

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **FACTIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO DE LA FUENTE DE AGUA DEL RÍO PACHIJAL PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA DE NANEGALITO-CHOCO ANDINO**

#### **CALIDAD DE AGUA**

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

**BRENDA NICOL CAIZA CABEZAS**

**DIRECTOR: EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES**

**DMQ, MARZO 2023**

## CERTIFICACIONES

Yo, Brenda Nicol Caiza Cabezas 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.



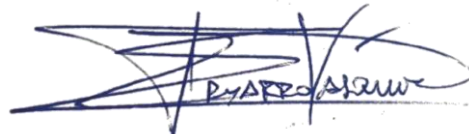
---

BRENDA NICOL CAIZA CABEZAS

brenda.caiza@epn.edu.ec

Brendanicol1999@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por BRENDA NICOL CAIZA CABEZAS, bajo mi supervisión.



---

Ing. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES

DIRECTOR

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.

**BRENDA NICOL CAIZA CABEZAS**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres, Ana y Luis, quienes siempre confiaron en mí y me demostraron su amor incondicional a cada momento. A mis hermanos y abuelitos quienes supieron apoyarme en cada momento difícil.

A mi novio quien fue mi apoyo incondicional en el transcurso de la carrera.

A mis mascotas y amigos.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, a quienes estaré enormemente agradecida, por brindarme su apoyo y cariño, sin ellos esto no podría ser posible.

A mi novio por siempre estar brindándome su amor y respeto.

A mis docentes y en especial a mi tutor el cual siempre se mantuvo brindándome su ayuda incondicional.

A mis amigos, no pude haber escogido un mejor grupo para hacer de esta una experiencia más amena. A todos los antes mencionados, mi amor infinito y respeto.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Contenido	
CERTIFICACIONES.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE ILLUSTRACIONES.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.2 Objetivos específicos.....	1
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	2
1.4.1 Sistemas de abastecimiento para pequeñas poblaciones-urbanas.....	2
1.4.2 Calidad de agua.....	3
Parámetros físicos.....	4
Índice de calidad de agua.....	8
2 METODOLOGÍA.....	8
2.1 Ubicación del proyecto.....	8
2.2.1 Visitas Técnica.....	8
2.2.2 Localización del proyecto.....	9
2.3 Plan de muestreo.....	9
2.4 Evaluación de la calidad del agua.....	9
2.4.1 Análisis <i>in situ</i> .....	9
2.4.2 Análisis en laboratorio.....	11
2.5.1 Selección del sistema de potabilización.....	19
3 RESULTADOS.....	21
3.1 Levantamiento de información.....	21
3.1.1 Visitas técnicas.....	21
3.1.2 Puntos y parámetros de muestreo.....	23
3.1.3 Toma de muestras.....	24

3.1.4	Caudales de consumo .....	24
3.2.1	Resultados de análisis <i>in situ</i> .....	25
3.2.2	Resultados de análisis en laboratorio y comparación con la normativa.....	26
3.2.3	Índice de calidad del agua .....	29
3.2.4	Selección de tipos de uso .....	29
3.3.1	Sistema de desinfección .....	29
3.3.2	Propuesta de mejora .....	31
3.3.3	Presupuesto .....	32
3.3.4	Operación y Mantenimiento .....	35
4	CONCLUSIONES .....	38
5	RECOMENDACIONES .....	39
6	BIBLIOGRAFÍA.....	39
7	REFERENCIAS .....	43
8	ANEXOS .....	46
8.1	ANEXO I. TURNITIN.....	46
8.2	ANEXO II. PLAN DE MUESTREO.....	49
8.3	ANEXO III REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	53
8.4	ANEXO IV. PLANOS .....	58
8.5	ANEXO V. MEMORIA TÉCNICA .....	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros físicos analizados.....	4
Tabla 2: Parámetros químicos analizados.....	5
Tabla 3: Parámetros Biológicos analizados.....	7
Tabla 4: Métodos para determinación en el espectrofotómetro HACH DR1900 .....	14
Tabla 5: Número más probable (NMP), para resultados positivos al realizar 10 repeticiones, con un intervalo de confianza del 95%.....	15
Tabla 6: Valor esperado de la DBO .....	16
Tabla 7: Cantidad de inhibidor de nitrificación.....	17
Tabla 8: Coeficientes de ponderación de parámetros .....	18
Tabla 9: Fórmulas para la obtención del ICA-NSF .....	19
Tabla 10: Criterios de la calidad del agua .....	20
Tabla 11: Coordenadas del proyecto .....	26
Tabla 12: Coordenadas de la captación.....	27
Tabla 13: Datos de población según censos.....	29
Tabla 14: Cálculo de la población futura (Método Gravimétrico) .....	29
Tabla 15: Caudal promedio y máximo.....	29
Tabla 16: Comparación de parámetros in situ con la normativa TULSMA.....	30
Tabla 17: Comparación del TULSMA con Análisis de Sólidos.....	31
Tabla 18: Comparación del TULSMA con los resultados de parámetros biológicos .....	33
Tabla 19: Índice de calidad del Agua- NSF .....	33
Tabla 20: Tiempo de retención del hipo clorador.....	34
Tabla 21: Determinación del volumen que llega al tanque .....	34
Tabla 22: Cantidad de cloro a utilizar en un sistema de desinfección.....	35
Tabla 23: Preparación de la solución madre .....	35
Tabla 24: Determinación del Volumen del tanque de almacenamiento .....	36
Tabla 25: Rubros del Hipo clorador.....	37
Tabla 26: Valor de una bomba dosificadora en el mercado.....	38
Tabla 27: Lista de materiales para el tanque de almacenamiento .....	38
Tabla 28: Lista de accesorios para el tanque de almacenamiento .....	39



## ÍNDICE DE ILLUSTRACIONES

Ilustración 1: Río San José .....	21
Ilustración 2: Hipo clorador .....	22
Ilustración 3: Ubicación de la captación y Tanque de Llegada .....	23
Ilustración 4: Ubicación de la captación .....	24
Ilustración 5: Toma de muestras .....	24
Ilustración 6: Dotaciones recomendadas .....	25
Ilustración 7: Hipoclorador con bomba dosificadora .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Equipo de protección personal.....	36
Figura 2: Materiales para la operación y mantenimiento .....	36

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo determinar la calidad de agua del efluente del Río Pachijal, el Río San José ubicado en la Parroquia de Nanegalíto.

Para cumplir con los objetivos específicos del proyecto se seleccionó un punto de muestreo, el cual se encuentra en el posible sitio de captación de sistema de abastecimiento, a este punto se lo denominó captación (C1), en el cual se midieron parámetros tanto *in situ* como en el laboratorio. Los parámetros que se midieron *in situ* fueron los siguientes: temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y la Turbidez. Por otro lado, los análisis que se realizaron en el laboratorio fueron los siguientes: perfil de sólidos, coliformes fecales y totales, dureza total, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos.

Los resultados que se obtuvieron se los comparó con la normativa vigente para agua cruda siendo el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), además con esta normativa también se logró determinar los diferentes usos que se le puede dar a la fuente analizada.

Mediante el análisis de los resultados de caracterización del agua se propusieron mejoras en el sistema actual, basándose en mejorar la calidad del agua de consumo e implementación de un hipoclorador con un sistema de dosificación de cloro y la actualización del tanque de almacenamiento actual. Además, se determinó el Índice de Calidad del Agua (ICA), el cual permitió identificar el estado en el que se encuentra la fuente hídrica analizada.

Se realizó una memoria técnica la cual va a ser entregada al Gobierno Autónomo Descentralizado de Nanegalito la cual será parte de la información necesaria para actualizar su sistema de abastecimiento actual.

**PALABRAS CLAVE:** calidad de agua, normativa vigente, hipoclorador, análisis, desinfección.

## **ABSTRACT**

The objective of this titling project is to determine the water quality of the effluent of the Pachijal River, the San José River located in the Parish of Nanegalito.

To meet the specific objectives of the project, a sampling point was selected, which is located in the possible catchment site of the supply system, this point was called catchment (C1), in which parameters were measured both in situ and in the laboratory. The parameters measured in situ were the following: temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and turbidity. On the other hand, the analyses performed in the laboratory were the following: solids profile, fecal and total coliforms, total hardness, chlorides, sulfates, phosphates and nitrates.

The results obtained were compared with the current regulations for raw water, the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA), and with these regulations it was also possible to determine the different uses that can be given to the source analyzed.

By analyzing the results of the water characterization, improvements to the current system were proposed, based on improving the quality of drinking water and implementing a hypochlorinator with a chlorine dosing system and updating the current storage tank. In addition, the Water Quality Index (ICA) was determined, which made it possible to identify the state of the analyzed water source.

A technical report was prepared and will be delivered to the Decentralized Autonomous Government of Nanegalito, which will be part of the information needed to update its current water supply system.

**KEY WORDS:** water quality, current regulations, hypochlorination, analysis, disinfection.

# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

En la actualidad las fuentes de abastecimiento ya sean subterráneas o superficiales son muy requeridas, debido al crecimiento poblacional que existe en nuestro país. La carencia del recurso hídrico delimita la obtención de una vida digna para las comunidades.

El sistema de abastecimiento que existe actualmente en la Parroquia de Nanegalito en temporadas de sequía no logra abastecer de forma eficiente a la misma. Es por eso que en el presente proyecto se desarrolla propuestas para mejorar el abastecimiento de la Parroquia de Nanegalito, mediante la comprobación la calidad del agua de una fuente de abastecimiento perteneciente a la cuenca del Río Pachijal.

Los análisis *in situ* y en laboratorio que evaluarán la calidad de agua son: físicos, químicos y microbiológicos. En el Laboratorio de Ingeniería Ambiental (LDIA) y el laboratorio de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), ambos pertenecientes a la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, serán realizados los análisis pertinentes. Con base en los resultados estimaron el Índice de Calidad del Agua (ICA), posteriormente se realizará una comparación de los parámetros analizados con la normativa vigente, asegurándose de que cumpla con los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), normativa que se encuentra vigente en el país. De esta manera se asegura que la fuente sea fiable para la comunidad. Con lo anteriormente mencionado se propondrán operaciones unitarias acorde a las necesidades de producción de agua potable.

Tras la evaluación del índice de calidad del agua y comparación con la normativa vigente, es indispensable un sistema de desinfección, el cual según la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable (EMAAP,2018), es obligatorio para un sistema de potabilización.

## 1.1 Objetivo general

Determinar la factibilidad de aprovechamiento de la fuente de agua del Río Pachijal para el abastecimiento de agua potable en la parroquia de Nanegalito – Chocó Andino.

## 1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el agua del río Pachijal mediante análisis *in situ* y laboratorio.
- Establecer el Índice de Calidad del Agua (ICA) y sus posibles usos dependiendo de la normativa actual.

- Determinar con base en la calidad del agua las posibles operaciones unitarias de potabilización.

### **1.3 Alcance**

La parroquia de Nanegalito cuenta con un sistema de abastecimiento manejado por la EPMAPS, sin embargo, cuando llega la época seca el caudal disminuye, por lo cual no es posible satisfacer la demanda de agua potable a la comunidad, requiriéndose una fuente adicional.

El presente proyecto se enfocará en establecer las características del agua cruda del Río Pachijal, mediante el Índice de calidad del agua y su comparación con la normativa, para con ello determinar su uso como fuente para el abastecimiento de agua potable. También se establecerán posibles operaciones unitarias de tratamiento con base a la caracterización del agua.

### **1.4 Marco teórico**

#### **1.4.1 Sistemas de abastecimiento para pequeñas poblaciones-urbanas**

##### **1.4.1.1 Fuentes de abastecimiento**

Una fuente de abastecimiento de agua es la fase en la que el agua se separa de su ciclo natural para ser usada por el ser humano. Para su selección se debe considerar la calidad y el costo del tratamiento, además de que su uso no perjudique al medio ambiente, ni a poblaciones futuras. (EPA, 2021)

En todas las fuentes de abastecimiento de agua se necesita realizar estudios previos entre ellos se encuentran los climatológicos, hidrológicos, topográficos e información cartográfica. También se deben realizar análisis de las características del agua cruda y verificar sus condiciones geológicas y geotécnicas de la fuente. (EMAAP-Q, 2009)

#### **Tipos de fuentes:**

**Subterráneas:** Son fuentes que se encuentran almacenadas en el subsuelo en forma de poros, grietas y orificios de material rocoso, también conocidos como ojos de agua. (Rodríguez, 2001).

Ejemplos: Manantiales, pozos entre otros.

**Superficiales:** Son fuentes que se encuentran a la intemperie, por ende, están sometidas aun nivel mayor de contaminación natural (arrastre de material y presencia de materia orgánica) y contaminación producida por las actividades humanas (agricultura, descarga de aguas residuales, etc.) (Torres, Cruz, & Pastiño, 2009)

Ejemplos: Ríos, lagos, etc.

#### **1.4.1.2 Componentes de los sistemas**

Un sistema de abastecimiento tiene sus principales componentes. El primer componente es la captación la cual puede ser subterránea o superficial, seguida de la conducción, la cual se encarga de transportar de inicio a fin el agua, ya sea a gravedad o por bombeo, además, de que las conducciones cuentan con accesorios como válvulas (check, de aire, de purga, compuerta, etc.). En el caso de la potabilización, se debe tomar en cuenta que, en cualquier sistema, se debe tener mínimo una desinfección para que el agua pueda ser consumida por el ser humano. Un sistema también debe estar compuesto por una red de distribución, además de tomas y medidores domiciliarios. (SIAPA, 2014)

#### **1.4.1.3 Métodos de potabilización**

Un sistema de potabilización es un conjunto de operaciones unitarias las cuales son utilizadas para depurar el agua y con ello hacerla apta para el consumo humano (EMAAP-Q, 2009).

El sistema requiere tratamientos los cuales son: tratamiento preliminar, el cual acondiciona el agua, seguido de tratamiento primario que reduce los sólidos en suspensión; el tratamiento secundario siendo el más importante debido a que remueve algunos coloides, materia disuelta y nutrientes (Nuevo, 2018). Finalmente tenemos el tratamiento terciario o desinfección, el cual es el requerimiento mínimo que necesita un agua para que consiga ser consumida por el ser humano (EMAAP-Q, 2009).

### **1.4.2 Calidad de agua**

La calidad de agua hace referencia al tipo de uso para el cual va a ser asignada. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) se puede definir a la calidad del agua como las características químicas, biológicas y físicas que tiene el agua en su estado natural (cruda) o ya intervenida por el ser humano. (Matamoros, 2020) Es así que se entiende a la calidad del agua como la capacidad esencial que tiene el agua para responder a los usos que se pueden obtener de ella, dentro de ellos tenemos el consumo humano, riego agrícola, uso pecuario y fines recreativos. (Cilio, Gonzalez, Hernández, & Saúl, 2020)

#### **1.4.2.1 Métodos de determinación de calidad de agua**

La calidad del agua se determina mediante una serie de análisis *in situ* y en laboratorio, los cuales son de carácter cualitativo como por ejemplo la turbidez y el color por otro lado pueden ser de carácter cuantitativo como los sólidos, el pH, la conductividad eléctrica y los coliformes presentes en el agua. (Lenntech, s.f.)

### 1.4.2.2 Selección de parámetros

La determinación de los parámetros debe darse bajo criterios físicos, químicos y biológicos, los cuales consideran la afectación que existe en la fuente de agua (DRH,2017).

#### Parámetros físicos:

Los parámetros físicos corresponden á características que responden a sentidos tales como la vista, el tacto, olfato y gusto. Estos tienen una importante incidencia en la aceptabilidad del agua.

**Tabla 1:**Parámetros físicos analizados

Parámetro	Definición
<b>Turbidez</b>	Es la disminución de la claridad de cualquier líquido por la presenciade partículas que no pertenecen al mismo. Al tener un efecto óptico causa rechazo, por eso es importante su medición y su desinfección. (Acebedo & Hernández, 2013)
<b>Sólidos: Totales, Disueltos, Suspendidos y Volátiles</b>	Los sólidos totales son el residuo tras la evaporación, por otro lado, los sólidos suspendidos son retenidos mediante un filtro; los sólidos disueltos son los que logran atravesar el filtro. La diferencia entre los ellos radica en el tamaño, por un lado, los SS son más grandes y los SD son más pequeños. Los tres solidos totales se evaporan a una temperatura de 105°C. Sin embargo, los volátiles se calcinan a una temperatura 550 °C. (Caminati & Caqui, 2013)
<b>Conductividad Eléctrica</b>	Capacidad que tiene el agua para conducir sales inorgánicas y metales, por lo cual la conductividad eléctrica se convierte en un parámetro importante para la determinación de sales y metales en el agua. (Pérez, 2016)
<b>Temperatura</b>	Parámetro importante debido a que ayuda acelerar o retardar las actividades de los demás parámetros. Las actividades pueden ser: biológicas, procesos de mezcla (sedimentación, floculación, filtración) y desinfección. (Caminati & Caqui, 2013)

#### Parámetros Químicos:

Corresponden a la capacidad que tiene el agua para disolver diferentes sustancias. Para su determinación es necesario un laboratorio certificado.

Los contaminantes químicos están presentes en metales pesados y sustancias cancerígenas. Por otro lado, también pueden crearse productos químicos secundarios mediante el empleo de desinfectantes químicos para la potabilización, los cuales son peligrosos para el consumo humano y para el medio ambiente (Campos, 2000). Es por ello que el análisis de estos parámetros es necesario.

**Tabla 2:** Parámetros químicos analizados

<b>Parámetro</b>	<b>Definición</b>
<b>Demanda biológica de oxígeno (DQO)</b>	Es el parámetro que contribuye a conocer la concentración de materia orgánica en las muestras, mediante la cantidad de oxidante químico que se gastó en el análisis, es decir la cantidad de oxígeno que fue consumida por los microorganismos. (García, Montuy, & Oaxaca, 2008)
<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	Básicamente es la dosis de oxígeno que los microorganismos (bacterias, hongos y plancton) requieren consumir para estabilizar la materia orgánica biodegradable de manera aerobia en el transcurso de cinco días. (IDEAM, 2007)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	Permite la supervivencia de la vida en el agua. Se relaciona con la DBO debido a que se usa para su determinación, además de que si la DBO estuviera irregular el OD (Oxígeno Disuelto) cambia radicalmente, debido a que disminuiría la vida acuática (Vinueza, 2012).
<b>Potencial Hidrógeno</b>	Indica si el líquido se encuentra en medida alcalina o acida, mediante la concentración de iones hidroxilo e iones de hidrógeno. (Contrerás, José, Georgina, Carmen, & Zapata, 2008)  Es uno de los parámetros más importantes, debido a que, para realizar cualquier proceso se necesita de un pH determinado. (Caminati & Caqui, 2013)
<b>Fosfatos</b>	Este ion se forma a partir de fosfato inorgánico el cual es un mineral. Sin embargo, se encuentra en el suelo y en cuerpos de animales acuáticos. Los fosfatos pueden ocasionar graves enfermedades tales como el cáncer y problemas neurodegenerativos, además de generar crecimiento excesivo de algas (eutrofización) en el agua. (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017)



<b>Cloruros</b>	Son sales que combinan un gas de cloro y un metal, su presencia se encuentra bien distribuida en sales de cloruro de: sodio, potasio y calcio. (García et al, 2012) La presencia de cloruros en zonas costeras se da por la filtración de agua de mar, por otro lado, en zonas áridas es causa del lavado de las rocas. Cuando se encuentra concentrado en el agua produce un sabor salado. (NMX-AA-073-SCFI-2001, 2001) (Caminati & Caqui, 2013)
<b>Nitratos-Nitritos</b>	Ambos compuestos son nutrientes. El nitrito generalmente se convierte muy fácil a nitrato, por lo cual no es muy común encontrarlo presente en aguas subterráneas, por otro lado, el nitrato es importante para el crecimiento de plantas, además de ser es excelente fertilizante. (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017)
<b>Sulfatos</b>	Este ion se encuentra comúnmente en zonas en las que se realiza actividad minera, debido a que está presente comúnmente en las rocas de los ríos y suelos. (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017).
<b>Hierro y Manganeseo</b>	El hierro y manganeso son parámetros que causan repulsión en el consumidor, además de que el hierro es más soluble a comparación del manganeso. Al hierro se lo puede distinguir, debido a que el líquido en el que se encuentra se torna de color rojo, debido a la oxidación del hierro, por otro lado, la presencia de manganeso produce en el líquido un color blanquecino (McFarland & Dozier, 1914).

### **Parámetros Biológicos:**

Estos parámetros ayudan a determinar la presencia o ausencia de las bacterias que existen en diferentes fuentes de agua, las cuales pueden causar diferentes tipos de enfermedades para el ser humano.

El agua potable debe estar libre de cualquier contaminación fecal que provenga de origen tanto antrópico como animal. (Rodríguez, 2001)

**Tabla 3:** Parámetros Biológicos analizados

<b>Parámetro</b>	<b>Definición</b>
<b>Coliformes Totales (CT)</b>	Los coliformes totales son bacilos gramnegativos tanto anaerobios como aerobios facultativos. Son fermentadores de lactosa, pero, existen algunos que no la fermentan como por ejemplo la Salmonella Shigella, entre otros. (Pascual, Calderón, & Pascual, 2000) La fermentación en los CT se da a una temperatura de 37°C.
<b>Coliformes Fecales (CF)</b>	Los coliformes fecales son un subgrupo de las coliformes totales, se las denomina termo tolerantes debido a que logran fermentar la lactosa en temperaturas elevadas especialmente a 44 °C, pero pueden desarrollarse en un rango de 43.5-45.5°C. (Pascual, Calderón, & Pascual, 2000). Las CF se encuentran específicamente en el tracto intestinal de fauna de sangre caliente, incluyendo a los humanos, siendo la E. coli la bacteria más común. (Swistock, 2020)

#### **1.4.1.1 Plan de muestro**

El plan de muestreo realiza un seguimiento analítico del estado de cada una de las muestras durante el tiempo en el cual va a ser conservada, almacenada y transportada. Existen varios tipos de muestras “simples, dobles y múltiples”. (López, 2011)

#### **1.4.1.2 Análisis y tipos de análisis**

Los análisis ayudan a caracterizar el agua de manera específica para asegurar la calidad y disponibilidad de esta, para sus diferentes usos. (Eurofins Envira, 2022)

Existen dos tipos de análisis que a continuación se detallaran:

**Análisis *in situ*.** - Hace referencia a los análisis que se miden en el sitio en el cual se hará el muestreo.

**Análisis en laboratorio.** - Son análisis físicos, químicos y biológicos que requieren de equipo especializado para la obtención de resultados.

#### **1.4.1.3 Normativa vigente**

Las normas tienen como objetivo orientar al cumplimiento de lineamientos para que el agua pueda ser consumida por el ser humano. A continuación, detallaremos las normativas que se utilizaron para el presente proyecto.

### **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013**

“En esta norma se definen técnicas y precauciones que se deben tener en cuenta al momento de conservar y transportar las muestras de agua incluidas las muestras para análisis biológicos” (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176, 2013).

#### **Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)**

Esta norma tiene como objetivo mantener el bienestar de todos los ecosistemas, la salud del ser humano, y por lo tanto la calidad del agua. Para cumplir con este objetivo, establece límites máximos permisibles de contaminantes en el agua

#### **Índice de calidad de agua**

El Índice de calidad del agua (ICA) es una herramienta que determina la calidad de las fuentes de agua, mediante parámetros (físicos, químicos y microbiológicos) que tienen diferentes cálculos matemáticos (Torres, Cruz, & Pastiño, 2009). Además, el ICA permite identificar el o los orígenes de la contaminación.

El ICA que se usa para fuentes superficiales es el ICA-NSF, especialmente es usado en ríos, con análisis de parámetros específicos para dicha fuente (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 2016).

.

## **2 METODOLOGÍA**

A continuación, se detalla los métodos que se utilizaron para el proyecto el cual fue realizado en distintas fases, para así poder cumplir con los objetivos propuestos. Se realizó visitas técnicas, revisión de la normativa vigente, cálculos y análisis de resultados.

### **2.1 Ubicación del proyecto**

La parroquia de Nanegalito se encuentra asentada en la provincia de Pichincha, posee una superficie de 125.26 km<sup>2</sup>. Su altitud se encuentra entre los 1400 a 2800 msnm con una temperatura entre 15° y 22° C, dentro de este rincón es posible identificar dos temporadas que se dividen entre los meses de diciembre a mayo época de lluvias, y de junio a noviembre época seca (Nanegalito G. P., 2011).

### **2.2 Levantamiento de información**

El levantamiento de información consiste en la obtención de datos actuales del sistema de abastecimiento y las necesidades de agua que tiene la Parroquia de Nanegalito, por lo que se necesitó información tal como: caudales, datos de población de la población actual para así proponer la o las correctas operaciones unitarias, que se requieran.

#### **2.2.1 Visitas Técnica**

En la primera visita técnica se charló con el representante del GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) de Nanegalito para reconocer los problemas existentes en la comunidad y plantear posibles mejoras.

En una segunda visita técnica se coordinó con el GAD de Nanegalito el recorrido hacia la captación asegurando la accesibilidad y seguridad, de esta forma se pudo definir los puntos de muestreo que sirvieron de base para la planificación de la toma de muestras. Además, también se conoció el tanque de abastecimiento y el sistema de desinfección que se utiliza actualmente en el sistema de abastecimiento.

En la tercera visita técnica junto a un representante del GAD de la parroquia, se efectuó el recorrido a la captación para la medición de los parámetros *in situ* y toma de muestras para los análisis que se realizaron en el laboratorio.

En la cuarta visita se realizó una segunda campaña de muestreo, la cual se llevó a cabo para realizar la verificación de los parámetros que fueron realizados previamente.

### **2.2.2 Localización del proyecto**

Los datos de georreferenciación definieron los puntos de importancia del proyecto con el sistema de posicionamiento global (GPS), el cual estuvo encendido durante todo el recorrido. Los puntos de interés que se tomaron fueron los siguientes: la captación y el tanque donde actualmente se realiza la desinfección.

### **2.3 Plan de muestreo**

Para este proyecto se necesitó conocer la calidad de agua de una fuente superficial, que en este caso es el Río Pachijal. Por ello la planificación permite definir adecuadamente los puntos de muestreo, además de definir los parámetros que deben ser medidos. Por un lado, tenemos análisis *in situ* y son: turbidez, el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica, la temperatura y el pH. Por otro lado, los parámetros que deben ser analizados en laboratorio y son: cloruros, coliformes fecales y totales, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal y sulfatos. Para el presente proyecto se tomó un punto importante, la captación. Para la toma de muestras se utilizó la metodología de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2226:2013, la cual indica cómo realizar el muestreo, la conservación y transportar adecuadamente las muestras. En el Anexo II llamado Plan de Muestreo, se definen los tipos de envases, la cantidad de agua que debe ser recolectada durante el muestreo y cuáles fueron los métodos de muestreo.

### **2.4 Evaluación de la calidad del agua**

#### **2.4.1 Análisis *in situ***

Al llegar a los puntos previamente georreferenciados se procedió a medir los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, pH, temperatura y oxígeno disuelto con el Multiparámetro U52 marca HACH. Por otro lado, para la medición de la turbidez en el agua se realizó con el Turbidímetro 2100Q marca HACH.

Estos parámetros se los midió de la siguiente manera: Al llegar a la captación se tomó la muestra en una jarra siguiendo las directrices de la Norma INEN 2206:2013 en la cual se menciona los métodos y precauciones generales para la toma de muestras. Posteriormente se sumergió el equipo en el agua de muestra, se esperó a que se estabilicen los datos para anotarlos. Es muy importante lavar la sonda con agua destilada y tener mucho cuidado con el electrodo del oxígeno disuelto debido a que su membrana es muy propensa a dañarse. El oxígeno disuelto requiere una corrección debido a la variación que existe en la temperatura y altura de cada sitio de muestreo.

Se utilizó una tabla con concentraciones de oxígeno en distintas temperaturas (Maidana, 2016), y, por otro lado, también la Tabla 7 del Manual HORIBA del multiparámetro U-50, el cual contiene una relación entre la altitud y la presión atmosférica. Dado que las tablas utilizadas no contenían la medición de temperatura ni la altura a la que se encontraba el agua se tuvo que interpolar utilizando la ecuación de la recta.

$$\frac{Y_2 - Y_1}{Y_2 - Y} = \frac{X_2 - X_1}{X_2 - X}$$

Ecuación 1: Ecuación de la recta

También se realizó el cálculo la presión de vapor a la temperatura correspondiente con la ecuación de Antoine:

$$\ln\left(\frac{P_v}{kPa}\right) = A - \frac{B}{T + C}$$

$P_v$ : Presión de vapor (kPa).

T: Temperatura en (Kelvin)

A, B, C parámetros específicos (A= 16,54 B=3985 C=-39)

**Ecuación 2: Presión de Vapor**

Fuente: (Calle, Fidalgo, & Rodriguez, 2021)

Una vez calculada la temperatura, presión atmosférica y de vapor (atm), se calculó la saturación del oxígeno disuelto con la siguiente ecuación:

$$C_S = \bar{C}_S * \frac{P - P_V}{P_{ATM} - P_V} *$$

**Ecuación 3: Corrección de la saturación del oxígeno**

Fuente: (Ramalho, 2003)

$C_s$  = Concentración de saturación del oxígeno (  $\frac{mg}{l}$  ).

$C_s'$  = Concentración de saturación a una atmosfera. (  $\frac{mg}{l}$  ).

$P$  = Presión atmosférica (atm).

$P_v$  = Presión de vapor (atm).

$P_{ATM}$  = Presión correspondiente a una atmosfera (atm).

Por otro lado, para la medición de la turbidez se utilizó el turbidímetro al cual se lo calibró de la siguiente manera: se presionó en “calibración” y se introdujo los estándares de 10,100, 800 NTU en el orden que fueron mencionados. Se realizó la verificación y el equipo estuvo listo para ser utilizado. Una vez calibrado se colocó la muestra hasta la marca que se encuentra en la celda, se la limpió con el paño de microfibra de arriba hacia abajo con mucho cuidado debido a que las celdas son muy propensas a rayarse con facilidad. Una vez limpia la celda se la insertó en el turbidímetro y se pulsó "medir" y anotamos los resultados.

#### **2.4.2 Análisis en laboratorio**

Para los análisis en el laboratorio se procedió de acuerdo al Plan de Muestreo en el Anexo II. Para analizar cada parámetro se consideró las metodologías definidas.

##### **2.4.2.1 Análisis de sólidos**

En cuanto a la determinación de sólidos totales, disueltos y suspendidos, en el laboratorio se etiquetó a los crisoles de la siguiente manera: sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT), de tal manera que se puedan reconocer al momento de la lectura de los resultados y evitar confusiones. En el crisol de sólidos suspendidos se debe colocar una membrana de filtro de 0.45 $\mu$ m. Se procedió atar los crisoles ingresándolos a la estufa previamente calentada a 105°C durante 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo con pinzas se trasladó a los crisoles al desecador durante 2 horas y se los pesó en una balanza analítica.

La muestra se la llevó al laboratorio, fue aclimatada durante 30 minutos, para luego ser homogenizada, para posteriormente colocar 50 (ml) de la misma en el crisol de ST. Se llevó al crisol de ST a la estufa a una temperatura de 105°C. Para la determinación de ST se utilizó la siguiente relación

$$ST = SST + SDT$$

**Ecuación 4:** Relación entre sólidos

**Fuente:** (Metcalf & Eddy, 2003)

Por otro lado, para los sólidos disueltos y suspendidos totales, se utilizó una bomba de vacío y un embudo Büchner conectado a un matraz Kitasato. Se puso la membrana de filtro con mucho cuidado en el embudo, para después prender la bomba de vacío y verter 50 (ml) de la muestra. En el crisol etiquetado por las siglas SST se colocó el filtro y en el SDT se colocó la muestra filtrada que quedó en el matraz Kitasato. Ambos crisoles fueron llevados a la estufa a 105°C conjuntamente con el crisol de ST durante 24 horas.

Una vez transcurrido el tiempo se los colocó a los crisoles en el desecador durante el tiempo establecido para que así logren alcanzar la temperatura ambiente, para posteriormente ser pesados en una balanza analítica y conseguir los resultados de los sólidos analizados mediante la siguiente ecuación:

$$ST = \frac{\text{Masa del plato (mg)} + \text{resido tras evaporación (105°C)} - \text{Plato tarado(mg)}}{\text{Volumen de la muestra (ml)}}$$

**Ecuación 5:** Determinación de Sólidos Totales

**Fuente:** (Metcalf & Eddy, 2003)

La ecuación 5 mencionada anteriormente, se la utilizó también para la determinación de los sólidos suspendidos totales (SST) y los sólidos disueltos totales (SDT).

Para la determinación de los sólidos volátiles, se colocaron los crisoles en una mufla la cual se encontraba a una temperatura de 550°C durante 1 hora. Cuando el tiempo finalizó se transfirió a los crisoles al desecador durante el tiempo anteriormente mencionado, para posteriormente ser pesado en una balanza analítica y se registró los pesos de los sólidos volátiles totales (SVT), sólidos volátiles disueltos (SVD) y sólidos volátiles suspendidos (SVS), los resultados se los obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$SV_x = \frac{\text{Masa del plato (mg)} + \text{combustión (550°C)} - \text{Plato tarado(mg)}}{\text{Volumen de la muestra (L)}}$$

**Ecuación 6:** Determinación de Sólidos Volátiles

**Fuente:** (Metcalf & Eddy, 2003)



#### 2.4.2.2 Análisis de parámetros químicos

Los análisis químicos fueron ejecutados con el espectrofotómetro modelo DR1900 de marca HACH, siguiendo el procedimiento descrito en la novena edición del Manual de análisis de agua de HACH. Todos los parámetros se realizaron de manera similar, es decir,

cada análisis tuvo su par de viales, a una se la utilizó para el blanco y la otra para la muestra. Los métodos utilizados fueron:

**Tabla 4:** Métodos para determinación en el espectrofotómetro HACH DR1900

Parámetro	Método	Rango
Nitritos	8039	Bajo
Fosfatos	8048	Bajo
Sulfatos	8051	Bajo
Manganeso	8149	Bajo
Hierro Total	8008	Normal

Fuente: (HACH, 2019).

#### Análisis de parámetros biológicos

Para este análisis, la muestra fue tomada *in situ* con un recipiente esterilizado, es importante mencionar que este no debe ser curado, debido a que puede existir contaminación cruzada. Al momento de tomar la muestra se la puso en refrigeración lo más pronto posible. Una vez en el laboratorio se procedió a aclimatar la muestra, para posteriormente esterilizar el área con alcohol al 70 % y dos mecheros alrededor, con ayuda de las micropipetas se extrajo 1 ml de la muestra y se colocó en 10 tubos de púrpura de bromocresol. En todo momento la micropipeta estuvo en forma vertical para disminuir el error. Posteriormente solo llevo a la incubadora durante 24 horas.

Una vez transcurridas las 24 horas, un tubo cambio su coloración, por lo que se extrajo 1 ml y se añadió al caldo verde billis brillante con ayuda de un asa bacteriológica, en un medio estéril con mecheros alrededor. Finalmente se llevó a la incubadora durante 48 h a 44 °C. Una vez transcurrió el tiempo no se logró apreciar crecimiento bacteriano en el mismo, debido a que dentro del tubo Durham no se observó ninguna burbuja.

Para su determinación se utilizó la siguiente tabla:

**Tabla 5:** Número más probable (NMP), para resultados positivos al realizar 10 repeticiones, con un intervalo de confianza del 95%.

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).

#### **Preparación de medios de cultivos:**

**Caldo Lactosado con púrpura de bromocresol.** – Este caldo fue usado para la prueba presuntiva, para el cual se pesó en una balanza analítica 6.5 del caldo lactosado y 0.01 g de púrpura de bromocresol, con la ayuda de un balón aforado de 500 ml, se vertió las sustancias previamente pesadas y se procedió aforar el balón. Se obtuvo 50 medios con 10 ml cada uno.

**Caldo con verde billis brillante.** - Este caldo fue usado para la prueba confirmativa, para lo cual pesamos en una balanza analítica 25 g del caldo, posteriormente en un vaso de precipitación de 600 ml con un agitador magnético se lo colocó en un plancha de calentamiento, posteriormente se adicionó la sustancia y se llenó con agua destilada hasta los 500ml, para luego dispensar 10 ml en 50 tubos que dentro de ellos contenían un tubo Durham el cual indica la presencia de coliformes fecales al momento de formarse una burbuja en el interior del mismo.

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Para la determinación DQO se utilizaron 2 ml de muestra y de agua destilada (blanco), los cuales fueron colocados en dos viales marca HACH respectivamente, los viales debían ser agitados, pero con sumo cuidado debido a que al estar dentro ácido sulfúrico tiende a calentarse generando una reacción exotérmica. El blanco fue el primer vial ingresado en el digestor, posteriormente fue ingresado el vial que contenía la muestras. El digestor se encontró a una temperatura de 150 °C durante dos horas. Una vez transcurrido el tiempo los viales fueron colocados en una gradilla durante 30 minutos para que su temperatura disminuya y posteriormente se procedió a leer los resultados con la ayuda de espectrofotómetro HACH UV- Visible, en este equipo se escogió el programa 430: COD LR el cual corresponde a la DQO, se encerocon el vial que contenía agua destilada (blanco) y se leyó los resultados.

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Para este análisis se utilizó el método "OXYTOP", que básicamente consiste en colocar la cantidad de muestra previamente homogenizada, según el valor de la DBO esperado para lo que utilizamos el criterio de la DQO previamente calculada,

**Tabla 6:** Valor esperado de la DBO

<b>Volumen de la muestra (ml)</b>	<b>Factor</b>	<b>Rango de DQO</b>
432	1	0-40
365	2	0-80
250	5	0-200
164	10	0-400
97	20	0-800
43.5	50	0-2000
22.7	100	0-4000

**Fuente:** (Xylem brand, 2019)

Posteriormente se añadieron gotas de inhibidor de nitrificación las cuales se colocó de acuerdo a la tabla 3 acompañadas de un agitador magnético.

**Tabla 7:** Cantidad de inhibidor de nitrificación

<b>Volumen de la muestra</b>	<b>Cantidad de inhibidor de nitrificación</b>	<b>Rango de DQO</b>
432	9	0-40
365	7	0-80
250	5	0-200
164	3	0-400
97	2	0-800
43.5	1	0-2000
22.7	1	0-4000

Fuente: (Xylem brand, 2019)

Después se colocó un capuchón en la botella y en el mismo dos pastillas de hidróxido de sodio, en la botella se colocó el Oxitop asegurándose de que se encuentre bien cerrado, se programó el Oxitop con el factor que nos muestra en la Tabla 2. Finalmente se trasladó la botella a la incubadora durante 5 días a 20 °C, asegurándonos que el agitador magnético y la temperatura se encuentren en correctas condiciones.

Una vez transcurridos los cinco días se procedió a leer los resultados

### **Cloruros**

Para la determinación de cloruros se utilizó un método volumétrico, en el cual colocamos 25 ml de la muestra un matraz Erlenmeyer, 25 ml de nitrato de plata 0.014 N en una bureta y gotas de dicromato de potasio.

Para el procedimiento se colocó el indicador dicromato de potasio para que se torne que la muestra se torne de un color amarillento para posteriormente titular con el nitrato de plata gota por gota hasta observar un cambio de color a un rojo ladrillo. Finalmente anotamos el volumen gastado.

La fórmula que se utilizó para determinar de cloruros es la siguiente:

$$Cl = \frac{(A - B) * N * 34.450}{Volumen\ de\ la\ muestra}$$

### **Ecuación 7:** Determinación de cloruros

Fuente: (Vinasco et al, 2007)

Donde:

A: Disolución del nitrato de plata gastados en la valoración muestra

B: Disolución de nitrato de plata gastados en la valoración del blanco

N: Normalidad del nitrato de plata

### Obtención del Índice de Calidad del Agua

El índice de calidad del agua nos indica el nivel o grado de contaminación en la que se encuentra el agua, con ayuda de medición de parámetros que se clasifican en: material iónico, bacteriológicos, materia orgánica, material suspendido y nutrientes.

El ICA-NSF, brinda criterios de importancia acorde a la influencia del parámetro en el agua, creando así ponderaciones para cada parámetro. Es importante mencionar que en el caso de no existir el valor de algún parámetro la ponderación se considera nula.

**Tabla 8:** Coeficientes de ponderación de parámetros

Parámetro	Importancia
pH	1.0
Color	1.0
Turbiedad	0.5
Grasas y Aceites	2.0
Sólidos Suspendidos	1.0
Sólidos Disueltos	0.5
Conductividad eléctrica	2.0
Alcalinidad	1.0
Dureza Total	1.0

Parámetro	Importancia
Nitrógeno de Nitratos	2.0
Nitrógeno Amoniacal	2.0
Fosfatos Totales	2.0
Oxígeno Disuelto	0.5
DBO	5.0
Coliformes Totales	5.0
Coliformes Fecales	3.0
Coliformes Totales	4.0
SAAM (Tensoactivos)	3.0

Fuente: (SEMARNAT, 2013)

Para la determinación del ICA se utilizó los parámetros que se considerados pertinentes realizar el análisis para la fuente hídrica analizada. A continuación, se detallan las ecuaciones para el cálculo de cada parámetro:

**Tabla 9:** Fórmulas para la obtención del ICA-NSF

N.º	Parámetro	Clasificación	Ecuación	Observación
1	Cloruros	Material iónico	$I_{CI} = 121 (CL)^{-0.223}$	Concentraciones menores a 2.531 se estable un ICA de 100
2	Coliformes fecales	Bacteriológico	$I_{CF} = 97.5 [5(CF)]$	Si el valor es 0 NMP/100 ml se establece un ICA de 100
3	Coliformes Totales		$I_{CT} = 97.5 (CT)^{-0.27}$	Si el valor es 0 NMP/100 ml se establece un ICA de 100
4	Conductividad eléctrica	Material iónico	$I_{CE} = 540 (CE)^{-0.79}$	Concentraciones < 85.60 microhms/cm se asigna un ICA del 100
5	DBO <sub>5</sub>	Materia orgánica	$I_{DBO} = 120 (DBO)^{-0.673}$	Se asigna un valor ICA de 100 a concentraciones < ; = A 1.311mg/L
6	Dureza Total	Material iónico	$I_{DT} = 10^{1.974-0.00174 (DT)}$	Concentraciones >2500mg/l se asigna un ICA=0
7	Fosfatos	Nutrientes	$I_{PO_4} = 34.215 (PO_4)^{-0.46}$	Se asigna un valor ICA de 100 a concentraciones < , = A 0.0971 mg/l
8	Nitratos	Nutrientes	$I_{N-NO_3} = 162.2 (N-NO_3)^{-0.343}$	Se asigna un valor ICA de 100 a concentraciones < 4.097mg/l
9	Oxígeno Disuelto	Materia Orgánica	$I_{OD} = (OD/OD_{Sat}) \times 100$	OD (mg/L) a T (°C) de campo. OD sat = OD de saturación (mg/L)
10	Potencial Hidrogeno	Material iónico	$I_{pH} = 10^{0.2335pH + 0.44}$ $I_{pH} = 100$ $I_{pH} = 10^{4.22-0.293 pH}$	Si el pH es <6.7 Si el pH 6.7-7.3 Si el pH es >7.3

11	Sólidos Disueltos	Material iónico	$I_{SD} = 109.1 - 0.0175 (SD)$	Concentraciones <520mg/l se asigna un ICA de 100, para las >6234mg/l se asignará 0
12	Sólidos Suspendidos	Material Suspendido	$I_{SS} = 266.5 (SS)^{-0.37}$	Se asigna un valor ICA de 100 a concentraciones < 14.144mg/l
13	Turbidez	Material Suspendido	$I_T = 108 (T)^{-0.178}$	Concentraciones < 1.54 NTU se asignará un valor de ICA de 100

Fuente: (Peñafiel,2014)

Una vez se calculó los parámetros individualmente se debe determinar el ICA global para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:






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

**Ecuación 8: ICA GLOBAL**

Fuente: (Semarmap, Comisión del Agua,1999)

A continuación, se muestra una tabla la cual nos indica criterios que se toman para la calidad del agua

**Tabla 10:** Criterios de la calidad del agua

Calidad de agua	Límites	
Excelente	91-100	
Buena	71-90	
Regular	51-70	
Mala	26-50	
Pésima	0-25	

Fuente: (Jimenez & Vélez, 2016)

## 2.5 Producción de agua potable

### 2.5.1 Selección del sistema de potabilización

#### Estimación Poblacional

El método gravimétrico supone la población que va aumentar proporcionalmente durante un periodo de tiempo (Cualla, 2003). La información fue tomada de la página web del INNEC, con datos desde el año 1990 hasta el 2010, por lo que se determinó la población hasta el año 2053

Las fórmulas utilizadas para la proyección de población fueron las siguientes:

$$P_t = P_{tf} * (1 + r)^{(t-tf)}$$

**Ecuación 9:** Cálculo de población futura (Método Gravimétrico)

**Fuente:** (Cualla, 2003)

Donde:

r= tasa de crecimiento geométrico.

P<sub>t</sub>= población proyectada en el año que se estimada.

P<sub>tf</sub>= población del último año de censo.

t<sub>f</sub>= año de último censo.

t= año del primer censo de referencia.

$$r_{tf-ti} = \left( \frac{P_{tf}}{P_{ti}} \right)^{\left( \frac{1}{tf-ti} \right)} - 1$$

**Ecuación 10:** Tasa de crecimiento geométrico

**Fuente:** (Cualla, 2003)

Donde:

t<sub>f</sub>= año del primer censo de referencia.

P<sub>ti</sub>= población del primer año de censo de referencia.

P<sub>tf</sub>= población al último año de censo.

t<sub>i</sub>= año de referencia.

$$P_t = P_{tf} * (1 + r)^{(t-tf)}$$

#### Hipoclorador por goteo

Al hipo clorador por goteo se lo escogió debido a que el sistema necesita de una



desinfección. Al ser una tecnología simple y efectiva para (EMAAP, 2008), el objetivo.

Para la evaluación del tiempo se necesitó del factor K, de la temperatura y el pH

El factor K se obtuvo de estudios realizados por la Norma de la EMAAP-Q. En la “Sección desinfección” se encuentra el cuadro 6.2, de donde se tomó el valor según la cantidad de cloro (mg/l) que va a ser aplicada con respecto a la temperatura de la captación. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$K = C * T$$

**Ecuación 11:** Tiempo de retención

**Fuente:** (EMAAP, 2008)

Además del tiempo se necesitó obtener el caudal de la zona, y se lo obtuvo de la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{promedio}} = \frac{\text{Consumo total} \left( \frac{\text{L}}{\text{hab. d.}} \right) \cdot \text{Población (hab.)}}{86400 \text{ s/d}}$$

**Ecuación 12:** Cálculo promedio.

**Fuente:** (EMAAP, 2008)

Para posteriormente obtener el caudal medio para el cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{máx. diario}} = k_1 \cdot Q_{\text{promedio}}$$

**Ecuación 13:** Cálculo caudal máx. diario.

**Fuente:** (EMAAP, 2008)

Luego se calculó el volumen de agua que se va a utilizar de la siguiente manera:

$$V = Q_{\text{mx}} \times T$$

**Ecuación 14:** Volumen de agua

**Fuente:** (Ministerio de Vivienda, Construcción y Sanamiento, 2021)

Se necesitó también conocer la cantidad de hipoclorito de calcio al 70%, por lo que se la obtuvo de la siguiente formula:

$$P = \frac{C * V}{(\% \text{ de Cloro}) * 10}$$

**Ecuación 15:** Cantidad de hipoclorito de calcio

Fuente: (COSUDE, 2017)

Se verificó la concentración máxima debido a que no puede exceder los 5000 mg/l.

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

**Ecuación 16:** Concentración máxima de la solución clorada

Fuente: (COSUDE, 2017)

Donde:

P (gr) = peso de hipoclorito de calcio encontrado con las fórmulas anteriores

% de cloro = concentración de hipoclorito de calcio, en este caso 70

$V_{tc}$  = volumen de solución madre del tanque del hipoclorador por goteo con flotador

Una vez constituida la cantidad de hipoclorito de calcio y comprobado que exista una concentración adecuada, se calculó el caudal de goteo:

$$Q_g = \frac{V_{tc} \text{ (ml)}}{T \text{ (s)}}$$

**Ecuación 17:** Caudal de goteo

Fuente: (COSUDE, 2017)

Donde:

$V_{tc}$  = volumen del tanque del hipo clorador por goteo con flotador, en mililitros

T = Tiempo de goteo (igual al período de recarga), en segundos

Para el tanque de almacenamiento con los respectivos cálculos analizados se calculó el volumen teórico con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{t}{Q_{prom}}$$

**Ecuación 18:** Volumen teórico

**Fuente:** (COSUDE, 2017).

Donde:

V= Volumen teórico (m<sup>3</sup>)

t= tiempo de retención (s)

Q<sub>prom</sub>= Caudal promedio

Finalmente se comparó con el tanque de almacenamiento actual y se propuso una mejora.

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Levantamiento de información**

##### **3.1.1 Visitas técnicas**

El recorrido a la captación no es de fácil acceso, debido a que se encuentran dificultades en el acceso hacia el mismo. Se logró abrir paso con un representante del GAD de Nanegalito. Al llegar a la captación no se observó ninguna fuente de contaminación que pudiera existir a su alrededor.

El Río San José se encuentra en Nanegalito, al norte de Quito.



**Ilustración 1:** Río San José

A 6.15 km de la captación se encuentra un tanque de cloración con capacidad de 250 L, junto al tanque del sistema de cloración se encuentra enterrado el tanque de almacenamiento con una capacidad de 8 m<sup>3</sup>. El sistema de desinfección es un hipo clorador por goteo que actualmente no se encuentra en funcionamiento.



**Ilustración 2:** Hipoclorador

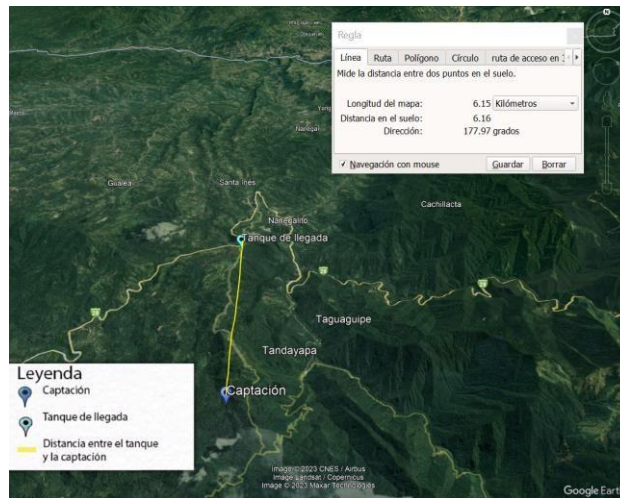
Las ubicaciones geolocalizadas que se obtuvieron en las visitas técnicas fueron la captación y el tanque de llegada.

La coordenada de la captación sirvió para definir el punto de muestreo.

**Tabla 11:** Coordenadas del proyecto

Lugar	Zona	Este	Sur	Elevación (m)
Captación	17 M	756863	9998938	2123
Lugar	Zona	Este	Norte	Elevación (m)
Tanque de llegada	17 N	756612	4795	1991

A continuación, se muestra la distancia que tiene la captación hasta el tanque de desinfección que se utiliza actualmente para la Parroquia.



**Ilustración 3:** Ubicación de la captación y Tanque de Llegada

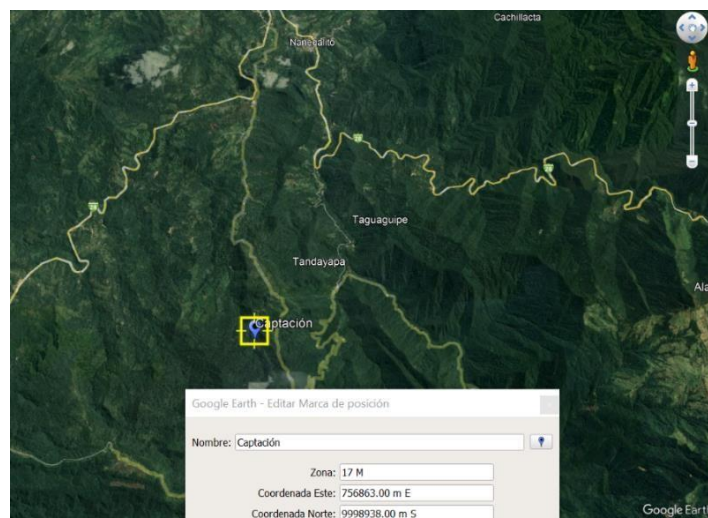
### 3.1.2 Puntos y parámetros de muestreo

La captación se encuentra en la zona 18N a 2123 msnm, siendo esta un río, a continuación, se detalla el punto de muestreo:

**Tabla 12:** Coordenadas de la captación

Nombre	Coordenadas UTM	Descripción
Captación	18 756612 4795	Captación del efluente del Río Pachijal

Se presentan las coordenadas insertadas en Google Earth:



**Ilustración 4:** Ubicación de la captación

### 3.1.3 Toma de muestras

Al llegar a la captación se procedió la toma de muestras siguiendo el Plan de muestreo que se encuentra en el Anexo II.



**Ilustración 5:** Toma de muestras

### 3.1.4 Caudales de consumo

El caudal de consumo se lo define también como la dotación de agua potable que es consumida por una cada habitante, por lo que se la obtuvo de la siguiente manera:

La dotación se la obtuvo de la Norma del Código Ecuatoriano INEN 5, Parte 9, Tabla 3

<b>POBLACIÓN (habitantes)</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)</b>
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

**Ilustración 6:** Dotaciones recomendadas

**Fuente:** (INEN, 2018)

La dotación de agua corresponde a 160 l/hab/día según nos dice la Norma INEN: 2018, debido esta zona tiene un climatemplado y sus habitantes no sobrepasan las 5000 personas.

Por otro lado, para la población futura se utilizaron datos de la siguiente tabla:

**Tabla 13:** Datos de población según censos

Año	Población total
1990	2358
2001	2474
2010	3026

**Fuente:** (INEC, 2010)

Para los siguientes datos se uso las ecuaciones 9 y 10 para proyectar la población mediante el método gravimétrico.

Una vez obtenidos los datos de población, se realizó el cálculo de la población futura para el año 2053 con el método geométrico

**Tabla 14:** Cálculo de la población futura (Método Gravimétrico)

<b>Método Geométrico</b>		<b>Población proyectada</b>				
<b>Pci</b>	<b>r</b>	<b>2011</b>	<b>2021</b>	<b>2031</b>	<b>2041</b>	<b>2053</b>
1990	0.01255	3064	3471	3932	4454	5173
2001	0.02263	3094	3871	4841	6056	7921
<b>Promedio</b>	<b>0.01759</b>	<b>3079</b>	<b>3671</b>	<b>4387</b>	<b>5255</b>	<b>6547</b>

Con este dato se pudo calcular el caudal promedio y máximo como se muestra a continuación:

**Tabla 15:** Caudal promedio y máximo

K1 Coef. de consumo diario	Población (hab)	Dotación (L/ Hab*día)	Q promedio (L/s)	Q máximo diario (L/s)
1,25	6547	160	12,120	15,15

### 3.2 Evaluación de calidad del agua

Este apartado requiere de una comparación entre los parámetros tomados *in situ* y en el laboratorio con la normativa vigente.



### 3.2.1 Resultados de análisis *in situ*

**Tabla 16:** Comparación de parámetros *in situ* con la normativa TULSMA

Parámetro	Unidad	Datos	Límite máximo permisible (TULSMA)			
			Consumo humano	Riego agrícola	Uso pecuario	Fines Recreativos
Temperatura	°C	15.46	-	-	-	-
pH	pH	7.56	6-9	6-9	-	6.5-8.3
Conductividad	μS/cm	65	-	-	-	-
	Medido	mg/L	5.59	-	3	-
Oxígeno Disuelto	Saturado calculado	% saturación	73.71	-	-	-
Turbidez	NTU	7	100	5	-	-

Los valores obtenidos en los parámetros medidos *in situ*, a diferencia del oxígeno disuelto medido, no muestran ningún valor fuera del límite permisible. Por otro lado, el oxígeno disuelto es muy importante debido a que es esencial para la supervivencia de los animales en las fuentes.

Se debe tomar en cuenta que en aguas superficiales el OD tiende a variar significativamente debido a que, depende de factores tales como: el clima, la hora, etc. Es por ello, que no es muy alarmante la cantidad que fue medida de oxígeno disuelto *in-situ*, porque podría bajar su concentración, por lo factores anteriormente mencionados y así poder cumplir con la normativa vigente.

### 3.2.2 Resultados de análisis en laboratorio y comparación con la normativa

#### Análisis de Sólidos

La cantidad de sólidos que se presentan en el análisis determinan la cantidad de operaciones unitarias que se deben necesitar para su remoción.

**Tabla 15: Perfil de Sólidos**

Sólidos	Unidad	Valor
Totales	mg/L	98
Disueltos Totales	mg/L	78
Suspendidos Totales	mg/L	20
Disueltos Volátiles	mg/L	34
Suspendidos Volátiles	mg/L	36
Volátiles Totales	mg/L	70

**Tabla 17: Comparación del TULSMA con Análisis de Sólidos**

Parámetro	Unidad	Datos	Límite máximo permisible (TULSMA)			
			Consumo humano	Riego agrícola	Uso pecuario	Fines Recreativos
Sólidos Totales	mg/L	98	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	78	-	-	3000	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	20	-	-	-	-

La Tabla 5 del TULSMA la cual corresponde a uso pecuario, fue la referencia debido a que es en la tabla se encuentran límites permisibles para los sólidos disueltos totales. El valor que se obtuvo de (SDT) es de 78 mg/L, por lo que se encuentra en un rango permisible.

Se determina menor presencia de sólidos disueltos volátiles a comparación de los sólidos suspendidos volátiles, por lo que no se vería afectada la fuente debido a que los SSV son los que producen reducción del oxígeno disuelto. Por otro lado, existe una gran cantidad de sólidos disueltos a comparación de los suspendidos totales, por lo que existe grandes cantidades de sales inorgánicas tales como: calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos.

### **Análisis de parámetros químicos**

Los parámetros analizados fueron los esenciales, debido a que la fuente hídrica, no mostro demasiada contaminación a simple vista, por lo que se realizaron los parámetros que se muestran a continuación:

**Tabla 17:** Comparación del TULSMA con los resultados de parámetros químicos

Parámetro	Unidad	Datos	Límite máximo permisible (TULSMA)			
			Consumo humano	Riego agrícola	Uso pecuario	Fines Recreativos
Análisis de parámetros químicos						
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	0	<4	-	-	-
Demanda de Biológica Oxígeno (DBO)	mg/L	-	<2	-	-	-
Oxígeno Disuelto	%saturación	73.71	-	-	-	<80
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.56		3		
Manganeso	mg/L	0.037	-	0.2	-	-
Nitritos	mg/L	0.018	0.2	0.5	0.2	-
Nitratos	mg/L	3.5	50	-	50	-
Sulfatos	mg/L	-	500	250		-
Fosfatos	mg/L	0.22	-	-	-	-
Hierro	mg/L	0.11	1	-	-	-
Cloruros		9.93	-	-	-	-

Todos los parámetros químicos analizados en la captación se encuentran bajo límites máximos permisibles, a excepción del oxígeno disuelto para el uso en el riego agrícola y por otra casi llegando al límite para uso en fines recreativos.

Altas concentraciones de oxígeno disuelto pueden ocasionar muerte en la vida acuática debido a que este factor determina la existencia de condiciones aerobias en el medio particular, pero se debe tomar en cuenta que en las aguas superficiales tiene de a variar, por lo que tiende a bajar su concentración.

### **Análisis de parámetros biológicos**

Para los análisis se realizó una prueba presuntiva la cual determina la existencia de coliformes, seguida de una prueba confirmativa la cual determinó la presencia de coliformes fecales y totales.

En la prueba presuntiva se utilizaron 10 tubos en un medio de cultivo llamado caldo lactosado con purpura de bromocresol, de los cuales uno de ellos tuvo un cambio en su coloración, por lo cual es positivo, por lo que revisando la Tabla 5, nos da un resultado de 1.1 NMP/ml.

Posteriormente se realizó la prueba confirmativa para el tubo positivo, el cual en el momento de la lectura no presentó burbuja en el tubo Durham, dándonos un resultado negativo, el cual nos da un resultado de < 1.1 NMP/ml de coliformes fecales en el efluente.

**Tabla 18:** Comparación del TULSMA con los resultados de parámetros biológicos

Parámetro	Unidad	Datos	Límite máximo permisible (TULSMA)			
			Consumo humano	Riego agrícola	Uso pecuario	Fines Recreativos
Coliformes fecales	NMP (Número Más Probable) / 100ml	<1.1	1000	1000	1000	200
Coliformes totales	NMP/ 100ml	1.1	-	-	-	2000

En la comparación con la normativa TULSMA, se observa que ambos valores al ser cuantificados cumplen con la normativa, por lo que se puede confirmar que el agua de la captación puede ser usada para el riego agrícola, uso pecuario, consumo humano y hasta fines recreativos.

### 3.2.3 Índice de calidad del agua

Para la determinación de Índice de Calidad del Agua, se utilizó el ICA-NSF debido a que está enfocado en fuentes superficiales.

Se utilizaron trece (13) parámetros. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el análisis del punto seleccionado para el muestreo.

**Tabla 19:** Índice de calidad del Agua- NSF

PARÁMETRO	I <sub>Cl</sub>	I <sub>CF</sub>	I <sub>CT</sub>	I <sub>CE</sub>	I <sub>DBO</sub>	I <sub>DT</sub>	I <sub>PO4</sub>	I <sub>N-N03</sub>	I <sub>OD</sub>	I <sub>pH</sub>	I <sub>SD</sub>	I <sub>SS</sub>	I <sub>T</sub>	
<b>IMPORTANCIA</b>	0,5	4	3	2	5	1	2	2	5	1	1	0,5	0,5	27,5
<b>TOTAL</b>	36,2	400	285,1	200	500	94,2	137,3	200	368,5	93,2	100	43,9	38,09	2496,67
<b>VALOR</b>	9,92	0	1,1	0,11	0	0	0,22	0,35	5,59	6,55	78	20	7,1	
<b>ICA GLOBAL</b>														<b>90,79</b>

Se obtuvo un ICA GLOBAL, que según los criterios de calidad del agua mencionados en la Tabla 10 del presente trabajo, se considera de calidad "Buena". Al no tener exceso o presencia de material iónico, materia suspendida, nutrientes o coliformes, solo necesita de la implementación de un sistema de desinfección, para lograr así la confianza de su consumo, o de cualquier otro uso para el cual sea requerida.

### 3.2.4 Selección de tipos de uso

Según la comparación realizada anteriormente y debido a que no existe ningún parámetro fuera de rango, la calidad del agua de Rio San José se encuentra en buen estado por lo que es apta para ser consumida por la Parroquia, además de ser utilizadas para fines recreativos, uso pecuario y riego agrícola.

## 3.3 Producción de agua potable

### 3.3.1 Sistema de desinfección

#### Hipoclorador

Se propone implementar este sistema de desinfección para actualizar el sistema que se encuentra en funcionamiento, el cual debió ser diseñado para un caudal menor, ya que este debe contar con una dosificación de cloro constante según estudios realizados por la Norma de la EMAAP-Q, el cual establece que se debe utilizar dicha tabla debido a que nuestra turbidez se encuentra menor a 1 UNT, por ende se escogió la concentración mínima de cloro aplicada que es 0.4 mg/L con un factor K de 20 , con esto se pudo delimitar el tiempo de retención con relación a la temperatura y pH correspondiente de la captación de la siguiente manera:

**Tabla 20:** Tiempo de retención del hipo clorador

Temperatura °C	pH	K	Concentración (C)	t=k/C (min)
15,84	6.55	20	0.4	25

**Tabla 21:** Determinación del volumen que llega al tanque

K1 Coef. de consumo diario	Población (hab)	Dotación (L/hab*día)	Q promedio (L/s)	Q máximo diario (L/s)	Tiempo de recarga (Días)	V= Qmd* Tr (L)	V (m3)
1,25	6547	160	12,120	15,16	7	9162720	9163

El coeficiente de consumo diario (K1) se lo adquirió de (Secretaría del Agua)

Una vez obtenido el volumen de agua que se desinfecta durante un tiempo de recarga de 7 días se propone utilizar hipoclorito de calcio al 70%, debido a que el hipoclorador por goteo tiene su nombre por el uso de cloro en esta presentación. Además, el hipoclorito de calcio tiene una mayor concentración de cloro que el hipoclorito de sodio; esto hace que se puede tener una recarga más espaciada en días. Además, es fácil adquisición en el mercado. A continuación, se detallan los cálculos para determinar la cantidad de hipoclorito que se necesita para una correcta desinfección:

**Tabla 22:** Cantidad de cloro a utilizar en un sistema de desinfección

Concentración teórica (mg/l)	% Cloro (65-70)	$P = C \cdot V / (\% \text{Cloro}) \cdot 10$ (gr)	(kg)
0,8	70	10471,680	10,47

En la Tabla 21. se determinó la cantidad de cloro que se necesita para que el sistema cumpla con una correcta desinfección.

**Tabla 23:** Preparación de la solución madre

Volumen de solución Clorada (L)	K1	Caudal de dosificación		
		Porcentaje	Concentración Máxima (mg/L)	Q goteo (ml/s)
2000	1,25	0,7	3665,088	3.3

Tenemos como resultado una dosificación, la cual debe ser recargada cada 7 días en un tanque de 2000 m<sup>3</sup> con 10.47 kg de cloro, con un caudal de goteo de 3.3 ml/s

**Tabla 24:** Determinación del Volumen del tanque de almacenamiento

Volumen del tanque de almacenamiento (m <sup>3</sup> )	Volumen Teórico (m <sup>3</sup> )
8	36,36

El tanque que es utilizado actualmente no es capaz de almacenar la capacidad que se requiere, es por ello que se requiere ampliar el tanque.

### **3.3.2 Propuesta de mejora**

Para el sistema de potabilización de la captación no necesita de operaciones unitarias tales como: coagulación, floculación, sedimentación o filtros debido a que el índice de calidad del agua se considera "bueno". Es por ello que solo se considera implementar un sistema de desinfección debido a que es un requisito mínimo en un sistema de potabilización

El tanque de almacenamiento actual es muy pequeño, es por ello que se necesita implementar un tanque de 36.36 m<sup>3</sup>, para lo cual se propone utilizar un tanque de reserva de ferrocemento de 40m<sup>3</sup> diseñado por el proyecto PRAGUAS del Programa De Agua Y Saneamiento Para Comunidades Rurales Y Pequeños Municipios.

Los planos se adjuntan en el ANEXO IV

Además, para establecer una dosificación de la solución clorada constante y en las concentraciones establecidas se debe implementar una bomba dosificadora de cloro la cual se conecta al tanque y regula la dosis de cloro, para luego pasar al tanque de almacenamiento.

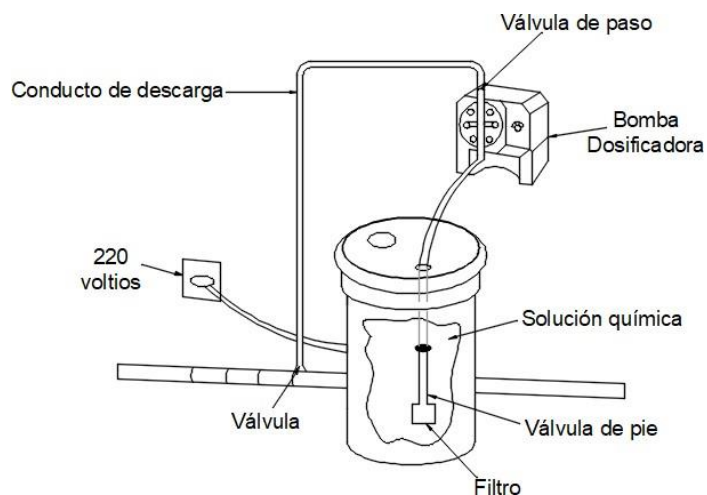
#### **Bomba dosificadora**

Este tipo de bomba se utiliza para introducir sustancias desinfectantes en el agua, su ajuste puede ser manual o automático. Esta bomba es ubicada antes del tanque en el cual se va a depositar la sustancia desinfectante.

Se clasifican en dos tipos:

**Bomba dosificadora de caudal constante.** -Como su nombre lo menciona, esta bomba introduce la sustancia de forma constante.

**Bomba dosificadora de caudal proporcional.** – Este tipo de bomba introduce por impulsos la sustancia, para mantener la concentración del producto o sustancia en el agua. Cuentan con una sonda, la cual ayuda a conocer la concentración en todo momento.



**Ilustración 7:** Hipoclorador con bomba dosificadora.

**Fuente:** (Cacéres, 2014)

### 3.3.3 Presupuesto

En este apartado se da a conocer el costo de la implementación del sistema de desinfección junto con la bomba dosificadora de cloro. En el presupuesto se tomó en cuenta los principales materiales y accesorios para que se dé una buena desinfección.

**Tabla 25:** Rubros del Hipo clorador

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (\$)
Mampostería ladrillo mambreon común	m2	1	\$7,00	\$7,00
Caseta metálica para cloración (Provisión y montaje)	u	1	\$1.102,72	\$1.102,72
Tanque para hipo clorador 500 litros polietileno incl. Accesorios (provisión e instalación)	u	1	\$2.385,43	\$2.385,43
Hipoclorito de calcio al 70% - Granulado (Caneca 45kg) Provisión	u	1	\$134,14	\$134,14
<b>TOTAL</b>				<b>\$3.629,29</b>



**Tabla 26:** Valor de una bomba dosificadora en el mercado

MATERIAL	PRECIO
Bomba dosificadora	\$ 250

**Tabla 27:** Lista de materiales para el tanque de almacenamiento

MATERIALES		CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (\$)
Desbroce y limpieza	m2	0,28	\$45,74	\$12,81
Replanteo y Nivelación Excavación Manual	m2	2,14	\$18,93	\$40,51
Encofrado de pared	m3	14,57	\$5,60	\$81,59
Encobrado para cupula	m2	21,12	\$38,20	\$806,78
Hormigo Simple f´c=210 kg/cm2	m2	150,23	\$20,00	\$3.004,60
Champeado mortero 1:2 ESO=0,15m	m3	147,9	\$1,82	\$269,18
Malla Exagonal 5/8" o 3/4" ALT=1m	m	6,59	\$55,50	\$365,75
Malla Exagonal 5/8" o 3/4" ALT=1,5m	m	6,59	\$52,95	\$348,94
Malla electrosoldada tipo 3,1	m	2,02	\$58,70	\$118,57
Alambre negro acerado	kg	3,37	\$3,00	\$10,11
Drenes	m	5,08	\$77,16	\$391,97
Empedrado base	m2	16,58	\$77,16	\$1.279,31
Pintura Cemento Blanco (dos manos)	m2	3,68	\$37,26	\$137,12
Escalera de hc DIÁMETRO 3/4	m	1	\$40,69	\$40,69
Acero de refuerzo fy 4200	kg	1	\$163,80	\$163,80
Junta PARED-CUPULA	m	27,09	\$2,60	\$70,43
<b>TOTAL</b>				<b>\$7.142,17</b>

**Tabla 28:** Lista de accesorios para el tanque de almacenamiento

ACCESORIOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>DESAGUE Y LIMPIEZA</b>			
Tramo corto PVC 110mm	1	\$73,06	\$73,06
Universal 2"	3	\$3,60	\$10,80
Neplo	3	\$42,23	\$126,70
Válvula Compuerta 2"	1	\$184,44	\$184,44
TEE HG 2"	1	\$1,91	\$1,91
Neplo HG	2	\$33,24	\$66,48
Codo de 90° 2"	2	\$2,00	\$4,00
Tramo corto	1	\$73,06	\$73,06
Tramo corto	1	\$73,06	\$73,06
Tramo corto	1	\$73,06	\$73,06
Adaptador hembra	1	\$10,03	\$10,03
<b>SALIDA</b>			
Cernidera de aluminio	1	\$3,52	\$3,52
Tramo Corto	1	\$73,06	\$73,06
Universal	2	\$3,60	\$7,20
Neplo	2	\$33,24	\$66,48
Válvula compuerta de bronce roscada	1	\$184,44	\$184,44
Tramo corto	1	\$73,06	\$73,06
Adaptador hembra	1	\$10,03	\$10,03
<b>ENTRADA</b>			
Adaptador hembra	1	\$10,03	\$10,03
Válvula Compuerta de bronce roscada	1	\$184,44	\$184,44
Neplo	2	\$33,24	\$66,48
Universal	2	\$3,60	\$7,20
Neplo	2	\$33,24	\$66,48
Codo de 90° 2"	3	\$2,11	\$6,34
Tramo Corto	1	\$73,06	\$73,06

Neplo	1	\$33,24	\$33,24
<b>AERADORES</b>			
Neplo HG	2	\$33,24	\$66,48
Codo de 90° 2"	4	\$2,11	\$8,45
Neplo HG	2	\$33,24	\$66,48
<b>TOTAL</b>			<b>\$1703,10</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES + ACCESORIOS+ HIPOCLORADOR +BOMBA DOSIFICADORA</b>			<b>\$12.474,55</b>

La implementación total del sistema de desinfección es aproximadamente de \$12.474,55, incluyendo el hipo clorador, la bomba dosificadora y el tanque de ferrocemento para el almacenamiento, cabe aclarar que los precios no incluyen IVA, pero son precios similares a la realidad. Como se puede observar en el desglosé de cada material o accesorio la mayor cantidad de presupuesto está destinada a los materiales del tanque de almacenamiento. Se considera un precio razonable al tratarse de un tanque que almacenará 40 m<sup>3</sup> para una población de 3026 habitantes.

### **3.3.4 Operación y Mantenimiento**

Los encargados de la operación y mantenimiento deben informar a los moradores de la Parroquia que el servicio será suspendido temporalmente, durante el tiempo que tarde el mismo. Además, los operadores deben capacitarse frecuentemente sobre el tema, para precautelar la salud de los moradores; EL gobierno autónomo descentralizado debe encargarse de controlar eso.

#### **Hipo clorador**

El mantenimiento se lo debe realizar periódicamente, revisando que exista suficiente solución de cloro residual los valores deben estar entre 0.2-0.6 mg/l.

Cada 2 meses se debe realizar un cambio a la solución

Para lograr mantener el sistema del hipo clorador se debe realizar revisiones a todos sus componentes y asegurarse de que se encuentre funcionando correctamente.

#### **Limpieza del tanque de almacenamiento**

Limpiar con cloro con el fin de desinfectar cualquier agente que se encuentre en el tanque.

Los días de limpieza se deben programar de manera que no afecte a la comunidad, es por eso que se debe realizar cuando exista un bajo consumo del recurso para evitar molestias a los moradores de la comunidad.

### **Limpieza y desinfección del tanque de distribución**

1. Usar equipo de protección personal (EPP), el cual incluye lo siguiente:  
Botas, Casco, Guantes para limpieza. Además, se debe tener a la mano cepillos, baldes, rodillos y cualquier otra herramienta que se requiera.



Figura 1: Equipo de protección personal

Fuente: (Vega, 2020)



**Figura 2:** Materiales para la operación y mantenimiento

Fuente: (Vega, 2020)

2. Se cierra la entrada del recurso y se abre la salida del tanque.
3. Se retira la tapa del tanque.
4. Para el ingresar al tanque se debe tener un nivel bajo de agua se debe encontrarse entre 20-50 cm; una vez se alcance el nivel se debe cerrar la salida y abrir el desagüe.
5. Remover el material que se encuentre sedimentado en el fondo utilizando cepillos o escobas.
6. Cepillar todo el tanque incluyendo las paredes y piso.
7. Como último paso se encuentra la desinfección utilizando una solución de clo con una concentración entre 150-200 mg/l.

Preparación:

En un recipiente de 20 l adicionar una chuchara de cloro en polvo, mezclar, y dejar reposar por 10 minutos.

8. Se toma el rodillo con la solución y se lo pasa por las paredes.
9. Para que se desinfecte correctamente se debe dejar reposar la solución por 4 horas.
10. Una vez transcurrido el tiempo enjuagar con una manguera o baldes de ser el caso, enviando todo por el desagüe.
11. Retirar todos los implementos y materiales utilizados para la limpieza.
12. . Cerrar el desagüe y permitir que el agua fluya nuevamente.
13. Asegurarse de que el cloro residual se encuentre mejor a 5mg/l
14. Abrir la válvula de acceso a la red de distribución.
15. Se recomienda realizar esta acción cada 6 meses, pero se la puede hacer una vez al año. (Ramírez, 2017)

### **Bomba dosificadora**

Las bombas dosificadoras no requieren de mucho mantenimiento, puede bastar con limpiar el filtro una vez al año, pero para sustancias que tiende a formar cristales es necesario realizar el mantenimiento una vez al mes, o si es el caso en el periodo en el cual no se encuentre activa la boba, limpiar la válvula de expulsión y el filtro.

Para efectuar el mantenimiento se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Gafas y guantes adecuados para el producto que se esté dosificando.
- La bomba dosificadora debe estar completamente apagada, es decir desconectada de la red.
- La presión del tubo que está impulsando debe ser descargada.

- Asegurarse de que tubo de aspiración debe estar completamente vacío.

Es importante girar la bomba con la válvula hacia abajo, con el fin de asegurar que salga completamente la sustancia que se encuentra dentro de la bomba. El operador debe asegurarse de que en el cabezal se encuentre circulando agua, si no se puede realizar lo antes mencionado se debe crear un puente entre la válvula de impulsión y la expulsión. (ACQUATRON S.A)

## 4 CONCLUSIONES

- La parroquia de Nanegalito abastece a 3026 habitantes actualmente, por lo que necesita del Río San José que es un fluente del Río Pachijal para incrementar el caudal sobre todo temporadas de sequía, además, de que su calidad es muy buena y no necesita de un sistema de potabilización complejo para que pueda ser consumida por el ser humano. Por lo que al comparar todos los parámetros que fueron analizados con la normativa vigente TULSMA, cumplieron con el límite permisible, es por ello que no se tiene ninguna duda del excelente recurso hídrico con el cual cuenta la Parroquia de Nanegalito
- La Río Pachijal cuenta con un Índice de Calidad de Agua del 90.76, el cual la hace que sea una excelente fuente para el consumo humano, además, de ser también apta para fines recreativos, uso pecuario y agrícola. Es importante conocer que el agua de la captación debe ser desinfectada antes de ser consumida, debido a que todo tipo de agua para consumo humano tiene la obligación de tener mínimo una desinfección previa.
- El tanque con el que cuenta actualmente el sistema de abastecimiento del GAD Nanegalito es de 8 m<sup>3</sup>, pero la capacidad que necesita para que el sistema abastezca con eficiencia es de 40 m<sup>3</sup>, por lo que se propone utilizar un tanque de ferrocemento del Proyecto PRAGUAS, además de una bomba dosificadora. Es necesario operar y mantener adecuadamente el sistema de desinfección para garantizar la calidad del agua, además de que el sistema se encuentre en constante funcionamiento al contrario del sistema actual.
- La propuesta de mejora tiene un costo de implementación de \$12.474,55, la cual tendría mayor costo en los materiales para la construcción del tanque de ferrocemento, pero se considera un precio razonable debido a que va a almacenar

40 m<sup>3</sup> para 3026 habitantes, además de que no necesita un mantenimiento que implique costos elevados.

## **5 RECOMENDACIONES**

- Se requiere de análisis de calidad en el punto de muestreo seleccionado en la captación periódicos, para asegurar que la calidad se encuentre bien y con ello generar confianza al consumidor
- La comunidad debe cuidar la cuenca del Río Pachijal para evitar la contaminación, que a futuro pueda afectar el caudal de consumo. Además de evitar el pastoreo de animales, el uso de pesticidas y fertilizantes cerca de la fuente
- Construcción de un camino que permita el acceso a la captación, debido a que el camino para ingresar a la captación se encuentra empinado y puede provocar accidentes.
- En el hipo clorador necesita que se revise periódicamente la concentración de cloro se encuentra inferior a 5000 mg/l, debido a que si excede dicha cantidad puede cristalizar tuberías que estén hechas de PVC.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Acebedo, D., & Hernández, A. (2 de noviembre de 2013). Los métodos Turbidimétricos y sus aplicación en ciencias de la vida. Habana, Cuba: Cenic.
- ACQUATRON S.A. (s.f.). *Manual de Instalación y Mantenimiento Bomba Dosificadora FD*. Buenos Aires.
- Baeza, E. (16 de 11 de 2016). Calidad del Agua. *Biblioteca Nacional de Chile*. Chile.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (8 de febrero de 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). Costa Rica.
- Cacéres, M. (2014). *Desinfección del Agua para Consumo Humano*. Bolivia.
- Calle, C., Fidalgo, J., & Rodriguez, L. (03 de 2021). *D-Optimal designs for Antoine's Equation: with homoscedastic and heteroscedastic response*. Obtenido de <https://www.isi-web.org/files/docs/papers-and-abstracts/195-day4-cps026-d-optimal-designs-for-antoines.pdf>
- Caminati, A., & Caqui, C. (abril de 2013). Lima, Perú.
- Campos, I. (2000). *Saneamiento ambiental*. Costa Rica: EUNED.
- Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.
- Cilio, A., Gonzalez, D., Hernández, A., & Saúl, L. (28 de septiembre de 2020). Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/79040940/Tabla-1docx/>
- Contrerás, R., José, S., Georgina, E., Carmen, M., & Zapata, Z. (2008). *Potencial de algas verdes para la producción fotobiológica de hidrógeno*. Obtenido de <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/potencial-de-hidrogeno>
- COSUDE. (2017). MEMORIA DESCRIPTIVA DE INSTALACIÓN DE UN HIPOCLORADOR POR GOTEO CON FLOTADOR, CAPACITACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.
- DRH. (23 de marzo de 2017). *Gov.Ar*. Obtenido de <http://www.recursoshidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
- EMAAP. (2008). NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA EMAAP-Q. Quito: V&M Gráficas.
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAA-P*. Quito: V&M Gráficas.
- EPA. (2021). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-sobre-la-proteccion-de-las-fuentes-de-agua#:~:text=Una%20fuente%20de%20agua%20se,potable%20y%20a%20los%20pozos%20privados.>
- Eurofins Envira. (17 de enero de 2022). *Eurofins*. Obtenido de <https://envira.es/es/analisis-de-agua/>



- García et al, A. (2012). *Repositorio*. Obtenido de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8825/1/clorurosno12.pdf>
- García, J., Montuy, R., & Oaxaca, M. (2008). *DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO*. México.
- HACH, C. (2019). *Manual de análisis de agua*. Colorado.
- IDEAM. (04 de junio de 2007). DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5 días, INCUBACIÓN. Colombia.
- INEN. (05 de enero de 2018). *CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. C.E.C. NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5%20Parte\\_9-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf)
- INEN 2169. (2013). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17425/1/UPS%20-%20ST004111.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador. (2010). Obtenido de [https://www.dateas.com/es/explore/search?entity\\_name=censo-poblacion-densidad-superficie-ecuador&sortby=&order=&ft=on&mainfield=Nanegalito&hidVA=1&adva\\_all=&adva\\_lit=&adva\\_any=&adva\\_non=&hidVF=1&afil6391=all&afil6392=all](https://www.dateas.com/es/explore/search?entity_name=censo-poblacion-densidad-superficie-ecuador&sortby=&order=&ft=on&mainfield=Nanegalito&hidVA=1&adva_all=&adva_lit=&adva_any=&adva_non=&hidVF=1&afil6391=all&afil6392=all)
- Jimenez, M., & Vélez, M. (2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL*.
- Lenntech . (s.f.). Obtenido de FAQ De la evaluación de la Calidad Del Agua: <https://www.lenntech.es/la-evaluacion-de-la-calidad-agua-faq-calidad-agua#:~:text=La%20calidad%20del%20agua%20se,de%20iones%20de%20hidr%C3%B3geno%20presentes>.
- López, J. (2011). Toma, Prservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio. Bogotá, Colombia.
- Maidana, C. (2016). *DOCPLAYER*. Recuperado el 11 de ENERO de 2023, de <https://docplayer.es/135770-Folleto-informativo-oxigeno-disuelto-od.html>
- Marcela, M. (14 de Mayo de 2020). *Repositorio UNAN*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/16481/1/16481.pdf>
- Matamoros, I. (14 de mayo de 2020). *Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/16481/1/16481.pdf>
- McFarland, M., & Dozier, M. (30 de junio de 1914). *Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso*. Obtenido de Tamu.edu: <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Iron-DatosEnEspañol.pdf>
- MEMORIA DESCRIPTIVA DE INSTALACIÓN DE UN HIPOCLORADOR POR GOTEJO CON FLOTADOR, C. Y. (s.f.).

- Metcalf & Eddy, I. (2003). Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4ta edition. Mc.Graw Hill.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Sanemiento. (2021). LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DESINFECCIÓN DEL AGUA MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE ESPAÑA. (2000). LA CALIDAD DE LAS AGUAS. En *LIBRO BLANCO DEL AGUA EN ESPAÑA* (pág. 196). España: Centro de Publicaiones Secretaria General Técnica Ministerio de Medio Ambiente.
- Nieves, Á. (2015). *Mantenimiento y reparación de la maquinaria, instalaciones y equipos*. España: ELEARNING S.L.
- NMX-AA-073-SCFI-2001. (2001). ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE CLORUROS TOTALES EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176. (2013). Obtenido de [https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051#:~:text=1.1%20Esta%20norma%20establece%20gu%C3%ADas,aguas%20residuales%20para%20su%20caracterizaci%C3%B3n.&text=2.1%](https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051#:~:text=1.1%20Esta%20norma%20establece%20gu%C3%ADas,aguas%20residuales%20para%20su%20caracterizaci%C3%B3n.&text=2.1%20)
- Nuevo, D. (9 de noviembre de 2018). *TECPA*. Obtenido de <https://www.tecpa.es/edar-tratamiento-secundario-depuracion-aguas/>
- Vega, P. (2020). *Desinfección de sistemas, caracterización de fuentes de agua y cloración del agua para consumo humano*. Obtenido de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu\\_public/migl/metas/taller\\_PI\\_meta35\\_2.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_public/migl/metas/taller_PI_meta35_2.pdf)
- Vinasco et al, J. (14 de marzo de 2007). Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54972641/504235-informe-de-analisis-Cloruros-libre.pdf?1510352517=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalisis\\_de\\_cloruros.pdf&Expires=1677130496&Signature=HmWCrGL4rEo7kVg8lgqAwCCmRnSMBDzzqVZMuFkRcb4Qa](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54972641/504235-informe-de-analisis-Cloruros-libre.pdf?1510352517=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalisis_de_cloruros.pdf&Expires=1677130496&Signature=HmWCrGL4rEo7kVg8lgqAwCCmRnSMBDzzqVZMuFkRcb4Qa)
- Pascual, M., Calderón, V., & Pascual. (2000). Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Peréz, E. (3 de marzo de 2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Costa Rica.
- Ramalho, R. (2003). Tratamiento de Aguas Residuales. Barcelona: Reversé S.A.
- Ramírez, M. (junio de 2017). *Manual e Instalación de Hipoclorador Mecánico del agua de la aldea Peb'lpam, municipio de Jacaltenango del departamento de Huehuetenango*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07\\_7513.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_7513.pdf)

Rodríguez, P. (agosto de 2001). Obtenido de

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34792833/ABASTECIMIENTO\\_DE\\_AGUA\\_Pedro\\_rodriguez\\_Ruiz\\_ITO-libre.pdf?1412558393=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DABASTECIMIENTO\\_DE\\_AGUA.pdf&Expires=1677111256&Signature=TUVrf2D1-RnS9YtjffpztKejuCJHeuW0](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34792833/ABASTECIMIENTO_DE_AGUA_Pedro_rodriguez_Ruiz_ITO-libre.pdf?1412558393=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DABASTECIMIENTO_DE_AGUA.pdf&Expires=1677111256&Signature=TUVrf2D1-RnS9YtjffpztKejuCJHeuW0)

Secretaría del Agua. (s.f.). CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PARTE IX OBRAS SANITARIAS. En *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES* (pág. 65). IEOS.

SEMARNAT. (2013). Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores de calidad del agua.

Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2016). Obtenido de

<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

SIAPA. (febrero de 2014). CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES en Sistemas de Agua Potable.

Swistock, B. (10 de 19 de 2020). *PennState Extension*. Obtenido de

<https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes#:~:text=La%20presencia%20de%20coliformes%20en,y%20el%20suministro%20de%20agua>.

Torres, P., Cruz, C., & Pastiño, P. (11 de diciembre de 2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Vinueza, J. (Octubre de 2012). Determinación del aporte de oxígeno disuelto en ambientes acuíferos por la relación simbiótica de *Azolla* sp. y *Anabaena* sp. Cayambe/2010. Cayambe, Ecuador.

Xylem brand. (marzo de 2019). Instrucciones de operación del Oxitop- IDS.

Cualla, R. A. (2003). ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO. En *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO* (pág. 40). ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de Información Censal:

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>

## 7 ANEXOS

### 7.1 ANEXO I. TURNITIN

Resumen de coincidencias		
<b>11 %</b>		
<	>	
1	<a href="#">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	2 % >
2	<a href="#">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	1 % >
3	<a href="#">tesis.ipn.mx</a> Fuente de Internet	<1 % >
4	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
5	<a href="#">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 % >
6	<a href="#">ri.ues.edu.sv</a> Fuente de Internet	<1 % >
7	<a href="#">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 % >
8	<a href="#">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 % >
9	Entregado a Escuela P... Trabajo del estudiante	<1 % >
10	<a href="#">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 % >
11	<a href="#">www.emapag-ep.gob.ec</a> Fuente de Internet	<1 % >
12	<a href="#">dokumen.site</a> Fuente de Internet	<1 % >
13	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
14	<a href="#">livrosdeamor.com.br</a> Fuente de Internet	<1 % >
15	<a href="#">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 % >
16	<a href="#">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 % >
17	<a href="#">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 % >
18	<a href="#">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 % >
19	<a href="#">bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 % >
20	<a href="#">wsp.org</a> Fuente de Internet	<1 % >
21	<a href="#">futur.upc.edu</a> Fuente de Internet	<1 % >
22	<a href="#">repositorio.uteq.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 % >
23	<a href="#">revistas.utp.ac.pa</a> Fuente de Internet	<1 % >
24	Manuel Patricio Clavijo... Publicación	<1 % >
25	<a href="#">dspace.unl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 % >
26	<a href="#">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 % >
27	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
28	Entregado a espam Trabajo del estudiante	<1 % >

<b>29</b> repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 % >	<b>36</b> repositorio.uladech.ed... Fuente de Internet	<1 % >
<b>30</b> www.secotab.gob.mx Fuente de Internet	<1 % >	<b>37</b> www.semanticscholar... Fuente de Internet	<1 % >
<b>31</b> MIGUEL MONDRÍA GA... Publicación	<1 % >	<b>38</b> eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 % >
<b>32</b> Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >	<b>39</b> repositorio.ufmg.br Fuente de Internet	<1 % >
<b>33</b> Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >	<b>40</b> Entregado a Pontificia ... Trabajo del estudiante	<1 % >
<b>34</b> dspace.unipampa.edu.br Fuente de Internet	<1 % >	<b>41</b> creativecommons.org Fuente de Internet	<1 % >
<b>35</b> eprints.ucm.es Fuente de Internet	<1 % >	<b>42</b> www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 % >
<b>49</b> www.belen.go.cr Fuente de Internet	<1 % >	<b>56</b> usefs.md Fuente de Internet	<1 % >
<b>50</b> www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 % >	<b>57</b> www.snet.gob.sv Fuente de Internet	<1 % >
<b>51</b> www.scribd.com Fuente de Internet	<1 % >	<b>58</b> www.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 % >
<b>52</b> www.shoa.cl Fuente de Internet	<1 % >	<b>59</b> Fredys Simanca Herrer... Publicación	<1 % >
<b>53</b> about-haus.com Fuente de Internet	<1 % >		
<b>54</b> historiadelosovnis.iesp... Fuente de Internet	<1 % >		
<b>55</b> patents.google.com Fuente de Internet	<1 % >		

## 7.2 ANEXO II. PLAN DE MUESTREO



Escuela Politécnica Nacional

Escuela de Formación de Tecnólogos

### Plan de Muestreo para la determinar la factibilidad de aprovechamiento del agua del efluente del Río Pachijal.

**Responsable:** Brenda Caiza

**Fecha de muestro:** 18 de octubre del 2022

#### A. Documentos Base

- ✓ NTE INEN 2226. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo.
- ✓ TULSMA. Agua potable, Requisitos.

#### B. Parámetros para analizar

Los parámetros que se analizarán se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Parámetros de medición in situ

Parámetro	Unidades	Importancia
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	Si la muestra contiene baja conductividad eléctrica significa que cuenta con una alta cantidad de materia orgánica, por otro, las sales son muy buenas conductoras.
Oxígeno Disuelto	mg/L	Este factor ayuda a la supervivencia de la vida acuática. Por otro lado, una baja concentración del mismo puede indicar contaminación externa (lo más probable es contaminación por aguas residuales).
Turbiedad	NTU	Este factor causa repulsión, y está directamente relacionado con los sólidos en suspensión, microorganismos y materia orgánica e inorgánica.

Temperatura	°C	EL cambio de este parámetro influye en gran manera a los demás, debido a que afecta en la solubilidad de los gases, la conductividad, el pH y la dilución de sales.
Potencial Hidrógeno	pH	Este parámetro causa perturbaciones y eliminación de flora y fauna acuática.

Tabla 2. Parámetros analizados en el laboratorio

Parámetro	Unidad	Importancia
Sólidos Totales (ST) Sólidos Disueltos (SD), Sólidos Suspendidos (SS), Sólidos Volátiles	mg/L	Los sólidos pueden estimular cambios en la calidad, además de que permite determinar la cantidad de materia que se encuentra disuelta y en suspensión.
Cloruros	mg/L	Si se tiene un alto contenido de este parámetro puede dañar las estructuras que sean metálicas, además que evita el crecimiento de flora y fauna acuática.
Nitratos	mg/L	Todos estos parámetros ayudan a determinar la contaminación del agua, indicando contaminación baja o alta de materia orgánica e inorgánica, además de iones metálicos, nutrientes, oxígeno o presencia de pesticidas y detergentes por actividades antrópicas
Nitritos	mg/L	
DBO	mg/L	
DQO	mg/L	
Fosfatos	mg/L	
Sulfatos	mg/L	
Dureza Total	mg/L	
Hierro y Manganeseo	mg/L	
Coliformes Totales	NMP/100ml	

Coliformes Fecales	NMP/100ml	descarga de agua residuales de la comunidad cercana en el efluente.
-----------------------	-----------	---

### C. PUNTOS DE MUESTREO

Para la obtención del o los puntos de muestreo se debe realizar una visita técnica, para así lograr tener claridad de que parámetros son relevantes para su medición.

Los criterios que se deben tomar son los siguientes:

**Accesibilidad:** Para la toma se debe tomar en cuenta la accesibilidad, debido a que la o las personas encargadas de la toma de muestras no deben correr ningún riesgo al momento de georreferenciar los puntos, además de que deben tener el equipo de protección.

**Identificación:** El o los puntos deben ser puntuales, es por ello que debe ser de fáciles de reconocer y que mantengan la representatividad de cada muestra.

### D. GEOREFERENCIACIÓN DEL PUNTO

Cada punto de muestreo debe contener su correcta georreferenciación por lo cual se debe otorgar un código que los identifique, para que así, su reconocimiento sea más sencillo.

Para el presente proyecto se determinó un punto de muestreo, y se lo presenta a continuación:

Tabla 3. Punto de muestreo

Lugar	Zona	Este	Sur	Elevación (m)
Captación	17 M	756863	9998938	2123

### E. METODOLOGÍA DE MUESTREO

Para la metodología según lo que se describe en la NTE INEN 2226, en la



revisión del 2013, los frascos que se deben utilizar para la toma de muestras son de vidrio ámbar o de ser el caso franco desechables de plástico.

Los frascos al momento de toma de tomar las muestras se deben ser curados es decir enjuagados con el vertiente y llenados completamente **(INEN 2169, 2013)** .

Para los análisis biológicos se debe utilizar frascos estériles y no deben ser

Llenados completamente. Para el almacenamiento se lo debe hacer en un *cooler* con hielo.

Para el rotulado de cada muestra, se debe registrar de forma clara los datos tales

Como: el nombre, anomalías en el caso de que hubiere y el conservante que se utilizó. **(INEN 2169, 2013)**

Se tomará tres muestras de la captación una para análisis biológicos de 100 ml y dos más para los posteriores análisis de 1 L cada una.

Un franco ámbar se destinará p[ara el análisis de la DQO, preservado gotas con ácido sulfúrico

### 7.3 ANEXO III REGISTRO FOTOGRÁFICO



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL REGISTRO FOTOGRÁFICO

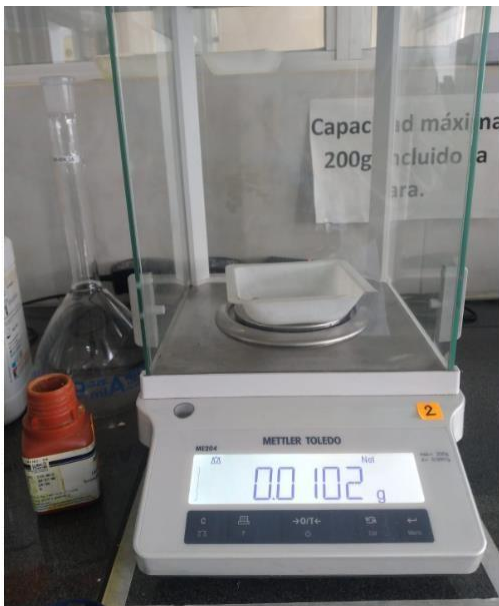


### DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO DEL AGUA DEL EFLUENTE DEL RÍO PACHIJAL.

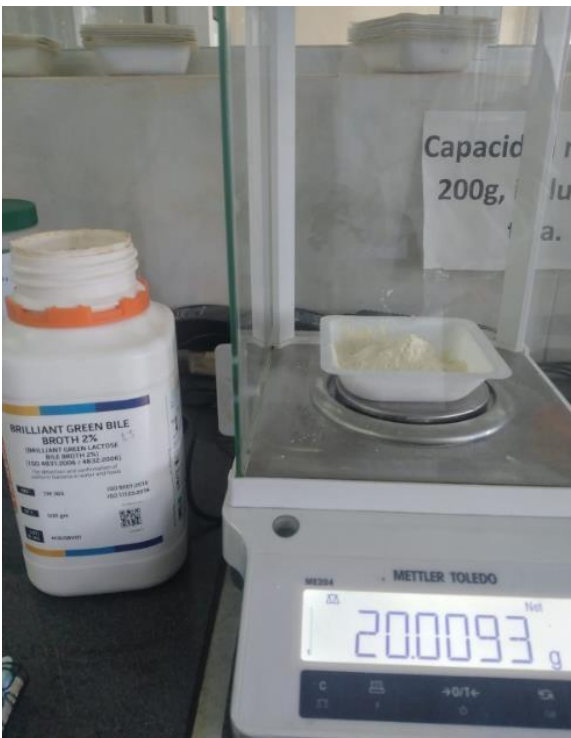
Toma de muestras in situ, realización de análisis in situ.



## Preparación del caldo con púrpura de bromocresol.



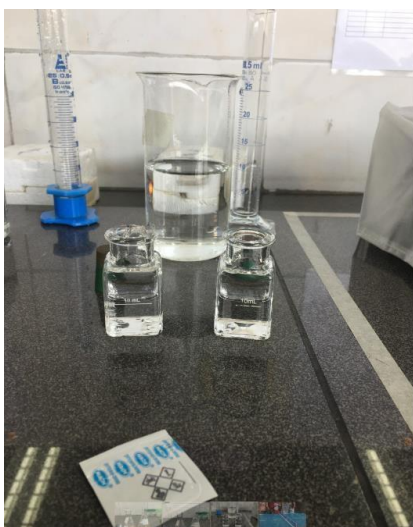
## Preparación del verde billis brillante



## Análisis de sólidos



## Análisis en por espectrofotometría



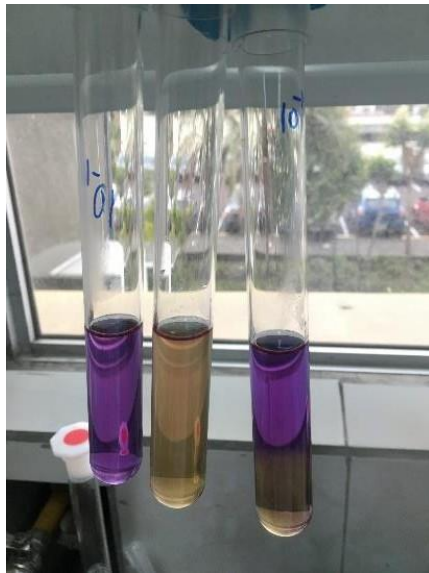
## Análisis de cloruros por método volumétrico



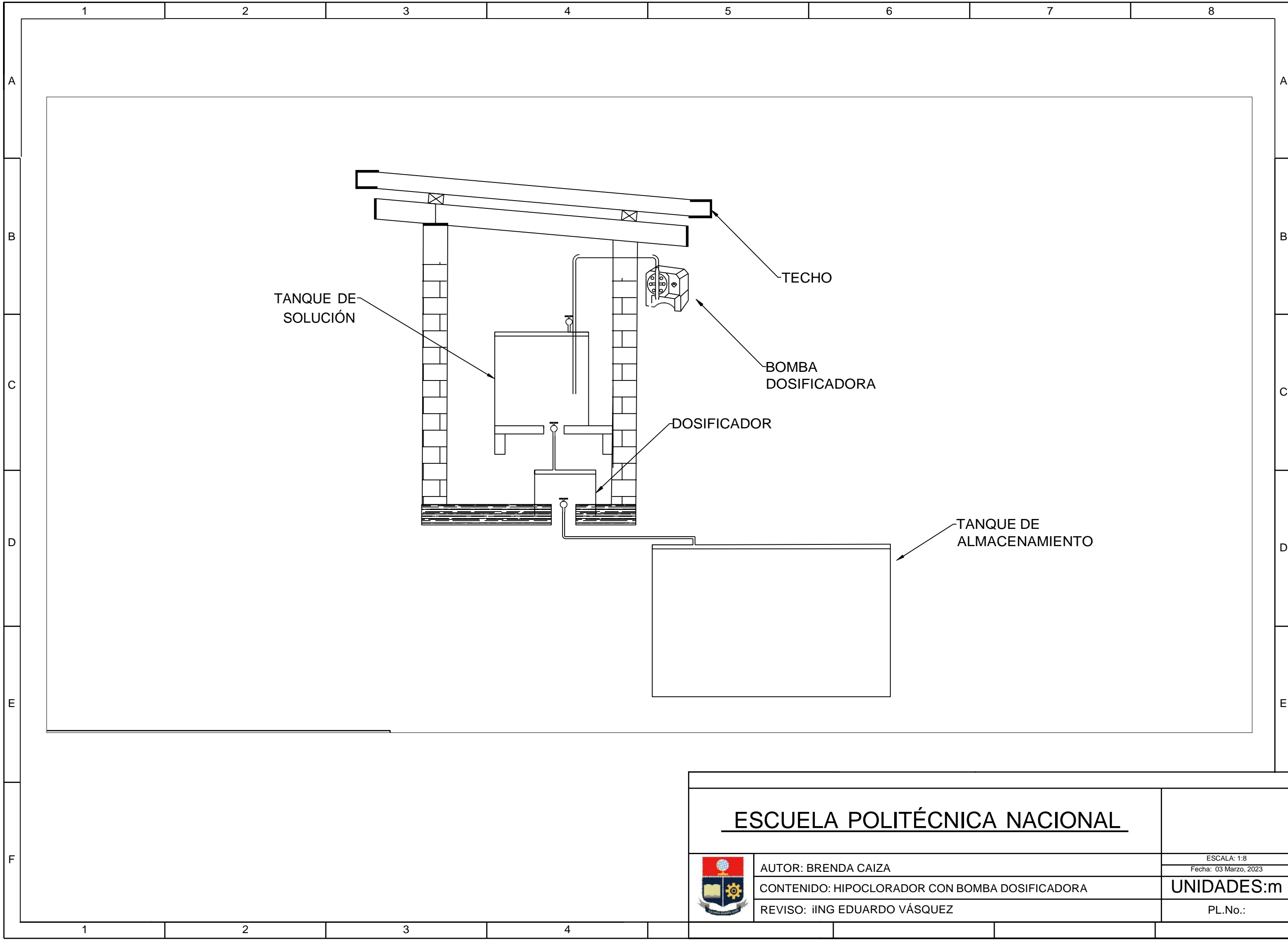
## Análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO)



## Siembra de coliformes



## 7.4 ANEXO IV. PLANOS



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



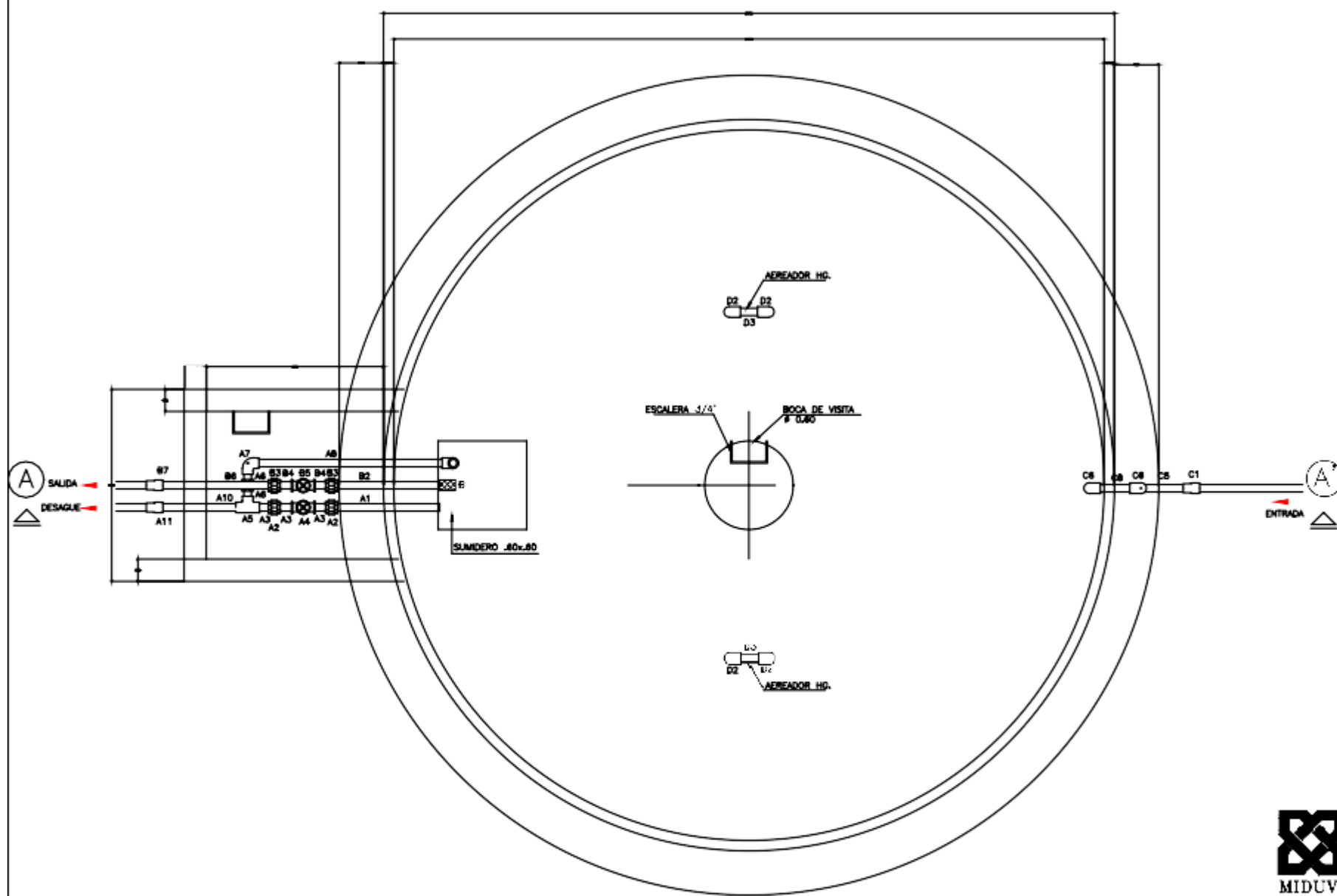
AUTOR: BRENDA CAIZA  
 CONTENIDO: HIPOCLORADOR CON BOMBA DOSIFICADORA  
 REVISO: iING EDUARDO VÁSQUEZ

ESCALA: 1:8  
 Fecha: 03 Marzo, 2023  
**UNIDADES:m**  
 PL.No.:



LISTA DE ACCESORIOS

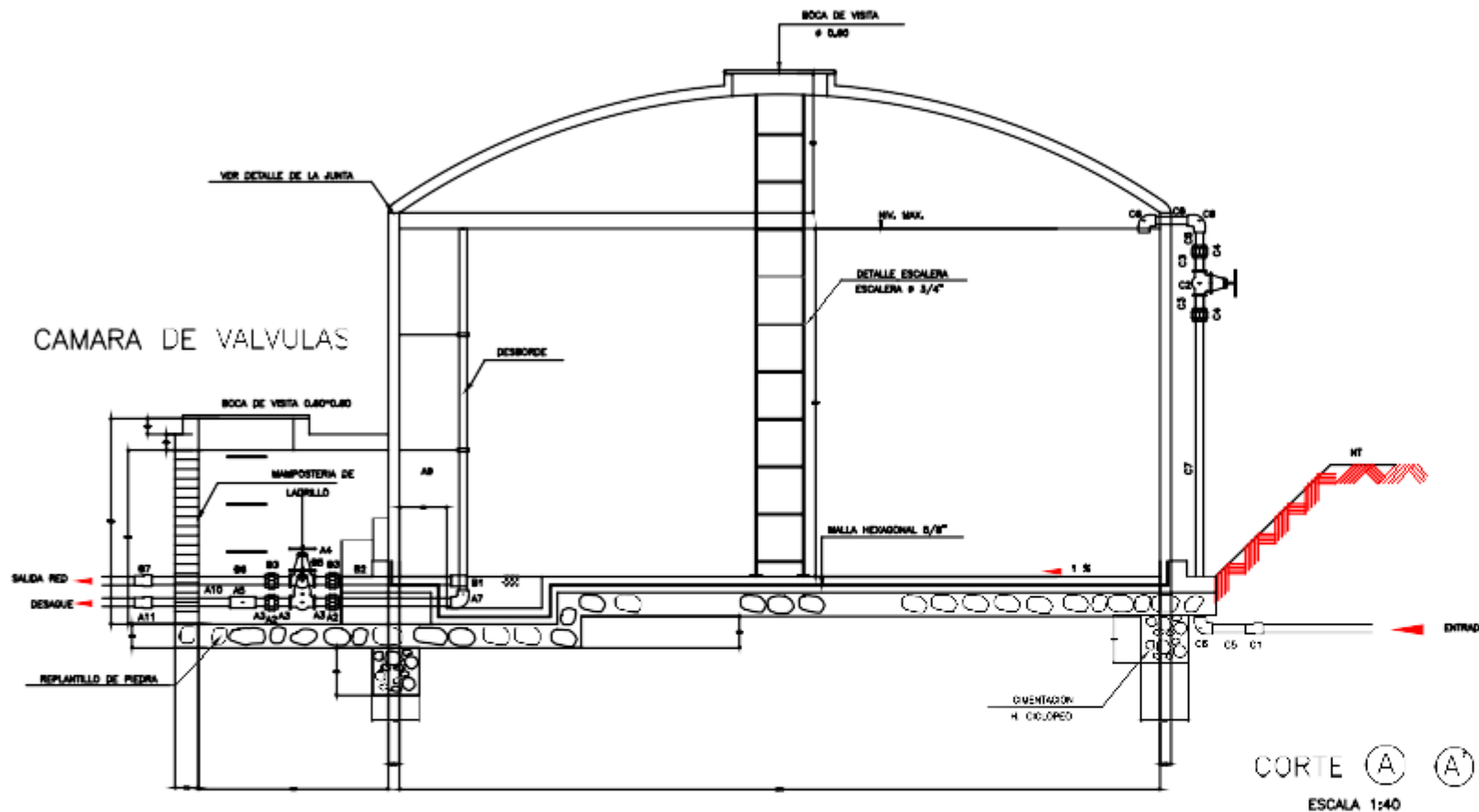
SIGNO	DIAM. mm.	CANT	LONG.	DESCRIPCION
DESAGUE Y DESBORCE				
A1	50	1	.75	TRAMO CORTO HG.-RL.
A2	50	3		UNIVERSAL HG.
A3	50	3	.10	NEPLO HG.
A4	50	1		VALVULA COMPUERTA DE BRONCE ROSCADA
A5	50	1		TEE HG.
A6	50	2	.15	NEPLO HG.
A7	50	2		COODO DE 90 HG.
A8	50	1	1.20	TRAMO CORTO HG.
A9	50	1	2.25	TRAMO CORTO HG.
A10	50	1	0.60	TRAMO CORTO HG.
A11	53	1		ADAPTADOR HEMBRA HG.-PVC.
SALIDA				
B1		1		CERRADERA DE ALUMINIO
B2		1	.80	TRAMO CORTO HG.-RT.
B3		2		UNIVERSAL HG.
B4		2	.10	NEPLO HG.
B5		1		VALVULA COMPUERTA DE BRONCE ROSCADA
B6		1	0.80	TRAMO CORTO HG.
B7		1		ADAPTADOR HEMBRA HG.-PVC.
ENTRADA				
C1		1		ADAPTADOR HEMBRA HG.-PVC.
C2		1		VALVULA COMPUERTA DE BRONCE ROSCADA
C3		2	.10	NEPLO HG.
C4		2		UNIVERSAL HG.
C5		2	.30	NEPLO HG.
C6		3		COODO DE 90 HG.
C7		1	2.05	TRAMO CORTO HG.
C8		1	.35	NEPLO HG.
AEREAADORES				
D1	50	2	.20	NEPLO HG.
D2	50	4		COODO HG 90
D3	50	2	.10	NEPLO HG.



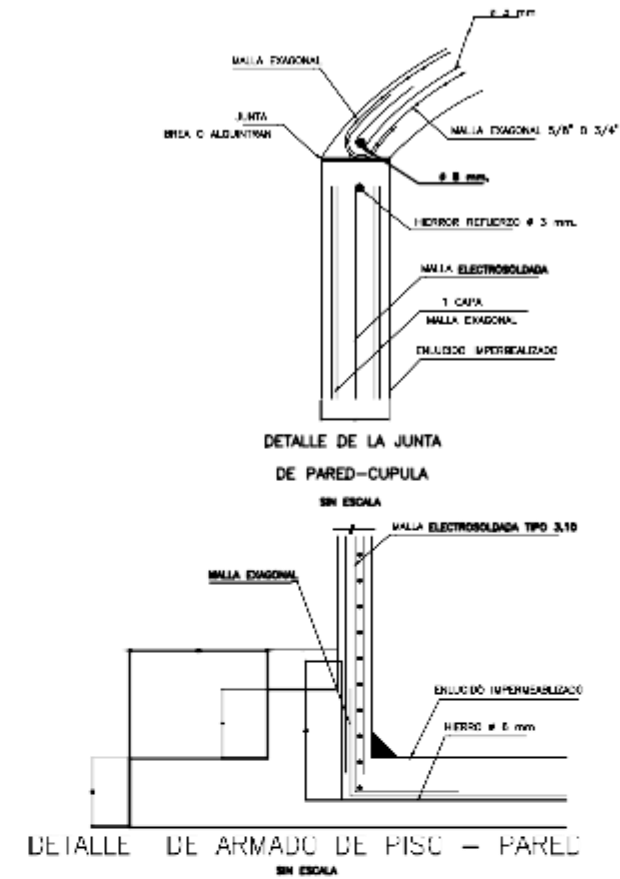
NOTA: LAS ARMADURAS ELECTROSOLDADAS Y HEXAGONAL SERAN AMARRADAS ENTRE SI CON ALAMBRE No 20 CADA 20 cm. EN AMBOS SENTIDOS



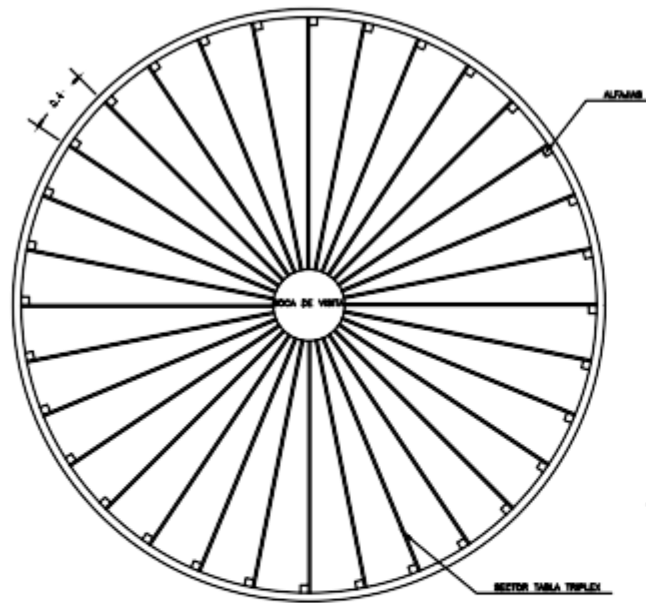
MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL <b>PLANO-TIPO (PT)</b>		SISTEMA DE A. F. DE:	
ELABORADO POR PROYECTO WASHED CONVENIO SSA - USAID REVISADO Y ACTUALIZADO POR SSA - PRAGUAS		CONSULTOR:	
		FISCALIZADOR	
TANQUE DE RESERVA DE FERROCEMENTO 40 M3		FECHA	DIBUJO PRAGUAS
		ESCALA INDICADAS	PLANO ARCHIVO 1 DE 4 TFC40



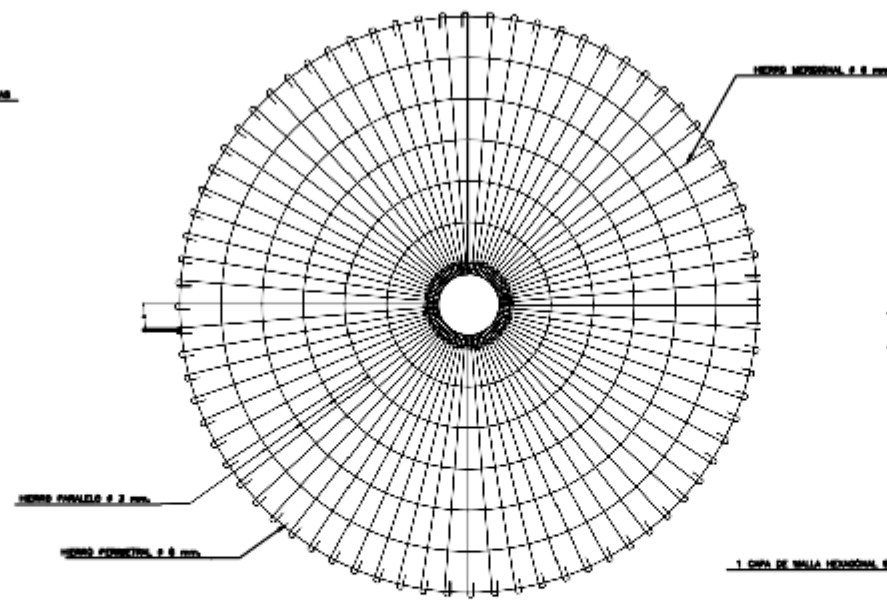
CORTE A-A  
ESCALA 1:40



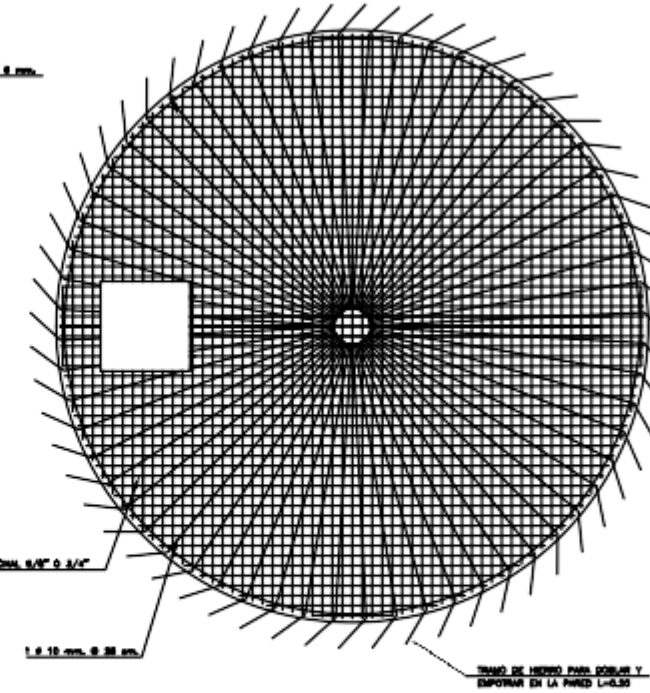
MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL <b>PLANO-TIPO (PT)</b>		SISTEMA DE A. P. DE:	
ELABORADO POR PROYECTO WASHED CONVENIO SSA - USAID REVISADO Y ACTUALIZADO POR SSA - PRAGUAS		CONSULTOR:	
		FISCALIZADOR	
TANQUE DE RESERVA DE FERROCEMENTO 40 M3		FECHA:	DIBUJO: PRAGUAS
		ESCALA INDICADAS	PLANO: 2 DE 4 ARCHIVO: TFC40



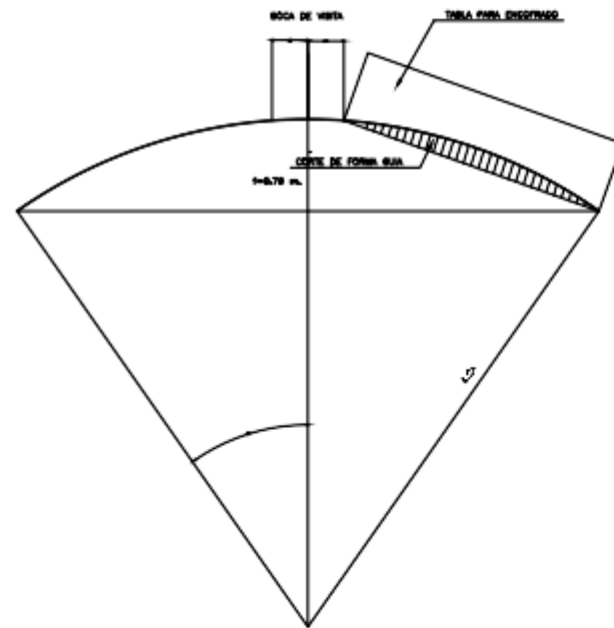
FORMA GENERAL DEL ENFOFRADO DE CUPLLA  
ESCALA 1:50



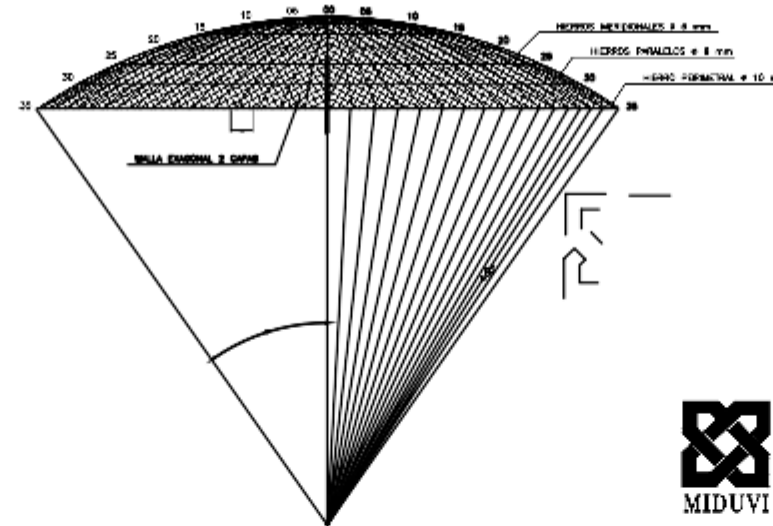
ARMADURA DE LA CUPULA  
PLANIA  
ESCALA 1:50



ARMADO DE LOSA DE FONDO  
ESCALA 1:50



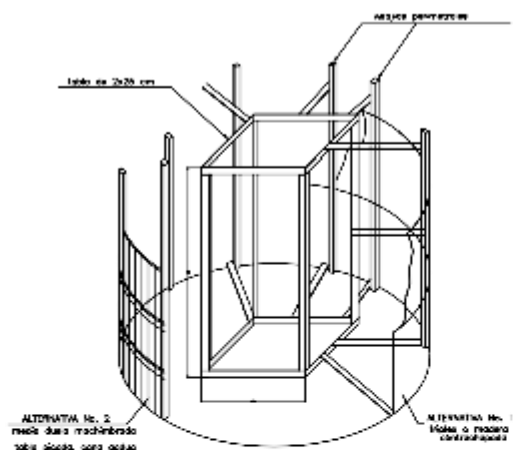
FLANILLA PARA DOMO TIPICO EN CUPLLA  
ESCALA 1:50



ARMADURA DE LA CUPULA  
ELEVACION  
ESCALA 1:50



MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL <b>PLANO-TIPO (PT)</b>		SISTEMA DE A. P. DE:	
ELABORADO POR PROYECTO WASHED CONVENIO SSA - USAID REVISADO Y ACTUALIZADO POR SSA - PRAGUAS		CONSULTOR:	
		FISCALIZADOR:	
<b>TANQUE DE RESERVA DE FERROCEMENTO 40 M3</b>		FECHA:	DIBUJO: <b>PRAGUAS</b>
		ESCALA INDICADAS:	PLANO ARCHIVO: <b>3 DE 4 TFC40</b>

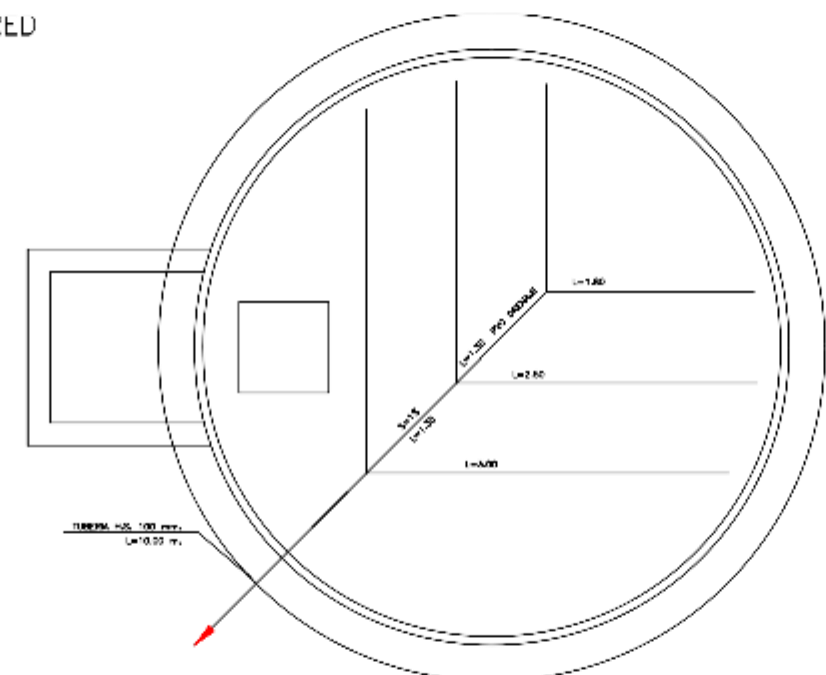


ARMADO TÍPICO DE ENCOFRADO DE PARED SIN ESCALA

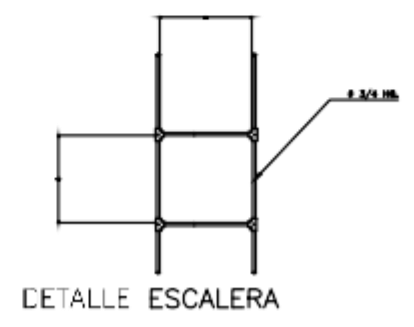
ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

1. ARENA NORMA ASTM C-27-88 MÓDULO DE FINURA 2,4 a 2,8 DIÁMETRO 0,075 mm, TANQUE MUY SIN LEJÍA Y TANGUA
2. CEMENTO PORTLAND IPD 1
3. AGUA LIMPA
4. MOTOS DE RESTRICCIÓN EN CONTACTO CON ARMADURAS ANCLADAS CON ESPESOR DE COCULOS EN SU COMPOSICIÓN 5 EN DILATACIÓN IMPROBABLE
5. MALLAS DIAGONALES TENSION 210 o 250 MPa RESISTENCIA LA DE 3/8" a 3/4"
6. MALLA ELECTRODOLADA RESISTENCIA A LA FLECCIÓN fy=550 MPa
7. ALAMBRES DE ACERO #3 o #4
8. DOSIFICACIÓN DEL MORTERO A PESO 1:2:3 (CIMENTO-ARENA-AGUA) CEMENTO 1:170 a 400 kg/m<sup>3</sup>
9. RESISTENCIA MINIMA SUELO 1 kg/cm<sup>2</sup> PRUEBA EN SITO MENOR QUE 1 kg/cm<sup>2</sup> REALIZADA IN-SITU
10. NO SE DEBE RELENAR ALREDEDOR DEL TANQUE

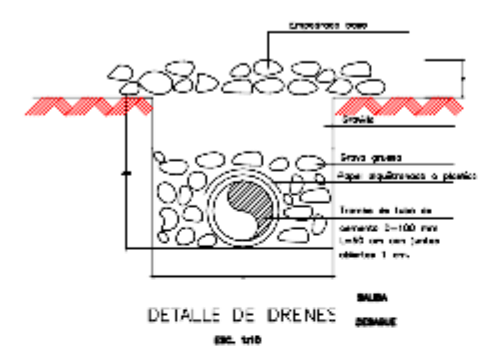
LISTA DE MATERIALES



UBICACION DE DRENES



DETALLE ESCALERA



DETALLE DE DRENES ENC. 1/10



MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL <b>PLANO-TIPO (PT)</b>		SISTEMA DE A. P. DE:	
ELABORADO POR PROYECTO WASHED CONVENIO SSA - USAID REVISADO Y ACTUALIZADO POR SSA - PRAGUAS		CONSULTOR:	
		FISCALIZADOR:	
		FECHA:	
<b>TANQUE DE RESERVA DE FERROCEMENTO 40 M3</b>		DIBUJO: PRAGUAS	PLANO: 4 DE 4
ESCALA: INDICADAS	ARCHIVO: TFC40		

**MEMORIA TÉCNICA  
PROPUESTA DE MEJORA PARA  
EL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE LA  
PARROQUIA DE NANEGALITO**

**Marzo 2023**

**BRENDA CAIZA  
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

# INFORMACIÓN GENERAL



El Río San José se encuentra en Nanegalito, al norte de Quito. Siendo un efluente del Río Pachijal



A 6.15 km de la captación se encuentra un tanque de cloración con capacidad de 250 L, alado de un tanque de llegada con una capacidad de 8 m<sup>3</sup>.

Este sistema de desinfección no se encuentra en funcionamiento.



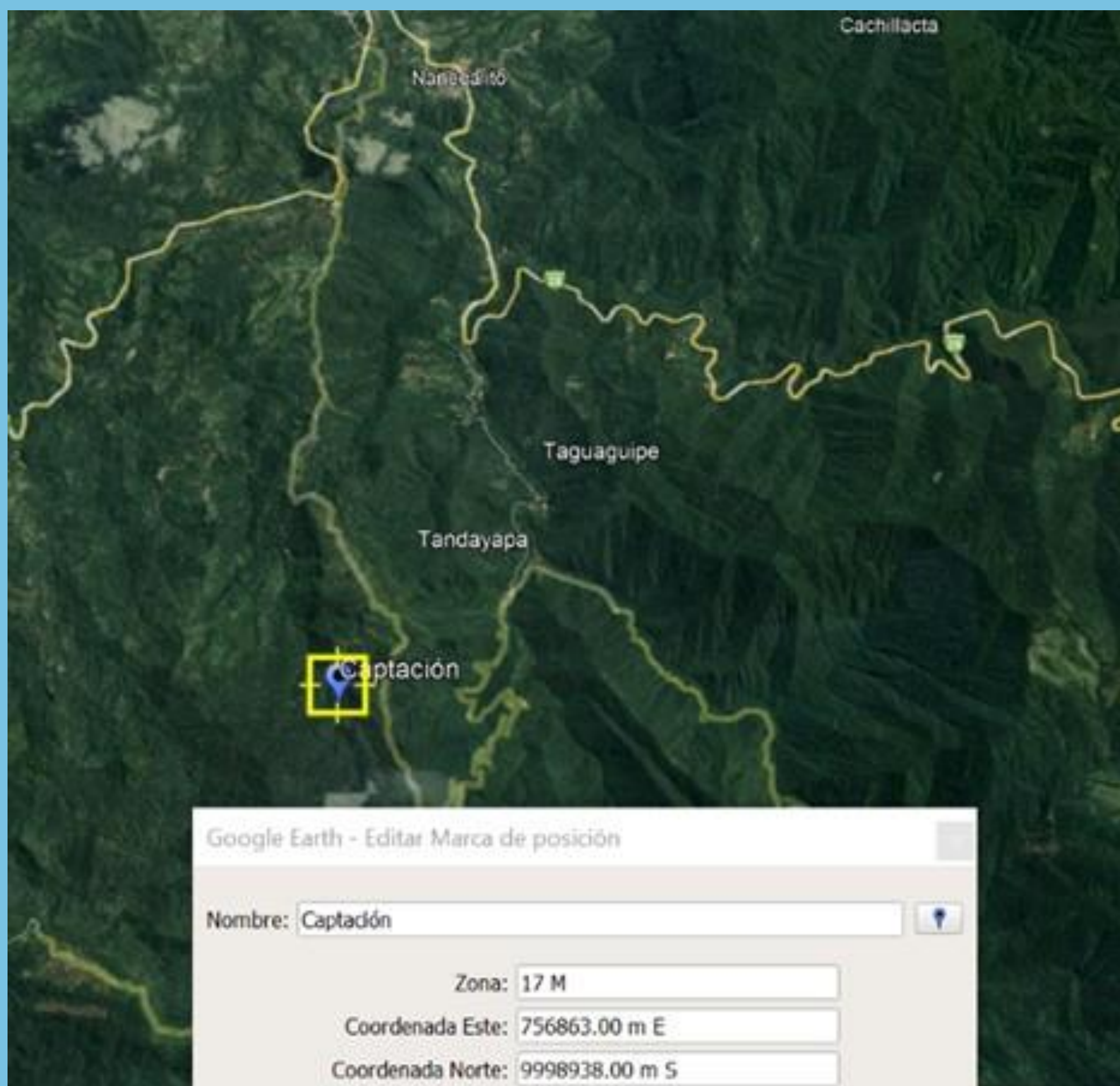
Nanegalito abastece de agua a 3026 habitantes.



# Ubicación

## Punto de muestreo

Nombre	Coordenadas UTM	Descripción
Captación	18 756612 4795	Captación del efluente del Río Pachijal



# Calidad del Agua

La calidad del agua se evalúa parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en cada una de agua, garantizando que su aplicación sea segura para la actividad que se requiera.

La fuente que abastece a la Parroquia de Nanegalito , no abastece en temporadas de sequía por lo que se evaluó el efluente del Río Pachijal mediante análisis tanto en laboratorio como in situ como en el laboratorio.

Posteriormente se compararon los resultados obtenidos en relación con lo indicado en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).



## Parámetros in situ

Parámetro	Unidad	Datos	Límite máximo permisible (TULSMA)			
			Consumo humano	Riego agrícola	Uso pecuario	Fines Recreativos
Temperatura	°C	15.46	-	-	-	-
pH	pH	7.56	6-9	6-9	-	6.5-8.3
Conductividad	µS/cm	65	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	Medido	mg/L	-	3	-	-
	Saturado calculado	% saturación	-	-	-	>80
Turbidez	NTU	7	100	5	-	-

Los valores obtenidos en los parámetros medidos in situ, a diferencia del Oxígeno disuelto medido, no muestran ningún valor fuera del límite permisible. Por otro lado, el oxígeno disuelto es muy importante debido a que con este la mayoría de animales que viven en las fuentes hídricas necesitan de su concentración para vivir. Pero debemos tomar en cuenta que en aguas superficiales el OD tiende a variar significativamente por que depende de factores como: el clima, la hora, etc. Es por ello que no es muy alarmante la cantidad que se midió de oxígeno disuelto in-situ, porque podría bajar su concentración, y poder cumplir con la normativa vigente.



## Análisis de sólidos

Se determina menor presencia de sólidos disueltos volátiles a comparación de los sólidos suspendidos volátiles, por lo que se vería afectada la fuente debido a que produce reducción del oxígeno disuelto. Por otro lado, existe una gran cantidad de sólidos disueltos totales a comparación de los suspendidos totales, por lo que se supone que existe grandes cantidades de sales inorgánicas tales como: calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos).

Parámetro	Unidad	Datos	Límite máximo permisible (TULSMA)			
			Consumo humano	Riego agrícola	Uso pecuario	Fines Recreativos
Sólidos Totales	mg/L	98	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	78	-	-	3000	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	20	-	-	-	-



# Calidad del Agua

## Parámetros químicos

Parámetro	Unidad	Datos	Límite máximo permisible (TULSMA)			
			Consumo humano	Riego agrícola	Uso pecuario	Fines Recreativos
Análisis de parámetros químicos						
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	0	<4	-	-	-
Demanda de Biológica Oxígeno (DBO)	mg/L	0	<2	-	-	-
Oxígeno Disuelto	%saturación	73.71	-	-	-	<80
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.56	-	3	-	-
Manganeso	mg/L	0.037	-	0.2	-	-
Nitritos	mg/L	0.018	0.2	0.5	0.2	-
Nitratos	mg/L	3.5	50	-	50	-
Sulfatos	mg/L	0	500	250	-	-
Fosfatos	mg/L	0.22	-	-	-	-
Hierro	mg/L	0.11	1	-	-	-
Cloruros		9.93	-	-	-	-

Todos los parámetros químicos analizados en la captación se encuentran en límites permisibles, a excepción del Oxígeno disuelto para el uso en el riego agrícola y por otra casi llegando al límite para uso en fines recreativos.



Altas concentraciones de oxígeno disuelto pueden ocasionar muerte en la vida acuática debido a que este factor determina la existencia de condiciones aerobias en el medio particular, pero se debe tomar en cuenta que en las aguas superficiales tiene de a variar, por lo que tiene a bajar su concentración.

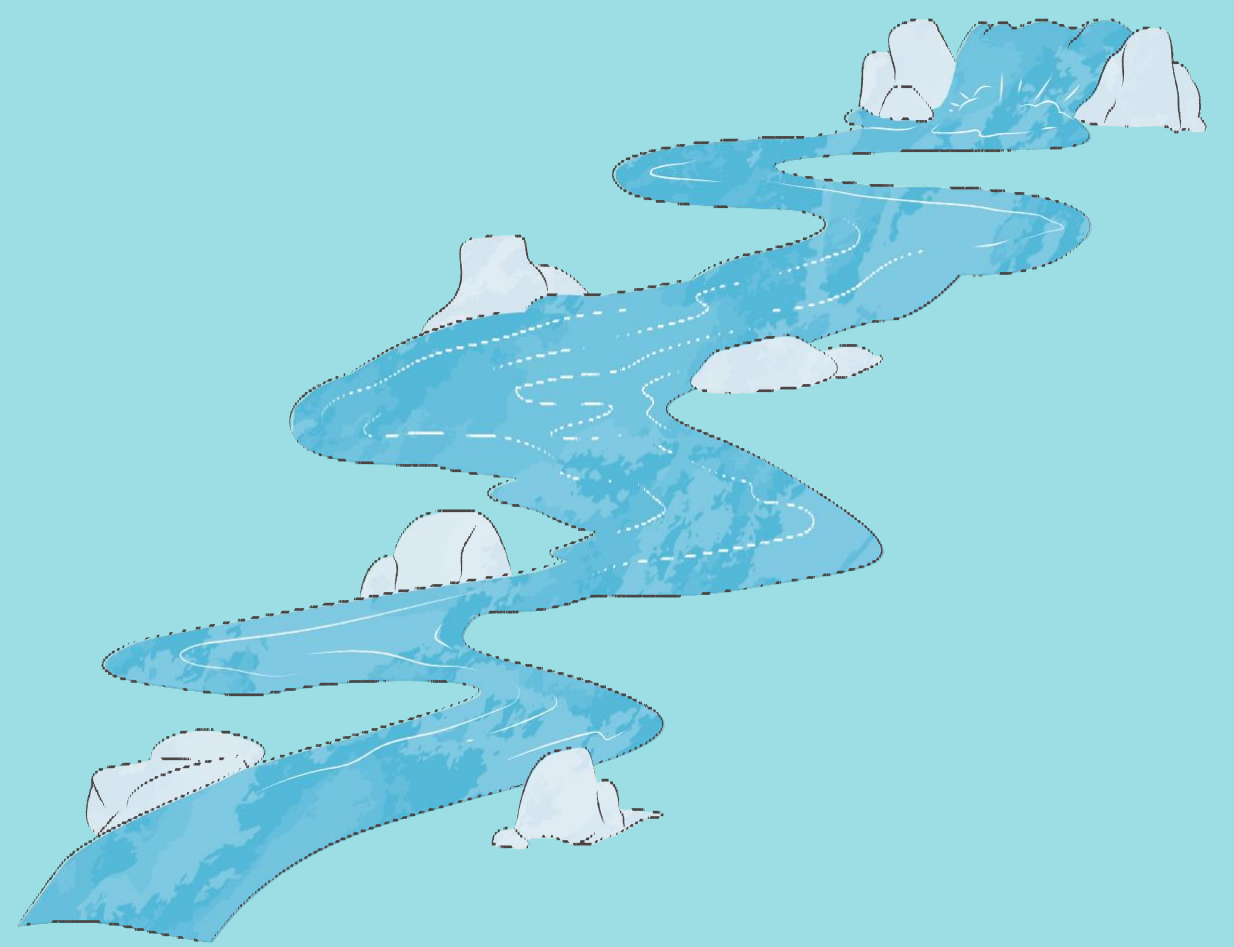


## Parámetros biológicos

En la comparación con la normativa TULSMA, se observa que ambos valores al ser cuantificados cumplen con la normativa, por lo que se puede confirmar que el agua de la captación puede ser usada para el riego agrícola, uso pecuario, consumo humano y hasta fines recreativos.

Parámetro	Unidad	Datos	Límite máximo permisible (TULSMA)			
			Consumo humano	Riego agrícola	Uso pecuario	Fines Recreativos
Coliformes fecales	NMP (Número Más Probable) / 100ml	<1.1	1000	1000	1000	200
Coliformes totales	NMP/ 100ml	1.1	-	-	-	2000

# Evaluación del Índice de calidad del agua



PARÁMETRO	$I_{Cl}$	$I_{CF}$	$I_{CT}$	$I_{CE}$	$I_{DBO}$	$I_{DT}$	$I_{PO4}$	$I_{N-N03}$	$I_{OD}$	$I_{pH}$	$I_{SD}$	$I_{SS}$	$I_T$	
IMPORTANCIA	0,5	4	3	2	5	1	2	2	5	1	1	0,5	0,5	27,5
TOTAL	36,2	400	285,1	200	500	94,2	137,3	200	368,5	93,2	100	43,9	38,09	2496,67
VALOR	9,92	0	1,1	0,11	0	0	0,22	0,35	5,59	6,55	78	20	7,1	
<b>ICA GLOBAL</b>														<b>90,79</b>

Se obtuvo un ICA GLOBAL “bueno”, por lo que, al no tener exceso o presencia de material iónico, materia suspendida, nutrientes o coliformes, solo necesita de la implementación de un sistema de desinfección, para lograr así la confianza de su consumo o de cualquier otro uso para el cual sea requerida.

# Propuesta de mejora

## Sistema de desinfección



### Hipo clorador

Se propone implementar este sistema de desinfección para actualizar el sistema que se encuentra en funcionamiento, el cual debió ser diseñado para un caudal menor, ya que este debe contar con una dosificación de cloro constante según estudios realizados por la Norma de la EMAAP-Q, el cual establece que se debe utilizar dicha tabla debido a que nuestra turbidez se encuentra menor a 1 UNT, por ende se escogió la concentración mínima de cloro aplicada que es 0.4 mg/L con un factor K de 20, con esto se pudo delimitar el tiempo de retención con relación a la temperatura y pH correspondiente de la captación de la siguiente manera:

Temperatura °C	pH	K	Concentración (C)	t=k/C (min)
15,84	6.55	20	0.4	25

Una vez obtenido el tiempo de retención se determinó se calculó el volumen de agua a desinfectarse en un tiempo de recarga de 7 días.

## Determinación del volumen que llega al tanque

K1 Coef. de consumo diario	Población (hab)	Dotación (L/ hab*día)	Q promedio (L/s)	Q máximo diario (L/s)	Tiempo de recarga (Días)	V= Qmd* Tr (L)	V (m3)
1,25	6547	160	12,120	15,16	7	9162720	9163

El coeficiente de consumo diario (K1) se lo adquirió de (Secretaría del Agua)

Una vez obtenido el volumen de agua que se desinfecta durante un tiempo de recarga de 7 días se propone utilizar hipoclorito de calcio al 70%, debido a que el hipo clorado por goteo tiene su nombre por el uso de cloro en esta presentación, además, el hipoclorito de calcio tiene una mayor concentración de cloro que el hipoclorito de sodio; esto hace que se puede tener una recarga más espaciada en días. Además, es fácil adquisición en el mercado. A continuación, se detallan los cálculos para determinar la cantidad de hipoclorito que se necesita para una correcta desinfección:

## Cantidad de cloro a utilizar en un sistema de desinfección

Concentración teórica (mg/l)	% Cloro (65- 70)	P= C*V/(%Cloro) *10 (gr)	(kg)
0,8	70	10471,680	10,47

## Preparación de la solución madre

Tenemos como resultado una dosificación, la cual debe ser recargada cada 7 días en un tanque de 2000 m<sup>3</sup> con 10.47 kg de cloro, con un caudal de goteo de 3.3 ml/s. Se debe tomar en cuenta que, si se tiene una concentración mayor a 5000 mg/l, el PVC se cristaliza, por ende, no se lo recomienda utilizar.

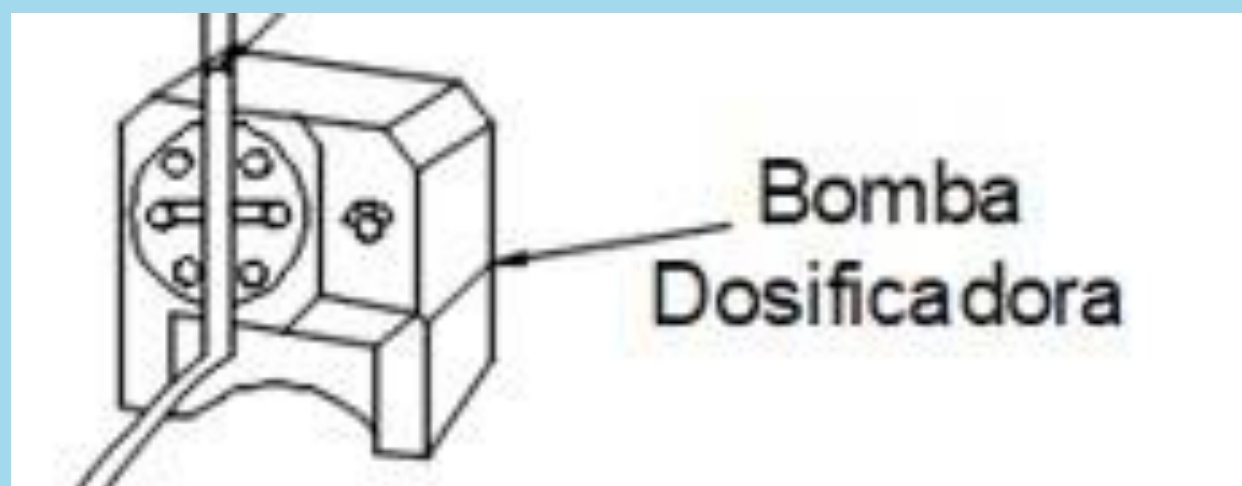
Volumen de solución Clorada (L)	K1	Caudal de dosificación		
		Porcentaje	Concentración Máxima (mg/L)	Q goteo (ml/s)
2000	1,25	0,7	3665,088	3.3

El tanque que es utilizado actualmente no es capaz de almacenar la capacidad que se requiere, es por ello que se requiere ampliar el tanque.

El tanque de almacenamiento actual es muy pequeño, es por ello que se necesita implementar un tanque de 36.36 m<sup>3</sup>, para lo cual se propone utilizar un tanque de reserva de ferrocemento de 40m<sup>3</sup> diseñado por el proyecto PRAGUAS del Programa De Agua Y Saneamiento Para Comunidades Rurales Y Pequeños Municipios

# Propuesta de mejora

## Bomba dosificadora



Este tipo de bomba es utilizada para introducir sustancias desinfectantes en el agua, su ajuste puede ser manual o automático. Esta bomba es ubicada antes del tanque en el cual se va a depositar la sustancia desinfectante.



Para establecer una dosificación de la solución clorada constante y en las concentraciones establecidas se debe implementar una bomba dosificadora de cloro la cual se conecta al tanque y regula la dosis de cloro, para luego pasar al tanque de almacenamiento.

# Presupuesto



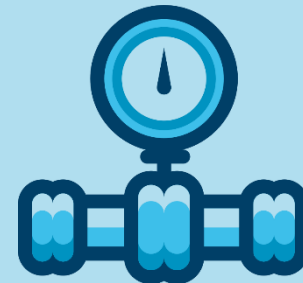
En el presupuesto se tomó en cuenta los principales materiales y accesorios para que se dé una buena desinfección.

## Rubros del Hipo clorador

## Valor de una bomba dosificadora en el mercado

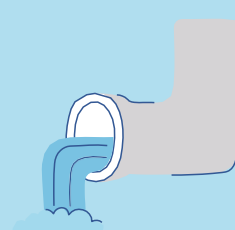
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (\$)
Mampostería ladrillo mambro común	m2	1	\$7,00	\$7,00
Caseta metálica para cloración (Provisión y montaje)	u	1	\$1.102,72	\$1.102,72
Tanque para hipo clorador 500 litros polietileno incl. Accesorios (provisión e instalación)	u	1	\$2.385,43	\$2.385,43
Hipoclorito de calcio al 70% - Granulado (Caneca 45kg) Provisión	u	1	\$134,14	\$134,14
<b>TOTAL</b>				<b>\$3.629,29</b>

MATERIAL	PRECIO
Bomba dosificadora	\$ 250



## LITSTA DE MATERIALES PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

## LITSTA DE ACCESORIOS PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO



ACCESORIOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>DESAGUE Y LIMPIEZA</b>			
Tramo corto PVC 110mm	1	\$73,06	\$73,06
Universal 2"	3	\$3,60	\$10,80
Neplo	3	\$42,23	\$126,70
Válvula Compuerta 2"	1	\$184,44	\$184,44
TEE HG 2"	1	\$1,91	\$1,91
Neplo HG	2	\$33,24	\$66,48
Codo de 90° 2"	2	\$2,00	\$4,00
Tramo corto	1	\$73,06	\$73,06
Tramo corto	1	\$73,06	\$73,06
Tramo corto	1	\$73,06	\$73,06
Adaptador hembra	1	\$10,03	\$10,03
<b>SALIDA</b>			
Cernidera de aluminio	1	\$3,52	\$3,52
Tramo Corto	1	\$73,06	\$73,06
Universal	2	\$3,60	\$7,20
Neplo	2	\$33,24	\$66,48
Válvula compuerta de bronce roscada	1	\$184,44	\$184,44
Tramo corto	1	\$73,06	\$73,06
Adaptador hembra	1	\$10,03	\$10,03
<b>ENTRADA</b>			
Adaptador hembra	1	\$10,03	\$10,03
Válvula Compuerta de bronce roscada	1	\$184,44	\$184,44
Neplo	2	\$33,24	\$66,48
Universal	2	\$3,60	\$7,20
Neplo	2	\$33,24	\$66,48
Codo de 90° 2"	3	\$2,11	\$6,34
Tramo Corto	1	\$73,06	\$73,06
Neplo	1	\$33,24	\$33,24
<b>AERADORES</b>			
Neplo HG	2	\$33,24	\$66,48
Codo de 90° 2"	4	\$2,11	\$8,45
Neplo HG	2	\$33,24	\$66,48
<b>TOTAL</b>			<b>\$1703,10</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES + ACCESORIOS+ HIPOCLORADOR +BOMBA DOSIFICADORA</b>			<b>\$12.474,55</b>

La implementación total del sistema de desinfección es aproximadamente de \$12.474,55, incluyendo el hipo clorador, la bomba dosificadora y el tanque de ferrocemento para el almacenamiento, cabe aclarar que los precios no incluyen IVA, pero son precios similares a la realidad. Como se puede observar en el desglosé de cada material o accesorio la mayor cantidad de presupuesto está destinada a los materiales del tanque de almacenamiento. Se considera un precio razonable al tratarse de un tanque que almacenará 40 m3 para una población de 3026 habitantes.

# Operación y Mantenimiento

Los encargados de la operación y mantenimiento, deben informar a los moradores de la Parroquia que el servicio será suspendido temporalmente durante el tiempo que tarde el mismo. Además, los operadores deben capacitarse frecuentemente sobre el tema, para precautelar la salud de los moradores; EL gobierno autónomo descentralizado debe encargarse de controlar eso.

## Hipo clorador

El mantenimiento se lo debe realizar periódicamente, revisando que exista suficiente solución de cloro residual los valores deben estar entre 0.2-0.6 mg/l. Cada 2 meses se debe realizar un cambio a la solución

Para lograr mantener el sistema del hipo clorador se debe realizar revisiones a todos sus componentes y asegurarse de que se encuentre funcionando correctamente.

## Limpieza del tanque de almacenamiento

Limpiar con cloro con el fin de desinfectar cualquier agente que se encuentre en el tanque.

Los días de limpieza se deben programar de manera que no afecte a la comunidad, es por eso que se debe realizar cuando exista un bajo consumo del recurso para evitar molestias a los moradores de la comunidad.

1. Usar equipo de protección personal (EPP), el cual incluye lo siguiente:

Botas, Casco, Guantes para limpieza. Además, se debe tener a la mano cepillos, baldes, rodillos y cualquier otra herramienta que se requiera.

## Limpieza y desinfección del tanque de distribución



2. Se cierra la entrada del recurso y se abre la salida del tanque.

3. Se retira la tapa del tanque.

4. Para el ingreso al tanque se debe tener un nivel bajo de agua se debe encontrarse entre 20-50 cm; una vez se alcance el nivel se debe cerrar la salida y abrir el desagüe.

5. Remover el material que se encuentre sedimentado en el fondo utilizando cepillos o escobas.

6. Cepillar todo el tanque incluyendo las paredes y piso.

7. Como último paso se encuentra la desinfección utilizando una solución de cloro con una concentración entre 150-200 mg/l.

Preparación:

En un recipiente de 20 l adicionar una cucharada de cloro en polvo, mezclar, y dejar reposar por 10 minutos.

8. Se toma el rodillo con la solución y se lo pasa por las paredes.

9. Para que se desinfecte correctamente se debe dejar reposar la solución por 4 horas.

10. Una vez transcurrido el tiempo enjuagar con una manguera o baldes de ser el caso, enviando todo por el desagüe.

11. Retirar todos los implementos y materiales utilizados para la limpieza.

12. Cerrar el desagüe y permitir que el agua fluya nuevamente.

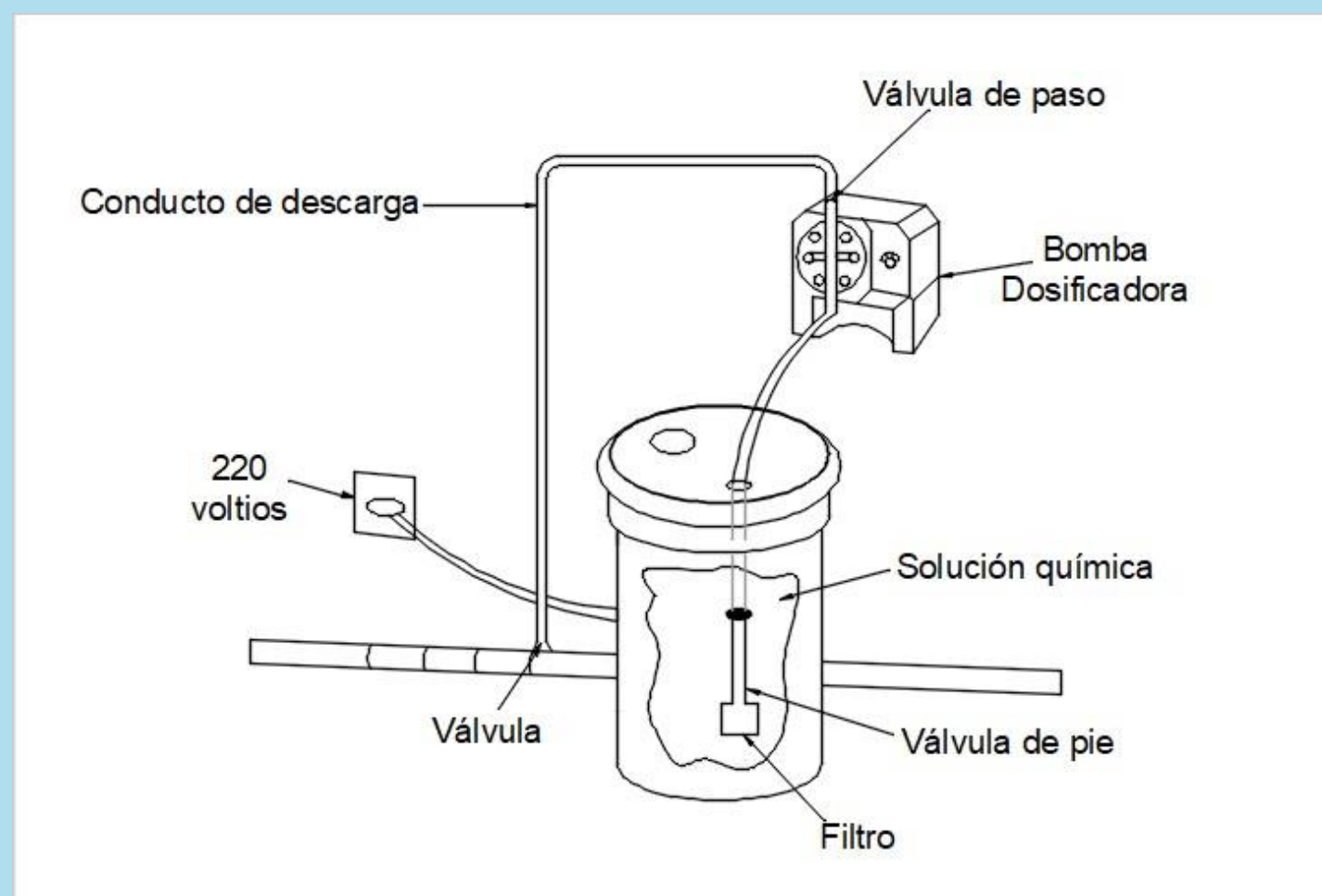
13. Asegurarse de que el cloro residual se encuentre mejor a 5mg/l

14. Abrir la válvula de acceso a la red de distribución.

15. Se recomienda realizar esta acción cada 6 meses, pero se la puede hacer una vez al año.

# Bomba dosificadora

Las bombas dosificadoras no requieren de mucho mantenimiento, puede bastar con limpiar el filtro una vez al año, pero para sustancias que tiende a formar cristales es necesario realizar el mantenimiento una vez al mes, o si es el caso en el periodo en el cual no se encuentre activa la boba, limpiar la válvula de expulsión y el filtro.



## Mantenimiento

Para efectuar el mantenimiento se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Gafas y Guantes adecuados para el producto que se esté dosificando.
- La bomba dosificadora debe estar completamente apagada, es decir desconectada de la red.
- La presión del tubo que está impulsando debe ser descargada.
- Asegurarse de que tubo de aspiración debe estar completamente vacío.

Es importante girar la bomba con la válvula hacia abajo, con el fin de asegurar que salga completamente la sustancia que se encuentra dentro de la bomba. El operador debe asegurarse de que en el cabezal se encuentre circulando agua, si no se puede realizar lo antes mencionado se debe crear un puente entre la válvula de impulsión y la expulsión.





# CONCLUSIONES

- La parroquia de Nanegalito abastece a 3026 habitantes actualmente, por lo que necesita del Río San José que es un fluente del Río Pachijal para incrementar el caudal sobre todo temporadas de sequía, además, de que su calidad es muy buena y no necesita de un sistema de potabilización complejo para que pueda ser consumida por el ser humano. Por lo que al comparar todos los parámetros que fueron analizados con la normativa vigente TULSMA, cumplieron con el límite permisible, es por ello que no se tiene ninguna duda del excelente recurso hídrico con el cual cuenta la Parroquia de Nanegalito
- La fuente de agua cuenta con un Índice de Calidad de Agua del 90.76, el cual la hace una fuente excelente para el consumo humano, además, de ser también apta para fines recreativos, uso pecuario y agrícola. Se importante conocer que el agua de la captación debe ser desinfectada antes de ser consumida, debido a que todo tipo de agua para consumo humano tiene la obligación de tener mínimo una desinfección previa.
- El tanque con el que cuenta actualmente el sistema de abastecimiento del GAD Nanegalito es de 8 m<sup>3</sup>, pero la capacidad que necesita para que el sistema abastezca con eficiencia es de 40 m<sup>3</sup>, por lo que se propone utilizar un tanque de ferrocemento del Proyecto PRAGUAS, además de una bomba dosificadora. Es necesario operar y mantener adecuadamente el sistema de desinfección para garantizar la calidad del agua, además de que el sistema se encuentre en constante funcionamiento al contrario del sistema actual.
- La propuesta de mejora tiene un costo de implementación de \$12.474,55, la cual tendría mayor costo en los materiales para la construcción del tanque de ferrocemento, pero se considera un precio razonable debido a que va almacenar 40 m<sup>3</sup> para 3026 habitantes, además de que no necesita un mantenimiento que implique costos elevados.

# RECOMENDACIONES

- Se requiere de análisis de calidad en el punto de muestreo seleccionado en la captación periódicos, para asegurar que la calidad se encuentre bien y con ello generar confianza al consumidor
- La comunidad debe cuidar la cuenca del Río Pachijal para evitar la contaminación, que a futuro pueda afectar el caudal de consumo. Además de evitar el pastoreo de animales, el uso de pesticidas y fertilizantes cerca de la fuente
- Construcción de un camino que permita el acceso a la captación, debido a que el camino para ingresar a la captación se encuentra empinado y puede provocar accidentes.
- En el hipo clorador necesita que se revise periódicamente la concentración de cloro se encuentra inferior a 5000 mg/l, debido a que si excede dicha cantidad puede cristalizar tuberías que estén hechas de PVC.