimiento de los barrios La Paz – Chocó Andino.

Objetivos específicos

- Recopilar datos existentes y levantar información de los sistemas de abastecimiento en el barrio La Paz.
- Determinar la calidad de agua de los sistemas mediante análisis *in-situ* y de laboratorio.
- Proponer mejoras con base en los resultados de caracterización del agua.

Alcance

Se planea evaluar la calidad del agua del sistema de abastecimiento de agua potable del barrio "La Paz" mediante análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos ya sea *in situ* y también en laboratorio.

Se empezó con varias visitas técnicas, las cuales permitieron conocer la formación y la composición del sistema de abastecimiento, cómo se encuentra su estado y su calidad, lo que a su vez permitió establecer los diferentes puntos de muestreo.

En dichos puntos, se realizaron los estudios de los parámetros que se consideran más importantes tanto *in situ* y en laboratorio.

Los parámetros que se verificaron de manera *in situ* son, temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, mediante el uso de aparatos específicos para los ensayos *in situ* como lo son, Turbidímetro HACH 2100Q y multiparámetro HORIBA U52.

Los parámetros que fueron verificados en laboratorio son, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, DQO, DBO₅, coliformes totales, coliformes fecales, cloruros, nitratos, nitritos, Hierro, sulfatos, fosfatos y Manganeseo.

Las muestras fueron tomadas según lo que corresponda y sea necesario para la realización de los análisis físicos, químicos, microbiológicos requeridos y que se encuentran normados, que también ayudaron a estimar el índice de Calidad del Agua del lugar en que las muestras fueron tomadas. Posteriormente del muestreo y de la obtención de los datos, se los comparó con las normativas que se encuentran vigentes para el agua cruda y el agua potable, todo esto, con la finalidad de buscar posibles mejoras que puedan ser ejecutadas con el objetivo de garantizar que las personas de este sector sean dotadas de la calidad requerida según las normativas, para evitar la propagación de enfermedades relacionadas con el agua.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Sistema de abastecimiento para pequeñas poblaciones

En la mayoría de las comunidades rurales y pueblos pequeños de países no desarrollados, las condiciones de abastecimiento del líquido vital son muy distintas a las que hay en las zonas urbanas. De forma general, en las zonas rurales el número de personas que son servidas por el abastecimiento es muy reducido, la baja densidad poblacional provoca que la distribución de agua por redes de tuberías sea muy costosa (Azevedo Netto et al., 1988).

Las pequeñas comunidades en Ecuador no disponen de personas con la capacidad para operar y mantener el sistema que abastece el agua. En estos lugares se puede conseguir personal adecuado y calificado para realizar el diseño y la construcción, esto se logra gracias a fuentes externas que asisten a instituciones nacionales para que puedan ser autosuficientes, pero puede ser una tarea complicada la selección y la capacitación del personal (Azevedo Netto et al., 1988).

El uso de una tecnología adecuada para las condiciones de una localidad rural es un factor muy importante y este se diferenciará de las tecnologías convencionales usadas en las urbes, dichas tecnologías fueron desarrolladas para ser aplicadas en sistemas muy grandes de abastecimiento en los países desarrollados (Azevedo Netto et al., 1988).

1.1.2 Fuentes de abastecimiento

El proceso por el cual se llega a suministrar agua potable consta de varias etapas. De manera general se inicia con la captación de las aguas crudas, su conducción, el tratamiento adecuado y finalmente la distribución del recurso que fue captado y tratado a la población que lo requiere.

Existen sistemas que son considerados convencionales para la captación, ya sean de forma superficial o subterránea. El término de agua superficial hace referencia a las fuentes que son claramente visibles, como pueden ser, ríos, lagos, lagunas, arroyos. Las fuentes de agua subterránea están ocultas en el subsuelo como pueden ser pozos o galerías filtrantes (Comisión Nacional Para El Uso Eficiente de la Energía, s. f.).

La quebrada se refiere a un término que puede ser aplicado en mayor parte para referirse a valles estrechos y ubicados entre formaciones montañosas o puede ser utilizado para referirse a ríos largos y de poca profundidad. Estos lugares suelen ser utilizados como fuentes de abastecimiento, por la misma razón, la fauna acuática no es muy probable de ver, este tipo de lugares suelen ser vistos como puntos de atracción de turismo ecológico

y se lleva a cabo diversas actividades de recreación, permiten la continua recarga de acuíferos y la infiltración del recurso (Quebrada Parque, 2018).

1.1.3 Componentes de los sistemas

Tipos de Captaciones

a. Superficiales

La captación de aguas superficiales hace referencia a la obtención de agua de embalses, ríos, lagos y lagunas en una estructura que se encuentra a nivel del terreno. Esta captación puede ser a gravedad o por medio de bombas con el fin de que se garantice el suministro adecuado del agua a la comunidad, dependiendo del caudal o de la cantidad que la comunidad necesite, se proveerán las características y el tamaño de las infraestructuras que serán necesarias para realizar dichas captaciones.

Es importante tener en cuenta que el agua superficial puede estar sujeta a cierto grado de contaminación por lo que es importante buscar tratamientos que logren modificar las características físicas, químicas y microbiológicas, con la finalidad de que sea adecuada para el consumo humano (Stauffer & Spuhler, 2021).

b. Subterráneas

Pozos excavados: Captación elemental y más antigua, hoy en día, las excavaciones se las realizan con máquinas y en rocas extremadamente duras, se utilizan explosivos. Se trata de una excavación en la que el agua ingresa al pozo por el fondo y las paredes a través de huecos o agujeros que se dejan entre ladrillos y piedras.

Cuenta con un diámetro de 1 – 6 metros y una profundidad de 5 – 20 metros (Sánchez, 2017).

Galerías: Se trata de una excavación muy similar a la minería, poseen varios kilómetros de la longitud, con una pequeña pendiente, el recurso agua sale por gravedad sin la necesidad de utilización de bombas, en varios lugares es la forma de captación más frecuente (Sánchez, 2017).

Conducciones

Conducción por gravedad: es un sistema que conduce las aguas por gravedad, permite su transporte desde donde fue captada hasta un tanque donde es almacenada sin el requerimiento de un bombeo mecanizado, a su vez, debe mantener las condiciones de seguridad y de higiene. La ubicación de la fuente de captación se encuentra en un punto más alto que el de la comunidad que hará uso de este recurso (Aguirre, 2015).

Existen casos en que la fuente obedece con los requerimientos microbiológicos, físicos y químicos, se debe contar con una planta de tratamiento en la longitud del sistema (Aguirre, 2015).

Almacenamiento

Las instalaciones de almacenamiento que son conocidas también como tanques, cisternas, reservorios o torres tienen dos propósitos, el primero es brindar el almacenamiento del agua que ya fue previamente tratada antes de su distribución y el segundo es equilibrar las diferentes fluctuaciones en la calidad del agua y su cantidad. A su vez también ayudan a satisfacer la demanda de la población y a regular la presión (Agüero, 1997).

Distribución

Se trata de un conjunto de infraestructuras o instalaciones que la empresa de abastecimiento debe trasladar desde los puntos donde el agua es captada y tiene tratamiento, hasta que llega al consumidor, en buena disposición y que satisfaga sus necesidades domésticas. Para tener el grado de satisfacción del usuario, se debe tener en cuenta un gran número de componentes medibles o no, entre ellos se destacan, la calidad, caudal, presión, precio y la continuidad del suministro (Moliá, 1987).

1.1.4 Índice de Calidad del Agua

Se trata de un número que hace referencia al nivel de calidad que posee un cuerpo de agua esto se realiza en términos del beneficio humano muy independientemente del uso que se le dará. Dicho número es una incorporación de condiciones físicas, condiciones químicas y condiciones microbiológicas, lo que indica la existencia de contaminación (*IDEAM*, s. f.).

El Índice de Calidad del Agua (ICA) considera varios factores relacionados con el ambiente gracias a variables muy simples que permiten los análisis de orígenes de contaminación, sin embargo, el seguimiento del indicador no logra agregar la dificultad de los fenómenos que se provocan en la naturaleza y el cambio climático de manera meticulosa impidiendo así la identificación específica el origen de aportes (*IDEAM*, s. f.).

1.1.5 Métodos de potabilización

Pretratamiento: Su finalidad es restringir el paso y eliminar sólidos muy grandes, se coloca una reja que evitará el paso de ramas, hojas o animales acuáticos, posteriormente se coloca una cámara desarenadora que realiza la separación del agua de la arena (*ACCIONA*, 2020).

Proceso de coagulación y floculación: Se trata de una cámara en donde se mezclan y se incorporan componentes de potabilización, se ajusta el potencial hidrógeno gracias a la adición de álcalis, ácidos y a su vez, se agregan agentes coagulantes (ACCIONA, 2020).

Sedimentación: Gracias a la aceleración de la gravedad, esta unidad separa las partículas que se encuentran en estado de suspensión y que son transportadas por el agua, las partículas o sedimentos más peligrosos se quedan en el fondo de la unidad donde son eliminados (ACCIONA, 2020).

Filtración: Se utilizan medios que poseen porosidad con el fin de filtrar sedimentos con menos densidad o impurezas (ACCIONA, 2020).

Desinfección: tiene como objeto la destrucción de organismos patógenos o molestos para ello se pueden utilizar compuestos oxidantes como el Cloro, Dióxido de Cloro y Ozono. (ACCIONA, 2020).

Análisis: Una vez que los anteriores procesos fueron completados, se necesita realizar análisis en el agua para tener la certeza que el agua cumple con los requerimientos (ACCIONA, 2020).

Los servicios inadecuados de agua, higiene y saneamiento provocan consecuencias de mucha importancia para la aseguración de enfermedad o salud en una comunidad. Las enfermedades usualmente son causadas por el uso que se le da al agua y tiene una estrecha relación con la presencia de sustancias químicas o microorganismos (OPS, s. f.).

La ingesta de agua cruda, es decir, sin tratamiento puede hacer que se desarrollen enfermedades estomacales debido a bacterias, químicos o huevos de parásitos, por ello, toda agua para consumo debe ser tratada adecuadamente (Lira, 2021).

1.2 Calidad del agua

1.2.1 Métodos para determinar la Calidad del agua

Métodos cualitativos: Para la determinación del tratamiento necesario y la tecnología correcta del mismo, los contaminantes en específico que posee el recuso agua son medidos e identificados (LENNTECH, s. f.).

Las partículas contaminantes que existen en el agua se dividen en dos grupos, los que se encuentran en suspensión y los contaminantes en estado disuelto.

Los sólidos suspendidos pueden ser, virus, limo y arena, estos contaminantes son generalmente los responsables de las impurezas que se observan a simple vista, se trata de materia en suspensión, partículas diminutas que no pueden ser removidas por medio

de sedimentación, estas se identifican debido a las cualidades que se encuentran a simple vista en el agua, como, por ejemplo, la turbidez, la claridad, el gusto, el olor y el color de esta (LENNTECH, s. f.).

Métodos cuantitativos: Se pueden usar también, análisis cuantitativos realizados en laboratorio, pH, análisis de sólidos, conductividad eléctrica, contaminación microbiana, etc. (LENNTECH, s. f.).

El valor de pH, indica si la sustancia tiene características ácidas, neutras o básicas, se lo realiza calculando el número de iones hidrógeno que se encuentran presentes. Se mide a partir de una escala que va desde el número cero hasta el número catorce, siendo el número siete, neutro, los valores que se encuentran por debajo del número neutro muestran indicios de acidez a diferencia de los valores que se encuentran encima del número neutro que indican que la sustancia será básica (LENNTECH, s. f.).

La contaminación producida por microorganismos es dividida en, la contaminación realizada por los organismos con la capacidad de multiplicarse y en los organismos que no tienen la capacidad de hacerlo.

Se expresa en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y el consumo de ellas puede inducir la fiebre alta en animales de sangre caliente (LENNTECH, s. f.).

1.2.2 Selección de parámetros

La determinación de los parámetros que serán utilizados para la calidad del agua se debe realizar inicialmente con la ayuda de criterios organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, que tienen en consideración la dinámica de los procesos y los elementos que son afectados, así como la capacidad que tiene el recurso y del ecosistema para soportar cambios o presiones y a su vez, el poder de autodepuración que posee. (DRH, 2017)

Parámetros físicos

Los parámetros físicos muestran un punto de vista de la naturaleza del contaminante que se encuentra en el cuerpo de agua (Samboni et al., 2007).

Tabla 1: Parámetros físicos que fueron seleccionados para la caracterización del agua

Clasificación del parámetro	Parámetro para desarrollar	Breve descripción
Físicos	Turbidez	La turbidez se origina gracias a la presencia de materia coloidal, complica los procedimientos para la remoción de microorganismos ya que actúa como una capa de protección. (Caminati et al. 2013)
Físicos	Análisis de sólidos	El análisis de sólidos definirá la presencia de sólidos disueltos que son partícula con un diámetro mucho menor a 0.001 μm y de sólidos suspendidos que se trata de materia con un diámetro mayor a 10 μm (Caminati et al. 2013).
Físicos	Conductividad eléctrica	Se trata de la propiedad que permite llevar corriente eléctrica y tiene una estrecha relación con la proporción de sal disuelta en la muestra. (Caminati et al. 2013)
Físicos	Temperatura	Es la propiedad esencial para la realización de los procesos microbiológicos, su importancia es reflejada en el retardo o la aceleración de las actividades que realizan los

		organismos o microorganismos que están en la muestra de agua (Pérez, 2010).
--	--	---

Parámetros Químicos

Estos parámetros, toman en cuenta la presencia de uno o más compuestos de origen químico en la muestra de agua en la que se realizarán los análisis.

Los compuestos que serán analizados deberán contener una estrecha relación con la finalidad que se le dará, lo que quiere decir que hay valores en específico que dependen de su origen y la distribución del recurso que en la actualidad se encuentran en la norma (Caminati et al. 2013).

Tabla 2: Parámetros químicos que fueron seleccionados para la caracterización del agua

Clasificación del parámetro	Parámetro para desarrollar	Breve descripción
Químicos	(pH)	La realización de este análisis se lo tiene que hacer en el lugar en donde fue tomada la muestra. El pH podría alterar procesos químicos y a su vez también en el sistema que distribuye el agua (Caminati et al. 2013).
Químicos	Fosfatos	Los fosfatos operan como nutrientes que incrementan la proliferación de plantas marinas y de material orgánico, este aumenta la descomposición y a su vez produce el fenómeno de la eutrofización (Bolaños-Alfaro et al., 2017).
Químicos	Cloruros	Los cloruros, en muy grandes concentraciones provocan sabor desagradable al agua (Caminati et al. 2013).
Químicos	Manganeso	Da características organolépticas no deseadas (Caminati et al. 2013).

Químicos	Hierro	Las formas oxidadas del hierro son insolubles y afectan el olor, color y sabor del agua (Caminati et al. 2013).
Químicos	Sulfatos	Los sulfatos en grandes cantidades proveen sabor al agua y provocar en ella un efecto laxante (Caminati et al. 2013).
Químicos	Nitritos	Son el resultado de la descomposición biológica de componentes que tienen nitrógeno (N) en forma orgánica (Caminati et al. 2013).
Químicos	Nitratos	La presencia de los nitratos en el agua se debe a diversas disipaciones de rocas, minerales y también por la descomposición de material orgánico, posee gran impacto en la proliferación de algas marinas (Bolaños-Alfaro et al., 2017).
Químicos	Oxígeno Disuelto (OD)	El oxígeno disuelto indica la presencia de la material orgánico, contaminantes líquidos y eutrofización. Su reducción afecta a los ecosistemas acuáticos (Acosta, 2015).
Químicos	(DQO)	El valor de la DQO muestra la cantidad necesaria de oxígeno (O ₂) para realización de la oxidación sustancias orgánicas que se encuentran presentes en el agua (<i>Air Liquide España - Gases industriales</i> , s. f.).
Químicos	(DBO)	Se trata de la porción de oxígeno (O ₂) que bacterias aeróbicas o anaeróbicas, microorganismos, plancton y hongos consumieron durante el rebajamiento de sustancias con material orgánico (<i>Labomersa</i> , 2021).

Parámetros microbiológicos

En los parámetros microbiológicos son incluidos los análisis de microorganismos para tener total certeza de su ausencia, se tratan específicamente y en mayor grado los microorganismos de origen fecal ya que de esa forma fue establecido por la Organización Mundial de la Salud, así se asegura la inocuidad y el agua es dispuesta al consumo doméstico (Caminati et al. 2013).

Tabla 3: Parámetros microbiológicos que fueron seleccionados para la caracterización del agua

Clasificación del parámetro	Parámetro para desarrollar	Breve descripción
Microbiológicos	Coliformes totales y Coliformes fecales.	Escherichia Coli es el microorganismo que más importa para la identificación, bacteria termo tolerante que se le adjudica los decesos anuales de infantes a nivel mundial, la transmisión se da por la ingesta de agua contaminada (BBC News, 2011).

1.2.3 Plan de muestreo

Muestra la dimensión del producto que va a ser inspeccionado de cada uno de los lotes, en otras palabras, el tamaño de muestra, así también como el criterio para la determinación la aceptabilidad del lote o porción es necesario elegir correctamente el plan de muestreo ya que existe una variedad; simple, doble o múltiple (Juárez, 2018).

Simple: Considera una sola muestra

Doble: Considera dos muestras

Múltiple: Considera varias muestras

1.2.4 Tipos de análisis

Análisis *in situ*: El estudio *in situ*, son los análisis que son realizados en el lugar en donde fue tomada la muestra para la obtención de resultados y datos mucho más reales y válidos (Ecosistemas Proyectos Ambientales, S. A., 2021).

Análisis en laboratorio: Se trata de un proceso de análisis de las diversas características en la muestra de agua para la determinación de su calidad, limpieza y salubridad que son requeridas para su consumo que son realizadas en un laboratorio adecuado (Diana Laboratorios, 2022).

1.2.5 Normativa

La normativa que se encuentra en estado vigente para la evaluación de los parámetros en Ecuador es la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108, que su enfoque se da en la aprobación del agua para el consumo, previo a esto, se seleccionó una fuente de abastecimiento de agua cruda, los parámetros de seguimiento se encuentran en la normativa TULSMA.

Las perspectivas que se muestran en la normativa no serán estudiadas en su totalidad ya que en nuestra fuente no existe contaminación cruzada.

Debido a esa razón, solamente los parámetros que se consideran pertinentes fueron escogidos.

2. METODOLOGÍA

2.1 Levantamiento de información

Este proyecto empezó con una visita al GAD de Nanegalito, donde se proporcionó información acerca del sistema de abastecimiento y sus necesidades.

Se visitó la captación y se observó que el lugar no se encuentra en las mejores condiciones ya que solo existe una malla improvisada sujeta de manera muy rústica que funciona para retener sólidos gruesos que podrían ingresar a la captación y contaminar el agua. La tubería que se conecta con el tanque de captación se sostiene solamente con rocas inestables, lo cual hace que el lugar sea susceptible a tener derrumbes.

2.1.1 Localización del proyecto

El proyecto se encuentra localizado en la parroquia Nanegalito, específicamente en el barrio “La Paz” lugar en donde reina la flora y la fauna endémica. Este lugar es un paraíso turístico, debido a las diversas actividades que se pueden realizar, como, escalar, visitar y observar las diversas atracciones del lugar.

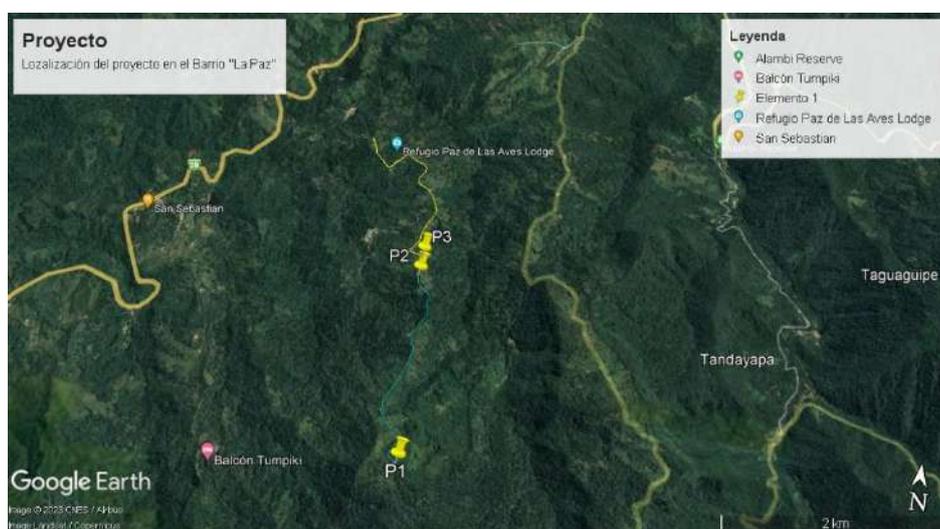


Figura 1: Localización del proyecto en Google Earth

2.1.2 Visitas técnicas

Para la ejecución de este proyecto se han realizado cuatro (4) visitas técnicas, las cuales tuvieron acompañamiento de un representante del GAD de la parroquia Nanegalito.

En la primera visita técnica que se realizó, se mantuvo un diálogo con el representante y se analizaron las necesidades que la directiva explicó que el barrio “La Paz” tiene.

La segunda visita técnica fue para conocer e identificar el sistema de abastecimiento, su ubicación, los componentes de toda su estructura, la fuente que es captada y la extensión de abastecimiento que posee, además de la identificación de los puntos para la recolección de las muestras.

La tercera visita técnica se hizo para la toma de muestras en los puntos que ya se habían establecido antes, en este lugar fueron tomadas las muestras *in situ* y las muestras que serían llevadas al laboratorio, para ello se utilizó un *cooler* para mantenerlas y transportarlas de forma adecuada.

En la cuarta visita técnica se realizó para la obtención de información de algunos moradores del barrio "La Paz", por ello, se hizo un cuestionario que consta de diez preguntas, las cuales, cuatro fueron sobre la calidad del agua, cuatro sobre el abastecimiento de agua y dos sobre los servicios básicos que tienen en el barrio.

2.1.3 Selección de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron escogidos de acuerdo con el lugar, a la facilidad de llegada y a la facilidad de la toma de muestras, esto se realizó siguiendo los debidos protocolos de seguridad para garantizar la salud y bienestar.

2.1.4 Selección de parámetros de muestreo

La selección de parámetros a analizar se escogió de acuerdo con el lugar y el tipo de agua que se analizó, debido a ello, se descartó ciertos parámetros con probabilidad de existencia muy baja.

2.1.5 Plan de muestreo

Se trata de una herramienta que permitió la consolidación de los equipos, materiales y herramientas que se necesitan para la realización de los análisis de laboratorio por esta razón se determinaron puntos de muestreo que van acorde a la relevancia del sistema y también en la fuente de captación, se le otorgó a cada punto una codificación con el que se le podrá identificar.

Tabla 4: Tabla de codificación

P1	Captación
-----------	-----------

P2	Tanque de almacenamiento
P3	Última casa

Se realizó la georreferenciación de los puntos mediante la utilización del GPS MAP64 con coordenadas UTM.

A lo largo de todo el sistema de abastecimiento, no existen puntos de tratamiento donde se pueda establecer que el agua cambie sus cualidades, por esa razón, el agua que es analizada fue únicamente en la fuente de captación.

2.2. Evaluación de la calidad del agua

Para realizar la evaluación de calidad del recurso, se tomó en cuenta parámetros considerados fundamentales que fueron divididos en dos (2) grupos; los análisis de parámetros *in situ* como lo son: el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica, la turbidez, la temperatura, pH y el análisis en laboratorio de los parámetros; DBO, DQO, coliformes fecales, coliformes totales, análisis de sólidos, cloruros, nitratos, nitritos, Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Sulfatos y Fosfatos, todos ellos, brindaron información para poder desarrollar el ICA.

2.2.1 Análisis *in situ*

Se realizó la calibración del multiparámetro, para ello se siguieron los pasos que se encuentran en su manual en la página cuarenta y dos (42).

Los análisis *in situ*, son los análisis de diversos parámetros que se midieron en el mismo lugar y en el mismo instante donde fue captada la muestra, para que los resultados que fueron arrojados sean lo más precisos posibles, para ello, se utilizó el Multiparámetro Horiba U52. Este equipo fue transportado con mucho cuidado al lugar de la toma de muestras, una vez que llegó en buenas condiciones, se procedió a calibrarlo, para ello se siguió el procedimiento que indica el manual del mismo equipo. Una vez que el equipo quedó correctamente calibrado, se procedió a abrir el compartimento en donde fueron colocadas cuatro pilas tipo +C, una vez correctamente puestas, se cerró el equipo con el mismo destornillador y se lo aseguró.

Se conectó la sonda y se observó que las marcas rojas que se encuentran en el cable y a su vez, el monitor, estén perfectamente alineados, se presionó el botón "power" por al

menos dos segundos y de esa forma se encendió el multiparámetro que fue previamente calibrado.

Se sumergió la sonda en un contenedor que recolectó parte de la muestra, se presionó el botón que indica la medición y se esperó a que los parámetros se hayan estabilizado, esto puede tomar algunos minutos, finalmente se tomaron los datos que fueron obtenidos.

Una vez que los datos fueron tomados, se retiró la tapa que recubre la sonda y se arrojó agua destilada para limpieza de los electrodos y se secó con una toalla de forma muy cuidadosa. Es de mucha importancia tener en cuenta que los electrodos que miden el oxígeno disuelto no deben ser tocados ya que esta acción podría dañar la membrana que los recubre. A su vez, también se lavó la tapa de la sonda con abundante agua destilada, se secó y se la colocó de nuevo.

Finalmente, cuando todos los parámetros fueron medidos y anotados, se apagó el equipo, se lo desconectó, se lo guardó, también, se sacó las pilas y se las guardó.

Por otra parte, para la medición de la turbiedad, se hizo uso del turbidímetro HACH 2100Q, como confirmación, ya que previamente se midió este parámetro con la ayuda del multiparámetro.

Luego, se abrió el compartimento de las pilas, el cual se encuentra en la parte de atrás del equipo y se colocan cuatro pilas AA e inmediatamente se cierra la cubierta.

El equipo fue encendido y se verificó la calibración, para esto se utilizó la celda estándar de 10 NTU, se agitó la celda y se procedió a limpiarla con el paño de microfibra que viene con el equipo, se la insertó siguiendo la flecha de alineación, se cerró la tapa de seguridad y se pulsó el botón que verifica la calibración y se realizó la lectura, si existe algún error en lectura, el equipo debe ser calibrado.

Se calibró el equipo pulsando el botón que dice "calibración" y se siguió con mucho cuidado las instrucciones que fueron apareciendo en la pantalla. Se agitó muy bien el estándar de 10 NTU, se limpió, se insertó, se cerró la tapa, y se presionó el botón de "medición", se esperó un corto tiempo y se observaron los resultados, de igual manera, se hizo lo mismo para los estándares de 100 NTU y 800 NTU y de esa forma se completó la calibración del turbidímetro HACH 2100Q.

Después de que se realizó el proceso de calibración con los tres estándares, se presionó el botón "hecho" y se revisaron los detalles de la calibración. Se pulsó "guardar" para que

los resultados que fueron medidos sean guardados. El equipo pidió una verificación del estándar de 10 NTU, se realizó la verificación y el equipo estuvo listo para iniciar con el análisis de las muestras.

Para la medición de turbidez, se tomó la muestra hasta la marca, seguidamente se cerró con mucho cuidado dicha celda, se la secó con una toalla de papel y se limpió con el paño de microfibra procurando realizar movimientos lentos de arriba hacia abajo. Se insertó la celda en el compartimento del turbidímetro, siguiendo la flecha de alineación, se cerró la tapa, se presionó el botón de "medición" y se anotaron los resultados que fueron arrojados.

Después de que se analizó la muestra, se la desechó, la celda utilizada fue lavada con abundante agua destilada, fue secada con una toalla de papel y fue guardada, se apagó el equipo, se retiró las pilas y se guardó en su respectivo estuche.

Por otro lado, para la medición del Oxígeno Disuelto, con la ayuda del multiparámetro se tomó un valor inicial, pero este se corrigió mediante un ajuste con la temperatura del agua y la altitud en la que se encuentra la fuente, con la siguiente ecuación:

$$C_s = \underline{C_s} * \frac{p - P_v}{P_{ATM} - P_v}$$

C_s = *Concentración de saturación de Oxígeno*

$\underline{C_s}$ = *Concentración de saturación a una atmósfera*

p = *Presión atmosférica*

P_v = *Presión de vapor de agua a la temperatura del agua*

P_{ATM} = *Presión a una atmósfera*

Ecuación 1: **Correctivo de concentración de saturación**

Fuente: (Castillo, 2004).

Para la realización del correctivo de saturación del Oxígeno (O₂), se tomaron variables; la altura medida en metros del punto y la temperatura en grados centígrados del agua, se realizó la interpolación de los datos, ya que los valores que el multiparámetro arrojó no fueron exactos, para ello, se usaron tablas con diversos valores con diferentes temperaturas y a su vez, compensación del OD por la presión de la atmósfera (JIE, 2012).

Cuando el valor de concentración de saturación de Oxígeno fue obtenido, se pudo calcular el porcentaje de la saturación.

$$\% \text{ Saturación} = \frac{OD \text{ Medido}}{C_s} (100)$$

Ecuación 2: **Porcentaje de saturación de O₂**

2.2.2 Análisis en laboratorio

En el laboratorio se realizaron diversos métodos para la determinación de valores correspondientes a cada parámetro.

Análisis de sólidos

En laboratorio se llevó a cabo el ensayo de análisis de sólidos de la muestra que se tomó en el tanque de almacenamiento que es el lugar en donde se almacena el agua que llega desde el punto de captación, para posteriormente ser distribuida.

Se usó el método gravimétrico para determinar los diferentes análisis de sólidos.

Los crisoles que fueron utilizados fueron preparados y se los identificó de acuerdo con el análisis que se les realizó, para ello se usaron siglas con la finalidad de poder reconocerlos fácilmente; sólidos suspendidos (SS), sólidos disueltos (SD) y sólidos totales (ST).

Para la realización del tarado en el laboratorio, así como en el resto de las actividades, se utilizó el equipo de seguridad correspondiente, mascarilla, mandil y guantes de nitrilo.

Los crisoles que fueron elegidos e identificados fueron ingresados a la estufa que fue calentada previamente a 105 °C. Cuando el tiempo transcurrió, se tomaron los crisoles con las pinzas y con mucho cuidado, se los pesó, se anotaron los datos correspondientes a la identificación y se los colocó en el desecador hasta el momento en que fueron utilizados.

La muestra fue homogenizada, para ello se tomó la botella en donde fue tomada y se la sacudió de arriba para abajo con mucha calma, fueron colocados 50 mL de muestra en el crisol previamente tarado e identificado como sólidos totales (ST), el crisol fue transportado con mucho cuidado con la ayuda de los guantes y las pinzas, se abrió la compuerta de la estufa y el crisol con la muestra fue puesta, finalmente, se cerró la compuerta, los sólidos totales (ST) poseen la siguiente fórmula.

$$ST = SS + SD$$

Ecuación 3: **Relación de sólidos**

Para el análisis de sólidos disueltos (SD) y sólidos suspendidos (SS), se colocaron 50 mL de la muestra previamente homogenizada encima del filtro que fue puesta en el matraz Kitasato para después ser aspirada por una bomba conectada al matraz Kitasato, todo este equipo es conocido como equipo de filtración (Metcalf & Eddy, 2007).

El papel filtro fue colocado en el crisol identificado para sólidos suspendidos (SS), para ello, se separó el equipo de filtración y con la ayuda de una pinza sin punta se tomó el papel filtro con cuidado de no destruirlo y se lo colocó en el crisol identificado, para el remanente de la muestra colocada en el equipo de filtración que pasó por el papel filtro colocado para retener los sólidos suspendidos y que terminó en el matraz Kitasato, fue puesto en otro crisol identificado para sólidos disueltos (SD). Los tres crisoles fueron colocados en la estufa por 24 horas a 105 °C (Metcalf & Eddy, 2007).

Una vez que las 24 horas transcurrieron, los crisoles fueron sacados de la estufa con la ayuda de las pinzas y de guantes para evitar errores en la lectura de resultados. Los crisoles fueron colocados en el desecador hasta la llegar a temperatura ambiente, una vez que llegó a dicha temperatura, se utilizó las pinzas para sacar los crisoles del desecador y pasarlos uno a uno con cuidado a la balanza analítica para tomar los resultados del pesaje, de esa forma se logró obtener los resultados del análisis de sólidos.

$$ST = \frac{(Masa\ del\ crisol\ +\ residuo\ -\ Masa\ del\ crisol\ tarado)}{Volumen\ de\ la\ muestra}$$

Ecuación 4: **Fórmula para determinar ST**

Fuente: (Metcalf & Eddy, 2007).

Para la obtención de los valores de SS y de SD se aplicó la misma ecuación, pero con el pesaje de los crisoles identificados.

Análisis de parámetros químicos

La realización de los análisis y parámetros químicos que se realizaron en el laboratorio se los llevó a cabo de acuerdo con el Manual de Análisis de Agua HACH que es aplicado con el uso del espectrofotómetro HACH DR 1900.

Se pudieron medir los parámetros gracias a la ayuda del espectrofotómetro HACH DR 1900 y cada uno de ellos, fueron hechos de forma muy parecida, se comprobó que los materiales y los reactivos se encuentren en buen estado, se tomó la cantidad de celdas siguiendo lo que dicta el método, en los ensayos se utilizó la muestra y un blanco.

Los blancos fueron diferentes, en algunos métodos se utilizó agua destilada y en otros se utilizó la misma muestra, todo dependiendo del tipo de parámetro, el método a analizar y realizando los diversos pasos que indica el manual HACH que explica lo que se debe realizar y el tiempo en que debe ser realizado.

Cuando todas las lecturas fueron realizadas, se procedió a lavar con mucho cuidado las celdas, primero con agua de la llave y finalmente con agua desionizada, se las secó y se las guardó con mucho cuidado. Para el espectrofotómetro, se aseguró que se encuentre en buenas condiciones y se lo guardó.

Tabla 5: Parámetros que fueron medidos en el laboratorio con el método espectrofotométrico

Parámetro	Método
Nitratos	Cadmium Reduction Method (Method 8039)
Nitritos	USEPA Diazotization Method (Method 8507)
Manganeso LR	1-(2-Pyridylazo)-2-Naphthol PAN Method (Method 8149)
Fosfatos	USEPA PhosVer 3 (Ascorbic Acid) Method (Method 8048)
Hierro	USEPA FerroVer Method (Method 8008)
Sulfatos	USEPA SulfaVer 4 Method (Method 8051)

Cloruros

Para determinar cloruros en una muestra, se midió 25 mL de la muestra de agua y se la trasladó a un matraz de 250 mL, en una bureta, se llenó de Nitrato de Plata (AgNO_3), para ello se lo colocó en un vaso de precipitados y se lo agregó desde la parte superior teniendo en cuenta que la bureta se encuentre cerrada para evitar que se desperdicie.

Una vez que la bureta esté llena de Nitrato de Plata, se eliminó la burbuja que se forma, para ello se debe tener por debajo el recipiente en donde se colocó este compuesto para evitar desperdicios. Se agregó 25 mL de agua desionizada y tres (3) o cuatro (4) gotas de Cromato Potásico.

La valoración fue realizada con Nitrato de Plata que fue vertido de gota en gota y con la otra mano se agitó hasta obtener el cambio de color, el dato que volumen que fue gastado fue tomado y los resultados fueron calculados (Universidad Politécnica de Madrid, 2013).

$$Cl = \frac{(mL \text{ AgNO}_3) \text{ Peso equivalente Cl} * \text{Normalidad AgNO}_3}{\text{Volumen de la muestra}}$$

Ecuación 5: Fórmula para los cloruros

Fuente: (Martínez, 2021).

Demanda Química de Oxígeno

En un medio ácido, este análisis fue realizado, por lo que se utilizó dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Se encendió el digestor y se escogió el programa de medición de DQO, se esperó que el quipo llegue a 150 °C.

Se escogió el vial más adecuado para el caso, se colocaron 2 mL de la muestra dentro de un vial con la ayuda de pipetas. El blanco fue preparado, se colocó 2mL de agua desionizada dentro de otro vial, los viales se agitaron en intervalos de 15 a 30 segundos de forma calmada, se retiró la tapa y se liberaron los gases producidos, esto se repitió 3 veces. Para tener mayor seguridad, la agitación se realizó tomando el vial desde la tapa para evitar tener quemaduras y al momento de la liberación de los gases, se apuntó en dirección contraria al rostro.

Luego, los viales fueron colocados en una gradilla, y se los introdujo en el digestor con la temperatura de 150 °C, se inició la digestión por 2 horas (Hach Company, s.f.).

Cuando 2 horas pasaron, se sacó los viales con cuidado y se los volvió a colocar en la gradilla, se esperó a que los viales se enfríen y se aclimaten por al menos 30 minutos. Se encendió el espectrofotómetro y se seleccionó el programa 430: COD LR. Se encendió el equipo con la ayuda del vial que fue identificado como el blanco, una vez que el equipo se encendió correctamente y se comprobó, se hizo la medición de DQO con el vial correspondiente, el resultado se expresó como mg/L (Hach Company, s.f.).

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Se utilizó el manual de uso del cabezal OxiTop®, en donde se encuentran las tablas respectivas y las instrucciones de funcionamiento, este parámetro posee una estrecha relación con la DQO y revela información sobre el índice de biodegradación que existe y está presente en la muestra de agua que fue analizada, se estimó el valor previsto de DQO realizado anteriormente, de la tabla se escogió el volumen de muestra del valor previsto.

Tabla 6: Tabla de valor previsto

Volumen de la muestra en mL	Rango de DQO Prevista	Factor
432	0 – 40	1
365	0 – 80	2
250	0 – 200	5
164	0 – 400	10
97	0 – 800	20
43.5	0 – 2000	50
22.7	0 – 4000	100

Se usó un Matraz Erlenmeyer que posee la cantidad exacta del volumen de la muestra en mL, en este caso, se usó un matraz de 432 mL y se la transfirió a la botella OxiTOP® con la ayuda de un embudo y cuidando que no se riegue la muestra, se colocó el agitador magnético de manera inclinada y deslizándolo suavemente por el costado de la botella.

Debido al volumen de la muestra, se colocó inhibidor de nitrificación que tiene su presentación en gotas, se eligió la cantidad dependiendo del volumen de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 7: Cantidad de gotas de Inhibidor de nitrificación

Volumen de muestra en mL	Rango de DQO Prevista	Cantidad de inhibidor de nitrificación
432	0 – 40	9
365	0 – 80	7
250	0 – 200	5
164	0 – 400	3
97	0 – 800	2
43.5	0 – 2000	1
22.7	0 – 4000	1

Cuando el inhibidor de nitrificación fue colocado, se puso el capuchón en el pico de la botella y se colocaron dos pastillas de Sosa Cáustica (NaOH) con la ayuda de una pequeña cuchara, al colocarlo se debe tener en cuenta que estas deben ser arrojadas en el centro.

Para la configuración del cabeza OxiTOP®, se debe cerrar la botella con dicho cabezal y apretarlo para que se encuentre seguro, es necesario manipular el cabezal desde el cuello para evitar que estos puedan llegar a dañarse por el tipo de manipulación, se aplastó el botón del medio y se desplegó un menú en donde se colocó los datos correspondientes.

Se aplastó el botón de la izquierda y se regresó al menú principal, el equipo se encuentra configurado una vez que una luz azul aparece y parpadea, si se trabaja con más botellas a la vez, se debe anotar el número de cabezal para evitar confusiones.

La botella identificada se la trasladó a la incubadora a 20 °C y se verificó que esta se encuentre girando de manera correcta, una vez que el tiempo requerido pasó, se anotó los resultados, se lavó el equipo, se colocó agua destilada y se lo guardó.

Análisis de parámetros biológicos

Estos parámetros se realizaron para encontrar y determinar la existencia de diversos tipos de bacterias, coliformes totales y coliformes fecales.

Tabla 8: El Número más probable (NMP) e intervalo de confianza del 95% para combinaciones de los resultados ciertos al hacer las diez repeticiones

Reacción positiva en tubos	NMP/100 mL	Superior	Inferior
0	<1,1	-	3,4
1	1,1	0,051	5,9
2	2,2	0,37	8,9
3	3,6	0,91	9,7
4	5,1	<1,6	13
5	6,9	2,5	15
6	9,2	3,3	19
7	12	4,8	24
8	16	5,8	34
9	23	8,1	53
10	>23	13	-

Fuente: (Standard Methods, 2017).

Existen varios métodos para la realización de este ensayo, en este caso se siguieron los pasos para aguas naturales y limpias.

Coliformes Totales: En una mesa desinfectada y con dos mecheros a los lados, se prepararon diez tubos de ensayo con medio caldo de bilis verde brillante (BGGB), que se preparó siguiendo los pasos descritos en el mismo frasco. Se tomó 1 mL de la muestra y se transfirió a cada uno de los diez tubos, se cerró los tubos con sus tapas adecuadas, se los colocó en una rejilla y se las llevó a incubar por 48 horas a 35 °C.

Pasado el tiempo se notó que existe gas y de turbidez, se demuestra la fermentación de la lactosa en el medio y, por lo tanto, la presencia de coliformes totales. Los tubos fueron identificados y se verificó el índice NMP en la tabla mostrada, se registraron los resultados (Navarro, 2017).

Coliformes Fecales: Se prepararon siete tubos con medio caldo de bilis verde brillante (BGGB), debido a que los tubos para sembrar son igual al número de tubos con resultados positivos en el ensayo de coliformes totales.

Se marcó los tubos con el medio con la misma notación de los tubos de coliformes totales positivos.

Se homogenizaron los cultivos positivos de coliformes totales y se transfirió tres recolecciones con ayuda del asa bacteriológica a los nuevos tubos con el medio de cultivo, se cerró las tapas y se incubó por 48 horas a 44 °C.

Cuando el tiempo transcurrió, no se pudo ver la presencia de crecimiento bacteriano, turbiedad o gas que muestran la fermentación de lactosa presente en el cultivo, por lo tanto, no hubo coliformes fecales (Sandoval, 1991).

2.2.3 Obtención de Índice de Calidad del Agua

El ICA, es un procedimiento aplicado para dar una valoración del recurso agua, este se lo realizó gracias a análisis y a la valoración de parámetros característicos que fueron fusionados por análisis cuantitativos y cualitativos (García, 2021).

El ICA-NSF es una variable del ICA cuya singularidad reincide en los indicadores que fueron escogidos para el análisis y los principios que les son dados, este se llevó a cabo gracias a la realización de un promedio de ponderación en que a cada uno de los parámetros le ha sido otorgado un porcentaje en relación con la importancia que tiene, este valor fue multiplicado por un subíndice sin dimensiones. Se utilizó gráficas de valoración de calidad del agua en función de los 9 parámetros (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 2016).

Tabla 9: Índice de Calidad del Agua - NSF

Índice	Ecuación	Observación
NSF	$ICA = \sum_{i=1}^n Wi * li$	<p>Wi: Representa el porcentaje que le es asignado al i-ésimo indicador.</p> <p>li: Muestra el subíndice del i-ésimo indicador.</p>

Fuente: (García, 2021).

Tabla 10: Pesos relativos de parámetros para ICA – NSF

Indicador o parámetro	(Wi)
Sólidos Disueltos Totales	0,08
Turbidez	0,08
Nitratos	0,1

Fosfatos	0,1
Temperatura	0,1
DBO	0,1
pH	0,12
Coliformes Fecales	0,15
OD	0,17

Fuente: (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 2016)

2.2.4 Comparación de parámetros con normativa vigente

En el TULSMA, existen varias tablas referentes a calidad del agua, se usó la Tabla 1, misma que toma en cuenta los criterios de calidad que deben poseer los cuerpos de agua previo a la potabilización para el consumo doméstico.

También se estudió y se observó los requisitos físicos y químicos que se encuentran en la Tabla 1 y a su vez también los requerimientos microbiológicos en la Tabla 2 de la norma NTE INEN 1108.

2.3 Producción de agua potable

2.3.1 Selección de sistemas de potabilización

Hipoclorador por goteo con flotador

Se trata de una tecnología de cloración constituida por accesorios de policloruro de vinilo (PVC) en un tanque en el que se guarda la solución madre. Dentro del tanque con la solución madre se incluye un objeto con la capacidad de flotar hecho con codos, Tee's y tubos. Esto sostiene un niple que se desliza y posee un pequeño orificio de 2 milímetros de diámetro en el que entra la solución con cloro de forma ininterrumpida y se conduce gracias a una manguera flexible hasta llegar a un accesorio que a su vez se encuentra conectado a otra tubería de policloruro de vinilo que hace que ingrese la solución con cloro dentro del reservorio, en este extremo se coloca un flotador que detiene el flujo del agua cuando el tanque se llena.

La tubería con flexibilidad finaliza en una placa de policloruro de vinilo diminuta que se adapta en la unión universal, posteriormente dicho flujo ingresa en la manguera que se encuentra dentro del reservorio (Díaz et al., 2017).

La cantidad de solución de cloro es regulada de acuerdo por el orificio de niple y su profundidad de inmersión.

Ventajas:

- Goteo constante de solución con cloro por la Carga Hidráulica.
- Desinfección y protección del agua.
- Dosificación constante del cloro
- Facilidad de preparación
- Se tiene un goteo eficiente partiendo de 45 mL/min

Desventajas:

- Tiene un período para recargar de máximo de 15 días.
- Se debe realizar un cambio de manguera y también de hilo al menos una vez al año

2.3.2 Procesos físicos

Desarenador

Esta unidad ayudará a sedimentar material particulado, los parámetros de diseño para un desarenador son la relación L/B, H y tiempo de retención.

$$V_s = \frac{1}{18} * g * \left(\frac{\rho_s - \rho}{\mu}\right) * d^2; R_e = \frac{V_s * d}{\mu}$$

V_s: Velocidad de sedimentación ($\frac{cm}{s}$)

Re: Número de Reynolds

g: Aceleración de la gravedad

ρ_s : Densidad de la arena

ρ : Densidad del agua

μ : Viscosidad cinemática del agua

d : Diámetro de la partícula

Ecuación 6: **Velocidad en la que sedimenta la partícula**

Fuente: (OPS, 2005)

Velocidad límite para que no haya resuspensión del material.

$$Vd = \sqrt{\frac{8k}{f} * g * (\rho_s - 1) * d}$$

Vd : Velocidad de sedimentación (cm/s)

k : Factor de la forma

f : Factor de la rugosidad

Ecuación 7: **Celeridad de desplazamiento**

Fuente: (OPS, 2005).

Se hizo una comprobación y se volvió a hacer un ajuste para tener la certeza de que estén dentro de los criterios de diseño.

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

C_D = Coeficiente de arraste

Ecuación 8: **Coeficiente de arrastre**

Fuente: (OPS, 2005).

Para el período de retención.

$$P_R = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}}$$

Ecuación 9: **Período de retención**

Fuente: (OPS, 2005).

Velocidad Horizontal:

$$V_H = \frac{Q}{A_t}$$

Q : Caudal (m^3/s)

A_t = Área Total (m^3)

Ecuación 10: **Velocidad Horizontal**

Fuente: (OPS, 2005).

2.3.3 Sistema de desinfección

Este proceso debe ser asegurado sin tomar en cuenta el nivel de calidad del agua o los procesos posteriores.

Para este proyecto se ha tomado en consideración de un hipoclorador por goteo como sistema de desinfección, para ello, se diseñó el tanque en el que se encuentra el cloro con la solución principal y un tanque en donde se realizará el proceso de mezclado, el mismo que determinará el período de retención para que se garantice un proceso eficiente.

Para el cálculo de la cantidad del desinfectante, se usó el método del tiempo y de la concentración, expresado con la siguiente ecuación.

$$C * t = K$$

C = Concentración desinfectante

t = Tiempo de retención

K = Constante aplicativa

Ecuación 11: **Cálculo de la constante K**

Fuente: (EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2008).

El valor K se determinó gracias al recuadro 6.2 existente en la Norma de Diseño de Sistemas de Agua Potable debido a la eficiencia de dichos procesos físicos suelen ser mayores al 95%, gracias a esto, se obtuvo el período de retención y los demás datos.

$$V = Q * t$$

$V = \text{Volumen del tanque (m}^3\text{)}$

$Q = \text{Caudal (m}^3\text{/s)}$

Ecuación 12: **Volumen de Tanque de contacto**

Fuente: (EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2008).

Cálculos para dosificación del cloro: Se requiere conocer los siguientes datos.

- Caudal de ingreso (Q_i).
- El período que debe recargar la tecnología con cloración en días.
- La concentración del Cloro al nivel del tanque de reserva (C_2).
- El tipo del hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) que se usará: 70%
- La concentración máxima (C_1), no debe superar los 5000 mg/L.

$$P (g) = \frac{Q_i(L/s) * T(s) * C_2(mg/L)}{10 * \%Cloro}$$

Ecuación 13: **Cantidad de hipoclorito a usar**

Fuente: (Díaz et al., 2017).

La cantidad de Hipoclorito de sodio es medido con una balanza digital y se realiza un mezclado con el recurso agua para conseguir la solución con cloro. Se adapta el aparato que gotea durante todo el período que debe recargar en días (Díaz et al., 2017).

Regulación y funcionamiento

Caudal de goteo Q_g :

$$Q_g = \frac{V_{tc}}{T}$$

V_{tc} = Volumen del tanque hipoclorador en mL.

T = Tiempo de goteo en min.

Ecuación 14: **Caudal de goteo**

Fuente: (Díaz et al., 2017).

Concentración máxima (C1): Verificar que la concentración (C1) no exceda los 500 mg/L, la revisión de la máxima concentración de solución con cloro se calcula con la siguiente ecuación.

$$C_1 = \frac{P * (\% \text{ Cloro})}{V_{tc}}$$

P_{gr} = Peso de hipoclorito de calcio.

$\%_{\text{Cloro}}$ = Concentración de hipoclorito de calcio, generalmente se usa 70

V_{tc} = Volumen de solución madre del tanque hipoclorador

Ecuación 15: **Concentración Máxima**

Fuente: (Díaz et al., 2017).

3. RESULTADOS

3.1 Levantamiento de información

3.1.1 Visitas técnicas

Gracias a la cuarta visita técnica, se logró tomar información acerca del sistema primario de abastecimiento del barrio "La Paz". En el cuestionario se tocó los temas de calidad, abastecimiento y saneamiento. Se pudo hablar y tomar datos con los moradores del barrio que estuvieron interesados en participar, se estima que el barrio alberga a 28 residentes.

Se realizaron 8 cuestionarios, cinco fueron respondidas por personas naturales y las otras dos fueron respondidas por comercios locales, un hotel y un restaurante.

Calidad del agua: La mayoría de las personas concordaron que el agua que llega a sus hogares no llega con olor o sabor extraños, sin embargo, concordaron que cuando llueve, el agua llega con turbiedad a sus respectivos hogares.

Abastecimiento de agua: En esta sección de preguntas, la mayoría de las personas respondieron que el agua que utilizan en sus hogares es escasa y que no es suficiente en ciertas épocas del año, además, indican que el agua no llega a sus hogares con presión adecuada.

Saneamiento y servicios básicos: En esta sección de preguntas los moradores respondieron que no cuentan con servicio de recolección de residuos sólidos, lo que deben hacer es viajar y dejarlos en la ciudad o pagar a terceros para que hagan el trabajo. Para la disposición de aguas residuales, todos los encuestados respondieron que utilizan pozos sépticos.

3.1.2 Puntos y Parámetros de muestreo

Se tomaron tres (3) puntos georreferenciados en los sitios seleccionados para el muestreo, a continuación, se presentan las coordenadas y su código, el lugar en donde se realizaron todos los análisis fue en el tanque de almacenamiento y en la última casa fueron realizados algunos de ellos para la comprobación.

Tabla 11: Puntos de muestreo georreferenciados

Código	Nombre	Coordenadas UTM	Descripción
--------	--------	-----------------	-------------

P1	Lugar de captación	17N 0755353 UTM 9999467	Captación de la vertiente.
P2	Tanque	17N 0755248 UTM 0001226	Tanque de almacenamiento del agua.
P3	Casa	17N 0755248 UTM 0001442	Última casa del barrio.

Los parámetros de muestreo que se eligieron y fueron medidos *in situ* y con el multiparámetro fueron, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, temperatura. La turbiedad del agua de igual forma fue tomada *in situ* con el turbidímetro, todos estos parámetros sirvieron para poder calcular el ICA.

Los otros indicadores escogidos para la realización del ICA y que fueron medidos en laboratorio con diferentes métodos fueron, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, coliformes totales, coliformes fecales, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos, fosfatos, Hierro (Fe) y Manganeso (Mn),

La realización de Manganeso (Mn) y Hierro (Fe) se hizo debido a que la fuente puede ser considerada subterránea y fue necesario verificar la presencia de estos elementos.

3.1.3 Toma de muestras

Se utilizaron 5 frascos para la toma de muestras.

En dos botellas, una de plástico de 1 L y otra de vidrio de 473 mL se tomaron las muestras para la realización de ensayos en laboratorio. Se tuvo en cuenta que el líquido de las muestras debe estar completamente lleno, es decir, que no haya presencia de oxígeno.

En la botella Ámbar de 1 L, se tomó la muestra para la realización del ensayo de la DQO y se agregaron unas cuantas gotas de ácido sulfúrico (H₂SO₄) para asegurar la preservación de la muestra.

En dos frascos estériles para muestras, ellas, fueron tomadas en el tanque de almacenamiento y también de la última casa esto para la realización de los ensayos

microbiológicos, se debe asegurar que exista oxígeno, es decir, que los frascos no estén completamente llenos.

3.1.4 Caudales de consumo

Los caudales de consumo fueron tomados del análisis de población y dotación realizados para determinar la cantidad de agua necesaria para su distribución, los caudales son los siguientes:

Dotación: 130 L/Hab * día

Caudal máximo horario: 0,91 L/s

Caudal máximo diario: 0,74 L/s

Caudal medio: 0,57 L/s

3.2 Evaluación de la Calidad del Agua

Se requirió hacer la comparación de los resultados que fueron obtenidos, ya sean *in situ* y en el laboratorio y con ellos comparar con la normativa que se usará.

El agua que abastece al barrio La Paz es cruda y no posee ningún tipo de tratamiento, los resultados obtenidos *in situ* como en laboratorio fueron unificados en la siguiente tabla, junto con la Tabla 1 del Anexo I del TULSMA que trata los criterios de calidad de las fuentes de agua para consumo humano y doméstico y también, la normativa INEN 1108 que trata de requisitos para consumo humano.

3.2.1 Resultados de análisis *in situ* y comparación con las normativas

Se presentan los resultados tomados en el sitio con el multiparámetro y con el turbidímetro comparados con las normativas.

Tabla 12: Resultados *in situ* y comparación con la normativa

Parámetro	Unidad	P2	TULSMA	INEN 1108
Turbidez	UNT	0.26	100	5
Potencial Hidrógeno	pH	6.93	6 – 9	—
Oxígeno Disuelto ^a	% Saturación	85	> 80	—
Temperatura	° C	16.59	< 30	—
Conductividad eléctrica ^b	mS/cm	0.087	0.7	—

^a Se tomó en cuenta el valor de la Tabla 2 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) ya que no existe este valor en la Tabla 1.

^b Se tomó en cuenta el valor de la Tabla 4 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) ya que no existe este valor en la Tabla 1.

Se pudo observar que en la normativa INEN 1108 no hay muchos parámetros *in situ* para validar, solamente existe la turbidez, que se puede notar que cumple perfectamente con el valor tomando en el tanque de almacenamiento.

De igual manera, en cuanto a la normativa de TULSMA, se observa que los parámetros tomados y analizados en el tanque de almacenamiento también cumplen con los valores que indica la normativa.

Por lo que se deduce que los indicadores del agua del tanque de almacenamiento son excelentes y que cumplen con las normas expuestas.

3.2.2 Resultados de análisis en laboratorio y comparación con las normativas

Se presentan los resultados obtenidos en laboratorio siguiendo diversos métodos.

Análisis de sólidos

Los sólidos que fueron analizados permitieron obtener conocimiento sobre la función del desarenador, ya que la presencia alta de sólidos genera turbidez y ella afecta la percepción de los consumidores, tal y como los moradores del barrio indicaron en el cuestionario realizado.

Tabla 13: Valoración de sólidos en el tanque de almacenamiento y en la última casa y comparación con la normativa

Parámetro	Unidad	P2	P3	TULSMA	INEN 1108
Sólidos Suspendidos	mg/L	14	88	-	-
Sólidos Disueltos	mg/L	54	8	-	-
Sólidos Totales	mg/L	68	96	-	-

En los sólidos suspendidos (SS) se pudo notar que en el tanque de almacenamiento existe una pequeña cantidad de ellos, pero estos fueron aumentando a un gran número conforme pasaban por la línea de distribución hasta la última casa, esto podría darse por posibles fugas y roturas en las tuberías o por el período climático.

Con los sólidos disueltos (SD) pasó lo contrario, en el tanque de almacenamiento existe una gran cantidad de ellos, pero en la última casa, este número se redujo, lo que se supone se debe a que fueron disueltas cierta cantidad de sales inorgánicas en el agua o que existe algún sistema de tratamiento particular debido a que el lugar en dónde se tomó la muestra es turístico, sin embargo, las probabilidades de que esa sea la razón son muy bajas.

Existe una gran diferencia en los resultados dados en el tanque de almacenamiento y en la última casa, en el tanque se tiene una cantidad considerable de sólidos totales (ST), mientras que en la casa la cantidad de ellos aumentó, por lo que se tiene tres hipótesis, podría haber fugas o roturas en la línea de distribución, la existencia de cajas de revisión o conexiones clandestinas que alteren la calidad del agua, por lo que se recomienda un análisis de los sistemas hidrosanitarios internos de las viviendas y cómo se debe realizar el mantenimiento de estos o simplemente hubo precipitación y fueron trasladados.

Análisis de parámetros químicos

Algunos parámetros fueron realizados y otros no debido a que las aguas analizadas son crudas, demasiado claras y limpias, por lo que se realizó los estudios de los parámetros que se consideraron más importantes.

Tabla 14: Parámetros realizados en laboratorio comparados con las normativas

Parámetro	Unidad	P2	P3	TULSMA	INEN 1108
Cloruros	mg/L	0.03	0.01	-	-
Nitratos	mg/L	3.3	5.7	50	50
Nitritos	mg/L	0.01	0.02	0.2	3
Sulfatos	mg/L	0	0	500	-
Fosfatos	mg/L	0.8	0.2	-	-
Hierro	mg/L	0.02	0.01	1	-
Manganeso ^a	mg/L	0.03	0.02	0.2	-
DQO	mg/L	4	-	<4	-
DBO	mg/L	0	-	<2	-

^a Se tomó en cuenta el valor de la Tabla 3 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) ya que no existe este valor en la Tabla 1.

Se observa que todos los parámetros enlistados cumplen con los requisitos de la normativa TULSMA e INEN 1108.

En cuanto a cloruros, este parámetro no se toma en cuenta en las primeras Tablas del TULSMA, por lo que, en este caso, no es relevante.

Los parámetros analizados poseen valores totalmente aceptables comparándolos con las respectivas normativas, esto da a entender que el agua cruda es excelente para consumirla, pese a que existen cambios en los resultados, se encuentran dentro de la norma.

Análisis de parámetros biológicos

Los análisis de parámetros biológicos fueron realizados en el tanque de almacenamiento (P2) y en la última casa del barrio (P3) con pruebas presuntivas, se hicieron los ensayos de coliformes fecales y coliformes totales.

En el tanque de almacenamiento (P2) la prueba presuntiva dio 10/10 tubos positivos, por lo que se procedió a realizar la prueba confirmativa en donde las coliformes totales dieron positivas en todos los tubos, pero en coliformes fecales dieron negativos, por lo que se entiende que no existen en la muestra de agua.

En P3, donde no existe tratamiento alguno, la prueba presuntiva dio 7/10 tubos positivos, por lo que de igual manera se procedió a realizar la prueba confirmativa, en donde las coliformes totales 7 dieron positivas, se procedió a observar las respectivas tablas y se confirmó la presencia de ellas en 12 NMP/100mL, en el tanque de almacenamiento (P2), un (1) tubo fue positivo lo cual indica que hay la presencia de las coliformes fecales dando un valor de 1,1 NMP/mL.

Tabla 15: Análisis de parámetros biológicos y comparación con la normativa

Parámetro	Unidad	P2	P3	TULSMA	INEN 1108
Coliformes Totales	NMP/100mL	>23	12	2000	-
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1,1	1,1	1000	Ausencia

Al realizar la comparación de los resultados con las normativas, se observó que el valor en la última casa (P3) no cumple con la normativa INEN 1108, por lo que se deduce que el agua en la línea de distribución es contaminada ya sea por fugas, roturas o presencia de algún tipo de animal, debido a esto, es absolutamente necesario incluir un sistema o proceso de desinfección para asegurar que el agua es adecuada para poder consumirla sin temor a contraer alguna enfermedad.

3.2.3 Índice de Calidad del Agua

Se realizó el ICA – NSF debido a que los parámetros realizados se acoplan perfectamente, no se usó otro tipo de ICA porque la cantidad de Hierro y Manganeseo fue muy por debajo a lo establecido en la Tabla 3 de TULSMA, ya que en la Tabla 1 no se pudo encontrar estos parámetros.

Nueve (9) parámetros han sido analizados para poder conocer el ICA, se realizó en P2, se conocerá la calidad del agua que llega desde la captación.

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Figura 2: Clasificación de ICA propuesto por Brown

Fuente: (Lobos, J., 2002).

Tabla 16: ICA

Parámetro	Resultado medido	Unidad	Wi	li de P2	Valor
SDT	54	mg/L	0.08	88	7.04
Turbiedad	0.26	FAU	0.08	98	7.84
Nitratos	3.3	mg/L	0.1	88	8.8
Fosfatos	0.8	mg/L	0.1	55	5.5
Temperatura	16.59	° C	0.1	9	0.9
DBO	0	mg/L	0.1	100	10

pH	6.93	mg/L	0.12	85	12.75
Coliformes Fecales	0	NMP/100 mL	0.15	100	15
OD	85	% Saturación	0.17	90	15.3

Valor ICA-NSF: 80,58

Realizando la suma de los valores de los parámetros el resultado del ICA es de 80,58 que, en la tabla propuesta por Brown, la calidad del agua es buena, pero de igual forma es necesario implementar el sistema de desinfección, debido a que es mejor tratar de aumentar la característica y que llegue a "excelente" de esa forma da mucha más confianza el consumo del agua y las probabilidades de enfermarse disminuyen significativamente.

3.3 Producción de agua potable

3.3.1 Resultados de los procesos físicos

Desarenador

La implementación del desarenador en este sistema es debido a la turbidez del agua en épocas de lluvia y porque la captación improvisada colapsa debido al arrastre de materiales en la quebrada donde se ubica la captación, los datos utilizados fueron los siguientes:

Caudal de diseño: 0.00057 (m³/s)

Diámetro: 0.02 cm

Densidad relativa de la arena: 2.65

Temperatura del agua: 17°C

Tabla 17: Resultados del desarenador

Gasto (m ³ /s)	B (Ancho)	L (Largo)	H (Profundidad)	PR (min)	Vs (cm/s)	Vd (cm/s)	Vh (cm/s)
0.00057	0.2	2	0.4	4.67	2.53	19.58	0.7125

Utilizando el proceso descrito en la metodología, se obtuvieron los resultados y con las dimensiones propuestas para el diseño del desarenador que es una unidad muy importante en este proyecto.

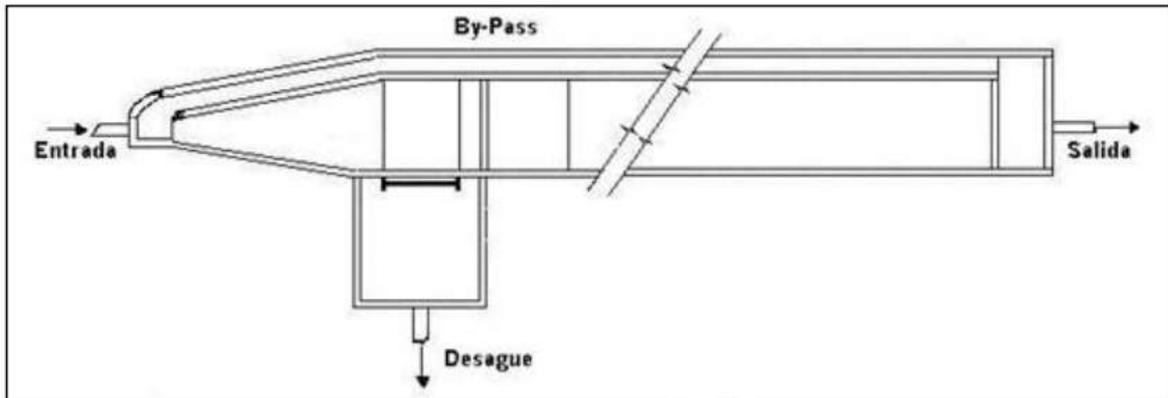


Figura 3: Esquema de desarenador convencional de una unidad con *by pass*.
(Planta)

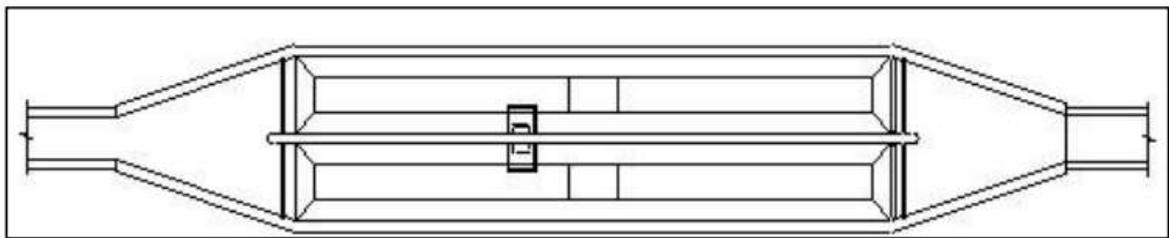


Figura 4: Desarenador de dos unidades en paralelo. (Planta)

Fuente: (OPS, 2005)

3.3.2 Resultados del sistema de desinfección

El sistema de desinfección que se ha propuesto para ser implementado para que la población del barrio "La Paz" haga uso es de un hipoclorador de goteo constante con flotador.

La intención de implementar este dispositivo es debido a los cambios que sufre el agua en la línea de conducción que incluso llega a contaminarse con coliformes fecales, quizás el número no es alarmante, sin embargo, este podría aumentar significativamente lo que provocaría enfermedades a largo plazo.

Este se ubicará cerca del tanque de almacenamiento y operará las 24 horas del día, la dosis que fue escogida según los requerimientos de la norma fue de 1.4 mg/L y gracias a este indicador se ha podido escoger un período de retención en según el pH y la temperatura.

Tabla 18: Período de retención

Unidad	Dosis (mg/L)	K (mg*min/L)	Tiempo de retención calculado. (min)	Tiempo de retención, aproximación. (min)
Hipoclorador	1.4	19	13.57	15

Cuando el tiempo de retención fue calculado, se calculó el volumen para desinfección.

Tabla 19: Preparación de solución madre

Unidad	Volumen del tanque de solución madre (L)	Concentración Máxima (mg/L)	Caudal de goteo (mL/min)
Hipoclorador	500	84.67	49.60

La solución principal o solución madre, debe ser puesta en un tanque que pueda abarcar toda la mezcla y cuya máxima concentración sea menos a 5000 mg/L, el tanque de solución principal o madre, se conectará a un reservorio que dosificará de al menos 50 L y también debe poseer un flotador para mantener las condiciones constantes.

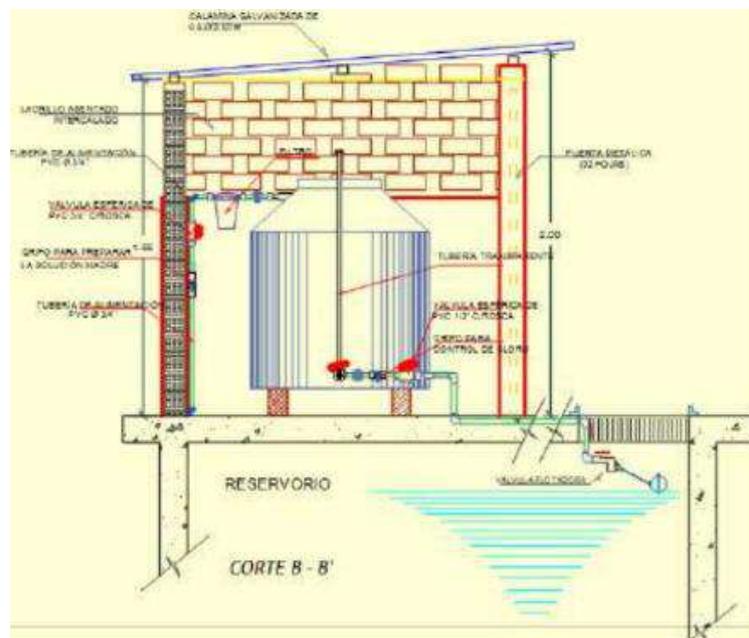


Figura 5: Esquema de sistema de desinfección

Fuente: (Díaz et al., 2017).

3.3.3 Operación y Mantenimiento

Los usuarios deben ser notificados con respecto a la realización del mantenimiento ya que el servicio de agua será suspendido por el tiempo en que dure esta acción. El sistema y sus componentes deben ser revisados siquiera una vez al mes, estas visitas varían dependiendo del tipo de inspección que se realice.

Para que se realice el mantenimiento de este sistema, la persona encargada deberá tener equipo de protección, insumos y herramientas con el fin de precautelar su integridad y salud. (Ministerio de Vivienda, 2021).

Al menos cada seis meses, se debe realizar una prueba de Cloro residual para realizar una verificación del cumplimiento de la dosificación adecuada.



Figura 6: Equipos de protección personal

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2021).



Figura 7: Herramientas y equipo

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2021).

Capacitación a la persona que operará el equipo

Luego de la instalación de esta tecnología es imprescindible realiza la capacitación para que se realice su adecuado funcionamiento, realizar el análisis de actualización del dividendo familiar, el seguimiento de parte del municipio y el control. Si no existe capacitación alguna habrá pérdida de recursos y haría que la comunidad tuviera riesgos asociados con su salud (Díaz et al., 2017).

La cantidad del hipoclorito de calcio calculado y usado para realizar el proceso de desinfección tendrá que ser disuelto en al menos 20 L de agua, una vez disuelto se deberá seguir lo siguiente (Ministerio de Vivienda, 2021).

1. Limpiar la parte externa de la estructura y el área alrededor.
2. Con válvulas de purga se debe desaguar el tanque.
3. Fregar el interior con ayuda de escobilla
4. Retirar los sedimentos
5. Disolver la cantidad de hipoclorito
6. Fregar el interior
7. Enjugar con mucha agua
8. Volver a colocar todos los accesorios que fueron retirados para la realización del mantenimiento.

Cuando el proceso haya culminado se debe recordar a las personas que harán uso de esta tecnología que el agua no puede ser consumida en al menos 4 horas desde que inició el mantenimiento, sin embargo, esta agua puede ser usada en diversas actividades que no impliquen el consumo humano (Ministerio de Vivienda, 2021).

4. CONCLUSIONES

- El sistema abastece alrededor de 28 habitantes que consumen agua cruda sin tratamiento alguno, lo cual hace que sean propensos a tener enfermedades.
- Cada vez que llueve el color del agua cambia lo cual provoca rechazo en la comunidad que la ingiere, por lo que se concluye que el desarenador ayudaría a reducir la turbidez en épocas lluviosas.
- Al comparar con las normativas, el parámetro que no cumplió fue el de coliformes fecales en la última casa, que dio un valor de 1,1 NMP/mL, lo que indica que existe contaminación en la línea de conducción y si se sigue abasteciendo agua cruda sin tratamiento haría que el número de coliformes aumenten provocando enfermedades estomacales a la comunidad.
- El hipoclorador como propuesta de desinfección es muy acertada debido a la cantidad de personas que utilizan el agua cruda que se contamina en la línea de conducción.
- Los moradores del barrio, en su mayoría, no sienten que el agua que llega a sus hogares tiene olores o sabores extraños, lo que indica que el agua cruda que se abastece cumple con los parámetros organolépticos.
- El ICA en el tanque es de 80,58 lo que nos indica que es buena según la clasificación que fue propuesta por Brown, sin embargo, para aumentar el índice de calidad del agua, se requiere realizar cambios en el sistema actual.
- El agua cruda que llega al tanque cumple con los indicadores o parámetros de la normativa sin embargo al transportarse por la línea de conducción hasta la última casa llega con cierto grado de contaminación, por lo que es absolutamente necesaria la implementación del sistema de desinfección.
- Se concluye que se requiere tener un sistema que almacene al agua debido a que en ciertas épocas de año el agua es escasa y la comunidad se encuentra insatisfecha debido a ese tema.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar inspecciones regulares por el tanque de almacenamiento
- Es recomendable verificar el estado de las tuberías y reportar posibles fugas.
- Se recomienda el uso del hipoclorador como sistema de desinfección ya que el agua que se abastece es cruda.
- Se recomienda realizar las actividades de mantenimiento y de operación utilizando el equipo de protección personal adecuado

- Es recomendable mostrar y dar capacitaciones a los moradores del barrio para evitar el desperdicio y la mala utilización del recurso.
- Se recomienda hacer una revisión profunda del sistema de distribución, se debe observar y verificar que no haya cajas de revisión, que algún vecino o usuario haya realizado alguna conexión clandestina y el tubo haya quedado perforado o que las personas posean su propio sistema de almacenamiento que no tiene la higiene adecuada.
- En caso de que alguna casa tenga su propio tanque de almacenamiento este debe tener cuidado especial.
- En el tanque de almacenamiento se debe realizar una limpieza constante debido a que se encuentra rodeado de flora y el agua podría ponerse turbia por las paredes del tanque en el que proliferan microorganismos.
- En la captación también se debe realizar una revisión profunda debido a que se encuentra colocada de forma muy rústica y peligrosa.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¿Qué es la DQO? | Tratamiento de aguas residuales | Air Liquide España - Gases industriales. (s. f.). <https://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/que-es-la-dqo-tratamiento-de-aguas-residuales>
- ACCIONA. (2020). *Potabilización del agua* | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL. acciona. https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/?_adin=02021864894
- Acosta, G. (2015). Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 119–144.
- AGÜERO, R. (1997): Agua potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. Lima (Perú): Asociación Servicios Educativos Rurales (SER). https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AGÜERO%201997.%20Agua%20potable%20para%20poblaciones%20rurales.pdf
- Aguirre, F. (2015): Abastecimiento de Agua Potable para Comunidades Rurales. Machala (Ecuador): Universidad Técnica de Machala, 1ra edición. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AGUIRRE%202015.%20Abastecimiento%20de%20agua%20para%20comunidades%20rurales.pdf
- Azevedo Netto, J. M., Huisman, L., Lanoix, J. N., & Sundaresan, B. B. (1988). *Tecnología de Pequeños Sistemas de Abastecimiento de Agua en Países en Desarrollo* (1.ª ed., Vol. 1). E. H. Hofkes. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/201-88SI-6153.pdf>
- BBC News. (2011, June 3). E. coli: vieja asesina en América Latina. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/06/110603_ecoli_america_latina_m en
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Caminati, A., & Caqui, R. (2013). ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU DISTRIBUCIÓN

- EN LA UNIVERSIDAD DE PIURA [Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas.]. Universidad de Piura.
- Castillo, J., Espinoza, C., Núñez, C., & Zamorano, G. (2004). MODELO DE SIMULACION PARA LA CALIDAD DE AGUA EN UN RIO. CI51D Contaminación de Recursos Hídricos, Semestre Primavera.
- Comisión Nacional Para El Uso Eficiente de la Energía, C. N. P. E. U. E. (s. f.). *Sistemas de agua potable -Sistemas de agua potable- Bombeo de agua potable municipal Estados y municipios*. gob.mx.
<https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/sistemas-de-agua-potable-sistemas-de-agua-potable-bombeo-de-agua-potable-municipal-estados-y-municipios?state=published>
- Díaz, N. D., Pacheco, H., Cabrera, W., & Loayza, J. (2017). *INSTALACIÓN DEL HIPOCLORADOR POR GOTEO CON FLOTADOR* (1.ª ed.). Zoila Cárdenas.
- Dirección de Recursos Hídricos. (2017, 2 octubre). *Calidad de Agua*.
<http://www.rekursoshidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
- Ecosistemas Proyectos Ambientales, S. A. (2021, 20 agosto). *Ensayos in situ | Ecosistemas | PROYECTOS AMBIENTALES*. Ecosistemas.
<https://ecosistemas.com.gt/dima-portfolio/ensayo-in-situ/>
- EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE. (2008). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA LA EMAAP-Q* (M. Punguil, Ed.; Primera). V&M Gráficas.
- Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo ENEMDU. (2016). Informe Agua, saneamiento e higiene, medición de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Ecuador. *UNICEF Ecuador*, 1-5.
- García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A., & Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería Del Agua*, 25(2), 115.
<https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- Hach Company. (n.d.). Manual de análisis de agua de Hach. Loveland, Colorado 80539-0389. Retrieved July 9, 2022, from <https://www.hach.com/dr1900-portablespectrophotometer/product-parameter-reagent?id=18915675456>.
- INDICADORES - IDEAM*. (s. f.). <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>
- J. & Diama Laboratorios. (2022, 7 noviembre). *ANÁLISIS DE AGUA*. Laboratorios Diama. <https://www.laboratoriosdiama.com/analisis-de-agua/>

- Japanese Industrial Standard (JIS). (2012). Testing methods for industrial water. JSA.
- Juárez, Y. J. L. (2018). *Planes de muestreo*.
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/18987/Planes-de-muestreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20planes%20de%20muestreo%20indican,determinar%20la%20aceptabilidad%20del%20lote.>
- Lira, C. (2021, 2 septiembre). *¿Qué pasa si tomo agua de la llave? Descubre algunas posibilidades*. Ecofiltro México. <https://ecofiltro.mx/blogs/news/que-pasa-si-tomo-agua-de-la-llave>
- Martínez, E. (2021). Determinación de Cloruros en Agua. Método de Mohr. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=CPBIYVVXqc&t=485s&ab_channel=EmersonMart%C3%ADnez
- Metcalf & Eddy. (2007). Ingeniería de las aguas residuales (5ta ed.). Mc.Graw Hill.
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2021). LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DESINFECCIÓN DEL AGUA MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL (Actividad 5).
- Moliá, R. M. (1987). *REDES DE DISTRIBUCIÓN* [Digital].
https://www.academia.edu/37910883/MASTER_EN_INGENIERÍA_MEDIOAMBIENTAL_Y_GESTIÓN_DEL_AGUA
- Navarro, M. (2007). Determinación de coliformes totales y E. Coli de aguas mediante la técnica de sustrato definido, por el método de Número Más Probable. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2,23.
- OPS. (s. f.). *Agua y Saneamiento*. OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2011). *El Derecho al Agua*. Ginebra: United Nations, Geneva GE. 10-14428.
- Organización Panameña de la Salud, & Organización Mundial de la Salud. (n.d.). Glosario. Retrieved June 11, 2022, from https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10556:2015-glosario&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES. In UNATSABAR. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b.%200Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf
- Pérez, J. (2010). CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

- DE LA CIUDAD DE YOPAL [Universidad Industrial de Santander].
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133761.pdf>
- Quebrada Parque: Guía para la Gestión de Quebradas Urbanas*. (2018, 17 diciembre). Issuu.
https://issuu.com/patagua/docs/gu_a_quebradas_urbanas_2018
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007, September). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019
- Sánchez, F. J. S. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea* (2.^a ed.) [Digital].
https://hidrologia.usal.es/temas/Tipos_de_captaciones.pdf
- Sandoval, A. & Carlo G. (1991). Determinación de coliformes fecales, Sarh. 1.26-
Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET). (2016). ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA". In Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolICA.pdf>
- Stauffer, B., & Spuhler, D. (2021, noviembre). *Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios)* (L. Pérez, Ed.). SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management! [https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos,-lagos-y-embalses-\(reservorios\)](https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos,-lagos-y-embalses-(reservorios))
- Universidad Politécnica de Madrid. (2013). Determinación del contenido de cloruros de agua: Método de Mohr. ICE DE UPM.
https://www.youtube.com/watch?v=laT7Q4N3uQY&ab_channel=UPM

7. ANEXOS

ANEXO I

1	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	4 %	>	7	Entregado a Colegio Vi... Trabajo del estudiante	<1 %	>
2	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %	>	8	siar.regionpiura.gob.pe Fuente de Internet	<1 %	>
3	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	<1 %	>	9	ijiset.com Fuente de Internet	<1 %	>
4	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %	>	10	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
5	repositorio.ulead.edu.ec Fuente de Internet	<1 %	>	11	Entregado a UNIV DE L... Trabajo del estudiante	<1 %	>
6	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %	>	12	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
13	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>	19	rediab.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %	>
14	Entregado a Escuela P... Trabajo del estudiante	<1 %	>	20	www.lrrd.org Fuente de Internet	<1 %	>
15	extwprlegs1.fao.org Fuente de Internet	<1 %	>	21	1library.co Fuente de Internet	<1 %	>
16	repositorio.uea.edu.ec Fuente de Internet	<1 %	>	22	Wendy Vernaza, Rodrig... Publicación	<1 %	>
17	cas.chsegura.es Fuente de Internet	<1 %	>	23	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %	>
18	elantropologoguberna... Fuente de Internet	<1 %	>	24	vlex.com.co Fuente de Internet	<1 %	>

25	www.cepis.org.pe Fuente de Internet	<1 % >	<	>
26	www.dspace.espol.edu... Fuente de Internet	<1 % >		
27	www.engormix.com Fuente de Internet	<1 % >		
28	www.imdea.org Fuente de Internet	<1 % >		
29	www.lepointveterinaire... Fuente de Internet	<1 % >		
30	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 % >		
31	www.un.org Fuente de Internet	<1 % >		
32	btdt.ibict.br Fuente de Internet	<1 % >		
33	concretonline.com Fuente de Internet	<1 % >		
34	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 % >		
35	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 % >		
36	www.flowsonline.net Fuente de Internet	<1 % >		

35	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 % >
36	www.flowsonline.net Fuente de Internet	<1 % >
37	www.inbo-news.org Fuente de Internet	<1 % >
38	www.secotab.gob.mx Fuente de Internet	<1 % >
39	www.sedapal.com.pe Fuente de Internet	<1 % >
40	Evelyn Rodas-Pernillo, ... Publicación	<1 % >



ANEXO II
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
REGISTRO FOTOGRÁFICO
DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DE AGUA
POTABLE DEL BARRIO LA PAZ EN NANEGALITO



1. Toma de muestras *in situ*, realización de análisis *in situ*.



2. Análisis en laboratorio





ANEXO III
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



PLAN DE MUESTREO

DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DEL
BARRIO LA PAZ EN NANEGALITO

A. DOCUMENTACIÓN BASE

El presente Plan de Muestro se realizó teniendo en consideración a la siguiente documentación:

- TULSMA: Agua potable y sus requisitos.
- NTE INEN: Muestreo, calidad del agua, manejo y conservación de muestras (2013).

B. PARÁMETROS POR ANALIZAR

Tabla 1: Parámetros in situ de fuentes de abastecimiento

Parámetro	Unidad
Oxígeno disuelto	mg/L
Conductividad	μS/cm
Potencial Hidrógeno	pH
Turbidez	NTU
Temperatura	° C

Tabla 2: Parámetros de análisis en laboratorio de fuentes de abastecimiento

Parámetro	Unidad
DBO	mg/L
DQO	mg/L
Coliformes Fecales	NMP/100 mL
Coliformes Totales	NMP/100 mL
Análisis de sólidos	mg/L
Cloruros	mg/L
Nitratos	mg/L
Nitritos	mg/L
Hierro	mg/L
Sulfatos	mg/L
Fosfatos	mg/L
Manganeso	mg/L

C. PUNTOS DE MUESTREO

Para la ejecución de los puntos de muestreo se debe realizar una visita técnica para la identificación de los componentes del sistema y así tener una idea de cuáles serán los componentes más relevantes o más importantes, por esa razón es necesario tomar en cuenta los criterios para considerar los puntos más idóneos.

Accesibilidad: el acceso al lugar no deberá tener ningún riesgo hacia la persona encargada de la referenciación del punto, además deberá contar con el equipo de protección necesario ya sea el caso de que se precise tomar un punto de muestreo en un lugar con complicaciones

de acceso además de eso se debe asegurar que el paso sea continuo y no existan interferencias.

Identificación: Estos puntos de identificación deben ser muy fáciles de reconocer y deben poseer un punto referencial.

D. GEORREFERENCIACIÓN DE PUNTOS

El punto de muestreo en la fuente cuyo propósito es el consumo humano es:

- El tanque 1
- La última casa

E. METODOLOGÍA DEL MUESTREO

De acuerdo a lo que se dicta en la norma NTE INEN 2169, en la primera revisión del año 2013, los frascos que se van a utilizar deben ser de preferencia de vidrio ámbar, de esa forma se asegura que no haya contaminación cruzada por alguna limpieza incorrecta u otra interferencia.

Los frascos o botellas que se hayan utilizado y que contengan las muestras deben ser enjuagados con el agua del cauce por lo menos 3 veces para después llenarlos con la muestra, Una vez que la recolección se haya hecho coma estas deben ser mantenidas en refrigeración con la ayuda de un *cooler* con hielo en su interior, esto debe ser muy bien tapado y asegurado para evitar accidentes.

La rotulación de cada muestra debe ser claro y se registrará el nombre de la persona que realizó el muestreo, si existen anomalías, si se usó algún agente conservante, la cantidad como en la fecha y el lugar, para que así brinde una interpretación muy clara (INEN 2169, 2013).

- Se tomarán dos muestras del tanque de almacenamiento en botellas de 1 L y de 473 mL, es necesario tener en cuenta que, al momento de la obtención de la muestra, esta debe llegar al tope de la tapa de seguridad, es decir, se debe asegurar que la muestra llene completamente el frasco, sin ningún espacio en donde pueda estar presente el oxígeno.
- La botella Ámbar será para el análisis de DQO y en este se utilizará un agente conservante que es del ácido sulfúrico en el cual se colocarán un par de gotas del ácido en la muestra.
- En un par de frascos estériles de se tomarán las muestras de igual forma para la realización de parámetros microbiológicos, para ello, se debe asegurar que la muestra contenga una cantidad considerable de oxígeno, es decir, que la muestra no debe estar totalmente llena.

Memoria Técnica

de evaluación del sistema primario de abastecimiento del barrio "La Paz" en el Chocó Andino.

Noelia Onofa
Escuela Politécnica Nacional
Agua y Saneamiento Ambiental



Introducción

La Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos.



Fuente de captación



La fuente de captación se encuentra a varios kilómetros lejos del barrio, se desconoce el lugar en donde nace la vertiente, en este lugar se encuentra un tanque colocado rústicamente conectado a tuberías que transportan el agua hacia el tanque de almacenamiento.

Tanque de

almacenamiento

El agua que fue captada viaja varios kilómetros hasta llegar al tanque de almacenamiento, lugar en donde el agua es recolectada y distribuida hacia el barrio, en donde los moradores harán uso de ella, este lugar al igual que en la captación, se trata de un lugar muy rústico y que requiere de mantenimiento continuo.



Casa del barrio



Refugio Paz de las Aves Lodge

Cascadas La Paz

Este es uno de los lugares al que llega el agua que es distribuida, con la finalidad de comprobar si las características del agua durante el viaje han cambiado o no lo han hecho, este lugar funciona como un mirador de aves, por lo que el turismo requiere de un agua agradable a los sentidos. .

Puntos de muestreo

Ese sistema abastece de agua a 8 familias que dan un total de 28 habitantes.

Código	Nombre	Coordenadas UTM	Descripción
P1	Captación	17N 0755353 UTM 9999467	Captación de la vertiente.
P2	Tanque	17N 0755248 UTM 0001226	Tanque de almacenamiento del agua.
P3	Casa	17N 0755248 UTM 0001442	Última casa del barrio.

Calidad del Agua

Parámetro	Unidad	P2	TULSMA	INEN 1108
Turbidez	UNT	0.26	100	5
Potencial Hidrógeno	pH	6.93	6 - 9	—
Oxígeno Disuelto ^a	% Saturación	85	> 80	—
Temperatura	° C	16.59	< 30	—
Conductividad eléctrica ^b	mS/cm	0.087	0.7	—

Calidad del Agua

Resultados *In situ* y comparación con la normativa

En esta tabla se puede observar que en la normativa INEN 1108 no hay muchos parámetros *in situ* para validar, solamente existe la turbidez, que se puede notar que cumple perfectamente con el valor tomando en el tanque de almacenamiento.

De igual manera, en cuanto a la normativa de TULSMA, se observa que los parámetros tomados y analizados en el tanque de almacenamiento también cumplen perfectamente con los valores que indica la normativa.

Calidad del Agua

Parámetro	Unidad	P2	P3	TULSMA	INEN 1108
Sólidos Suspendidos	mg/L	14	88	250	-
Sólidos Disueltos	mg/L	54	8	450	-
Sólidos Totales	mg/L	68	96	1600	-

Calidad del Agua

Resultados de sólidos y comparación con la normativa

En los sólidos suspendidos (SS) se pudo notar que en el tanque de almacenamiento existe una pequeña cantidad de ellos, pero estos fueron aumentando a un gran número conforme pasaban por la línea de distribución hasta la última casa.

Con los sólidos disueltos (SD) pasó lo contrario, en el tanque de almacenamiento existe una gran cantidad de ellos, pero en la última casa, este número se redujo, lo que se supone se debe a que la cantidad de sales inorgánicas fueron disueltas en el agua o que existe algún sistema de tratamiento particular.

Calidad del Agua

Resultados de sólidos y comparación con la normativa

Existe una gran diferencia en los resultados dados en el tanque de almacenamiento y en la última casa, en el tanque se tiene una cantidad considerable de sólidos totales (ST), mientras que en la casa la cantidad de ellos aumentó, por lo que se tiene varias hipótesis, podría haber fugas o roturas en la línea de distribución, la existencia de cajas de revisión o conexiones clandestinas que alteren la calidad del agua, por lo que se recomienda el uso de un desarenador.

Calidad del Agua

Parámetro	Unidad	P2	P3	TULSMA	INEN 1108
Cloruros	mg/L	0.03	0.01	-	-
Nitratos	mg/L	3.3	5.7	50	50
Nitritos	mg/L	0.01	0.02	0.2	3
Sulfatos	mg/L	0	0	500	-

Calidad del Agua

Fosfatos	mg/L	0.8	0.2	-	-
Hierro	mg/L	0.02	0.01	1	-
Manganeso ^a	mg/L	0.03	0.02	0.2	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	4	-	<4	-
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	mg/L	0	-	<2	-

Calidad del Agua

Resultados de parámetros en laboratorio y comparación con la normativa

Se observa que todos los parámetros enlistados cumplen con los requisitos de la normativa TULSMA e INEN 1108.

En cuanto a cloruros, este parámetro no se toma en cuenta en las primeras Tablas del TULSMA, sino en la Tabla 9 en donde tiene un valor de permisible de 1000 mg/L, lo cual nos indica que el valor que fueron tomados en el tanque de almacenamiento y en la casa son mucho menores.

Calidad del Agua

Resultados de parámetros en laboratorio y comparación con la normativa

Los parámetros analizados poseen valores totalmente aceptables comparándolos con las respectivas normativas, esto nos da a entender que el agua cruda es excelente para consumirla, pese a que existen cambios en los resultados, se encuentran dentro de la norma.

Calidad del Agua

Parámetro	Unidad	P2	P3	TULSMA	INEN 1108
Coliformes Totales	NMP/100mL	>23	12	2000	-
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1,1	1,1	1000	Ausencia

Calidad del Agua

Resultados de parámetros biológicos y comparación con la normativa

Al realizar la comparación de los resultados con las normativas, se pudo observar que el valor en la última casa (P3) no cumple con la normativa INEN 1108, por lo que se deduce que el agua en la línea de distribución es contaminada ya sea por fugas, roturas o presencia de algún tipo de animal, debido a esto, es absolutamente necesario incluir un sistema o proceso de desinfección para asegurar que el agua es adecuada para poder consumirla sin temor a alguna enfermedad.

Índice de Calidad del Agua

Parámetro	Resultado medido	Unidad	Wi	Ii de P2	Valor
SDT	54	mg/L	0.08	88	7.04
Turbiedad	0.26	FAU	0.08	98	7.84
Nitratos	3.3	mg/L	0.1	88	8.8
Fosfatos	0.8	mg/L	0.1	55	5.5

Índice de Calidad del Agua

Temperatura	16.59	° C	0.1	9	0.9
DBO	0	mg/L	0.1	100	10
pH	6.93	mg/L	0.12	85	12.75
Coliformes Fecales	0	NMP/100 mL	0.15	100	15
OD	85	% Saturación	0.17	90	15.3

Calidad del Agua

Resultados del Índice de Calidad del Agua

Se realizó el ICA – NSF debido a que los parámetros realizados se acoplan perfectamente, no se usó otro tipo de ICA porque la cantidad de Hierro y Manganeso fue muy por debajo a lo establecido en la Tabla 3 de TULSMA, ya que en la Tabla 1 no se pudo encontrar estos parámetros.

Nueve (9) parámetros han sido analizados para poder conocer el ICA, se realizó en P2, se conocerá la calidad del agua que llega desde la captación.

Calidad del Agua

Resultados del Índice de Calidad del Agua

Valor ICA-NSF: 80,58

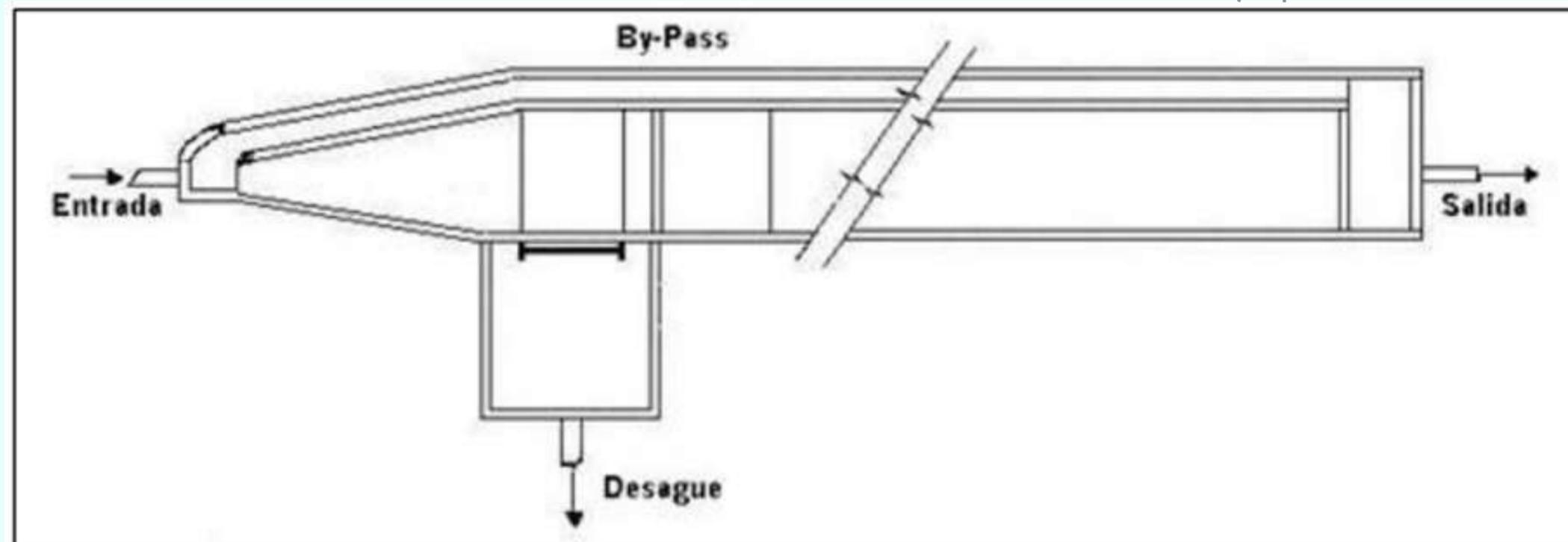
Realizando la suma de los valores de los parámetros el resultado del ICA es de 80,58 que, en la tabla propuesta por Brown, la calidad del agua es buena, pero de igual forma es necesario implementar el sistema de desinfección, debido a que es mejor tratar de aumentar la característica y que llegue a "excelente" de esa forma da mucha más confianza el consumo del agua y las probabilidades de enfermarse del estómago disminuyen significativamente.

Propuesta de mejora

Desarenador

Esta unidad ayudará a sedimentar material particulado, los criterios de diseño para la realización de un desarenador son la relación L/B , H y tiempo de retención.

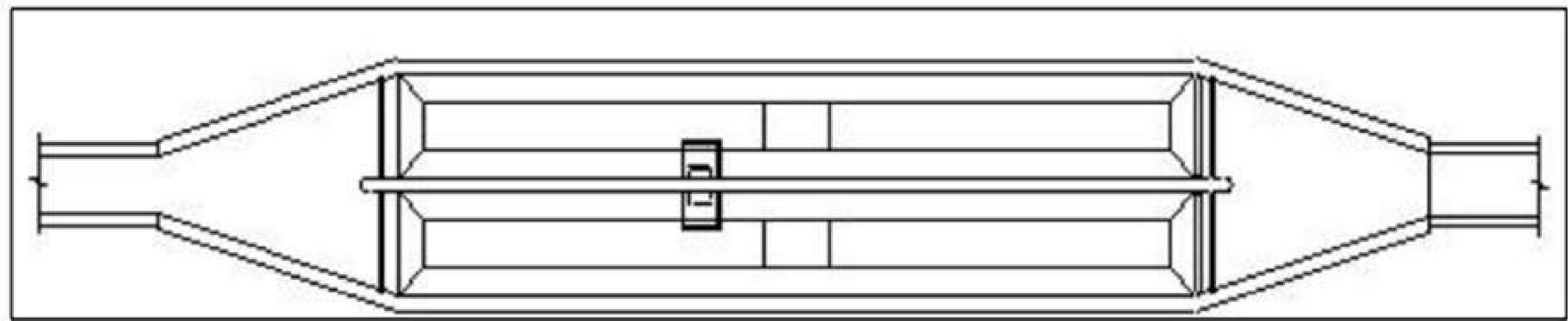
Esquema de desarenador convencional de una unidad con by pass. (Planta):



Propuesta de mejora

Desarenador

Desarenador de dos unidades en paralelo. (Planta):



Propuesta de mejora

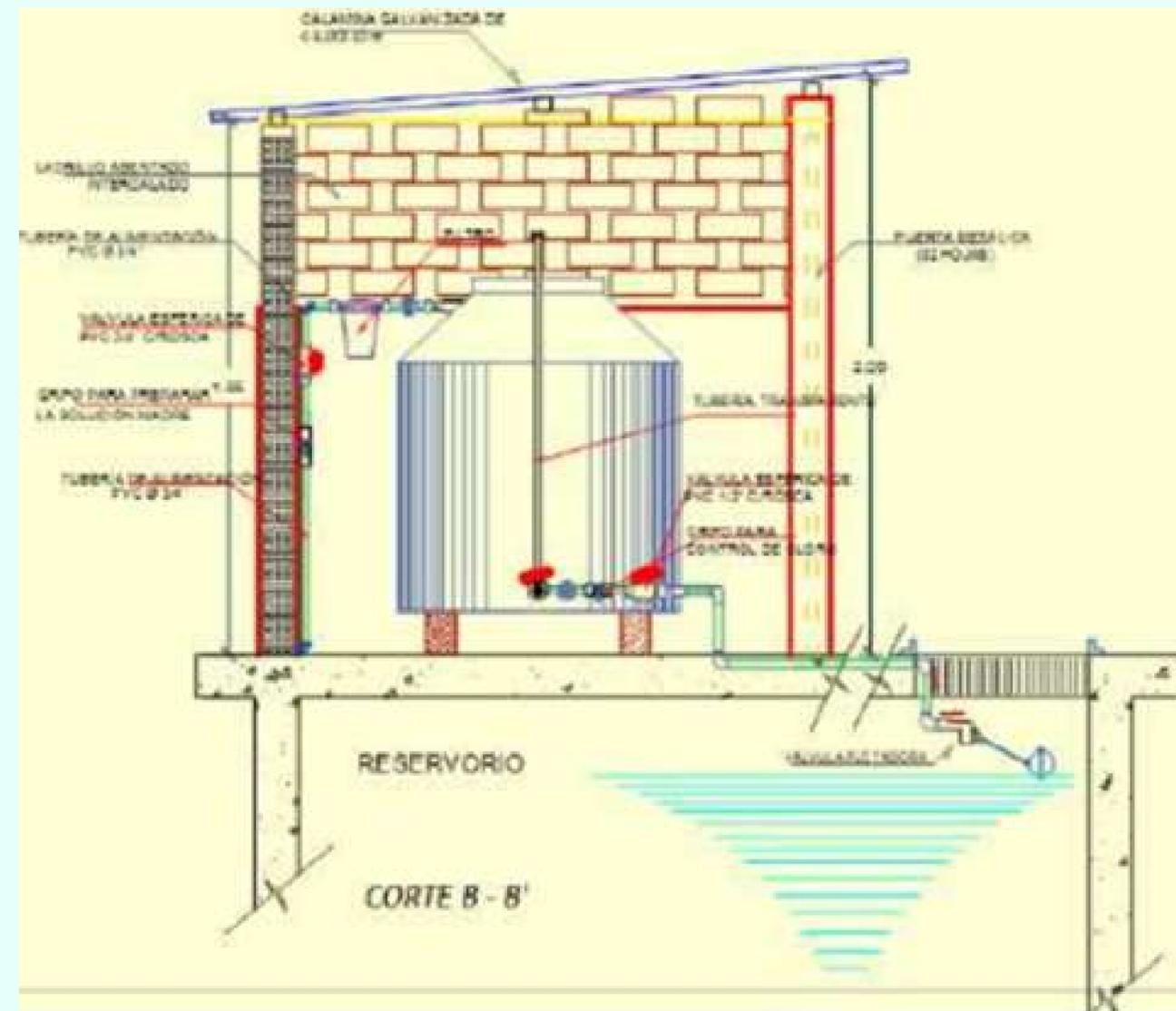
Resultados del desarenador

Gasto (m ³ /s)	B (Ancho)	L (Largo)	H (Profundidad)	PR (min)	Vs (cm/s)	Vd (cm/s)	Vh (cm/s)
0.00057	0.5m	5m	0.4	4.67	2.53	19.58	0.7125

Propuesta de mejora

Hipoclorador por goteo con flotador

Se trata de una tecnología de cloración constituida por accesorios de policloruro de vinilo (PVC) en un tanque en el que se almacena la solución madre.



Propuesta de mejora

Resultados de hipoclorador por goteo con flotador

Unidad	Dosis (mg/L)	K (mg*min/L)	Tiempo de retención calculado. (min)	Tiempo de retención, aproximación. (min)
Hipoclorador	1.4	19	13.57	15

Propuesta de mejora

Resultados de hipoclorador por goteo con flotador

Unidad	Volumen del tanque de solución madre (L)	Concentración Máxima (mg/L)	Caudal de goteo (mL/min)
Hipoclorador	500	84.67	49.60

Conclusiones

- El sistema abastece alrededor de 28 habitantes que consumen agua cruda sin tratamiento alguno, lo cual hace que sean propensos a tener enfermedades.
- Cada vez que llueve el color del agua cambia lo cual provoca rechazo en la comunidad que la ingiere, por lo que se concluye que el desarenador ayudaría a reducir la turbidez en épocas lluviosas.
- Al comparar con las normativas, el parámetro que no cumplió fue el de coliformes fecales en la última casa, que dio un valor de 1,1 NMP/mL, lo que indica que existe contaminación en la línea de conducción y si se sigue abasteciendo agua cruda sin tratamiento haría que el número de coliformes aumenten provocando enfermedades estomacales a la comunidad.
- El hipoclorador como propuesta de desinfección es muy acertada debido a la cantidad de personas que utilizan el agua cruda que se contamina en la línea de conducción.

Conclusiones

- Los moradores del barrio, en su mayoría, no sienten que el agua que llega a sus hogares tiene olores o sabores extraños, lo que indica que el agua cruda que se abastece cumple con los parámetros organolépticos.
- El ICA en el tanque es de 80,58 lo que nos indica que es buena según la clasificación que fue propuesta por Brown, sin embargo, para aumentar el índice de calidad del agua, se requiere realizar cambios en el sistema actual.
- El agua cruda que llega al tanque cumple con los indicadores o parámetros de la normativa sin embargo al transportarse por la línea de conducción hasta la última casa llega con cierto grado de contaminación, por lo que es absolutamente necesaria la implementación del sistema de desinfección.
- Se concluye que se requiere tener un sistema que almacene al agua debido a que en ciertas épocas de año el agua es escasa y la comunidad se encuentra insatisfecha debido a ese tema.

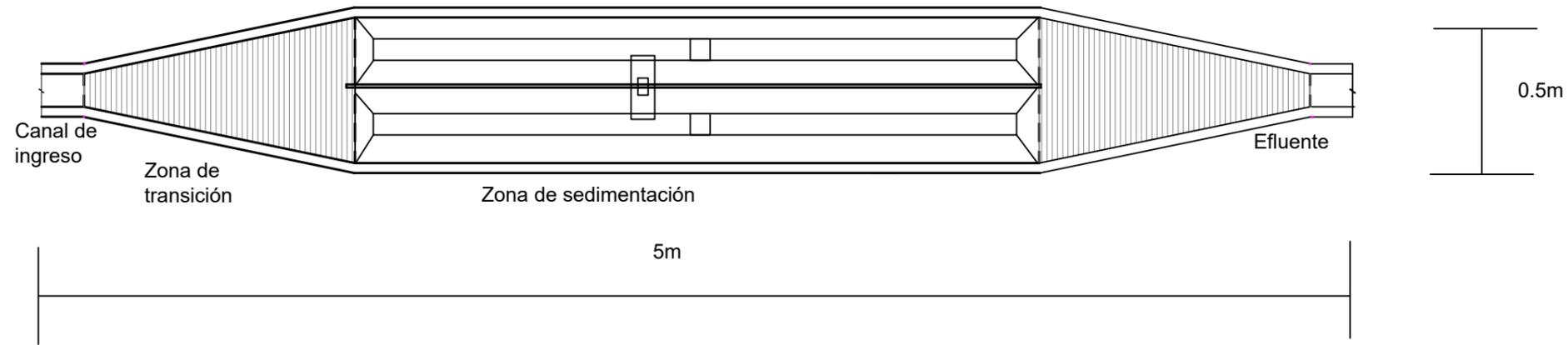
Recomendaciones

- Se recomienda realizar inspecciones regulares por el tanque de almacenamiento
- Es recomendable verificar el estado de las tuberías y reportar posibles fugas.
- Se recomienda el uso del hipoclorador como sistema de desinfección ya que el agua que se abastece es cruda.
- Se recomienda realizar las actividades de mantenimiento y de operación utilizando el equipo de protección personal adecuado
- Es recomendable mostrar y dar capacitaciones a los moradores del barrio para evitar el desperdicio y la mala utilización del recurso.

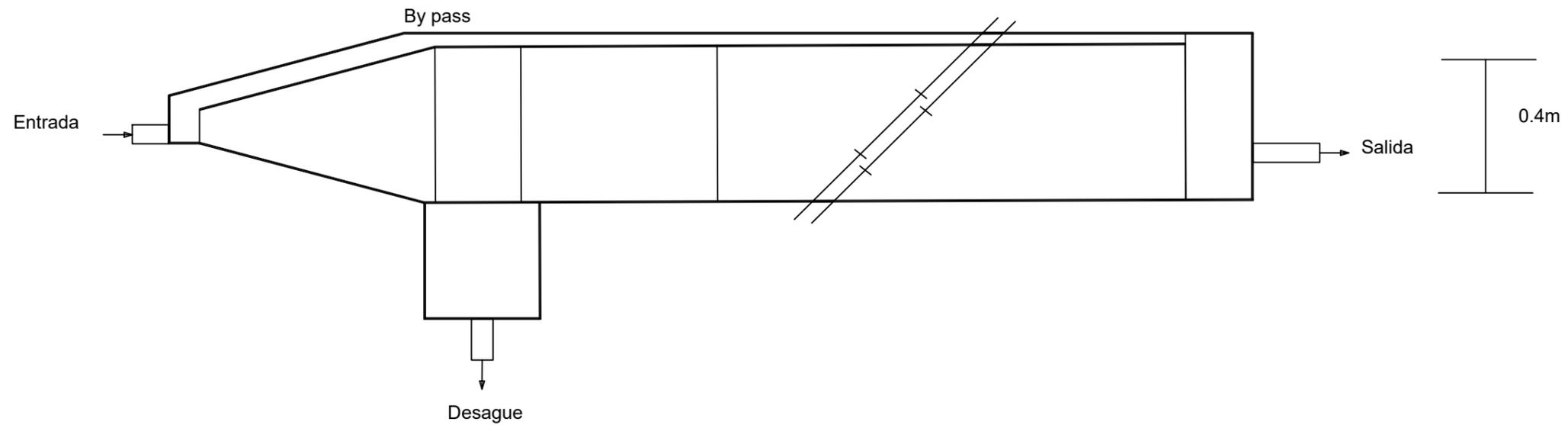
Recomendaciones

- Se recomienda hacer una revisión profunda del sistema de distribución, se debe observar y verificar que no haya cajas de revisión, que algún vecino o usuario haya realizado alguna conexión clandestina y el tubo haya quedado perforado o que las personas posean su propio sistema de almacenamiento que no tiene la higiene adecuada.
- En caso de que alguna casa tenga su propio tanque de almacenamiento este debe tener cuidado especial.
- En el tanque de almacenamiento se debe realizar una limpieza constante debido a que se encuentra rodeado de flora y el agua podría ponerse turbia por las paredes del tanque en el que proliferan microorganismos.
- En la captación también se debe realizar una revisión profunda debido a que se encuentra colocada de forma muy rústica y peligrosa.

Desarenador de 2 unidades en paralelo (Planta)



Desarenador de 1 unidad con by pass (Planta)



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

TECNOLOGÍA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

DESARENADORES

NOMBRE: NOELIA ONOFA

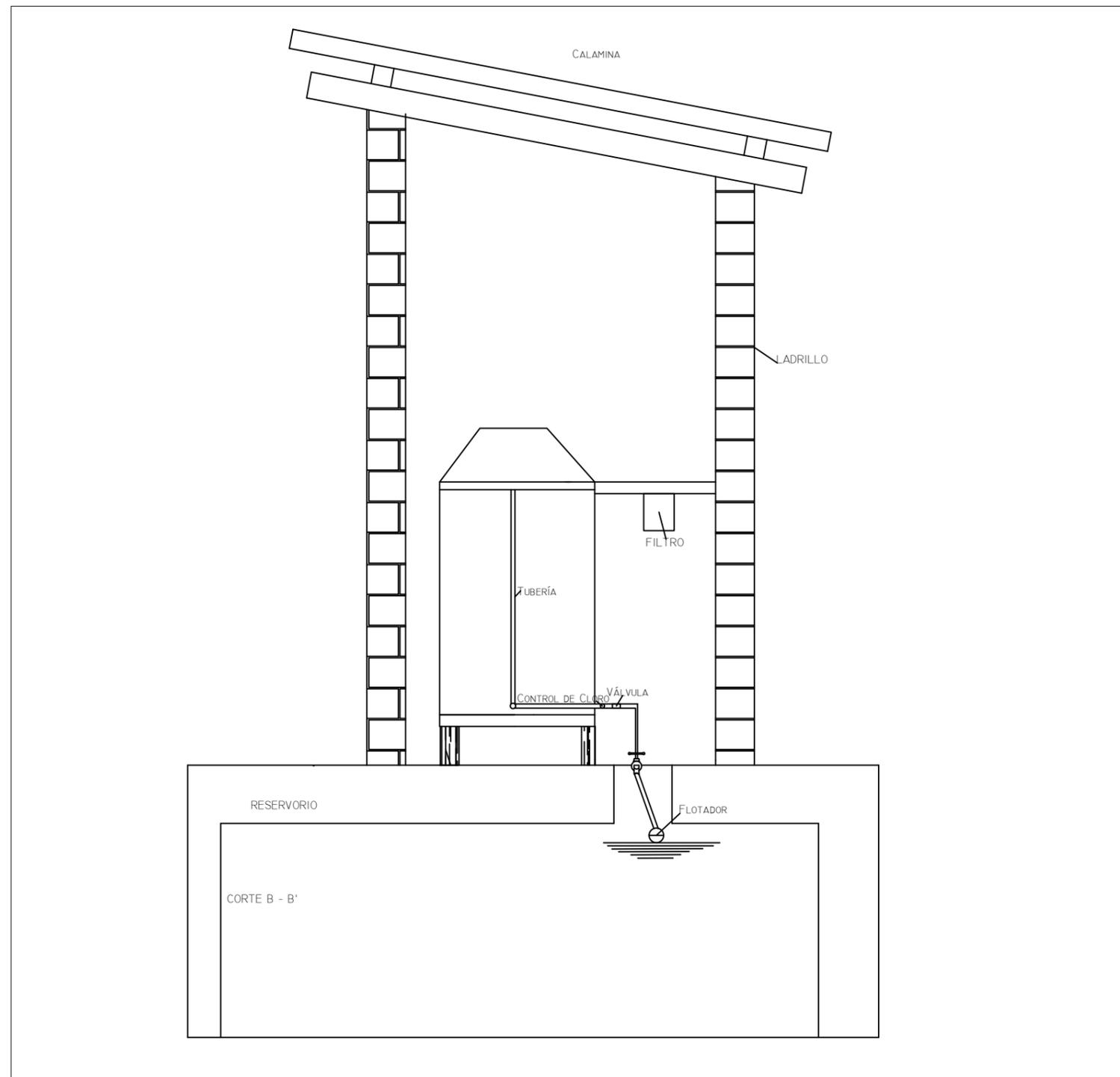
INGENIERO: EDUARDO VÁSQUEZ

ESCALA: 1:1000

FECHA: marzo, 2023

UNIDADES: m

PL. No.: 1



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

TECNOLOGÍA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

HIPOCLORADOR

NOMBRE: NOELIA ONOFA

INGENIERO: EDUARDO VÁSQUEZ

ESCALA: 1:1

FECHA: marzo, 2023

UNIDADES: m

PL. No.: 1