



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES.**

**Estudio y Diseño Del Sistema De Agua Potable Para La
Comunidad De Las Nieves, Cantón Pucara, Provincia Del
Azuay.**

**Trabajo De Grado Previo A La Obtención Del Título De:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES.**

Autores:

CARLOS ELÍAS LITUMA ZHUNIO.

EDDY ALFREDO MORQUECHO ARICHABALA.

Director:

FABIAN EDUARDO CAZAR ALMACHE.

CUENCA – ECUADOR

2018

DEDICATORIA

Con en el mayor de mis respetos, dedico este trabajo a toda mi familia, y en especial a mi madre y a mi hermano, que siempre estuvieron conmigo cuidándome y dándome fortaleza para avanzar. A todos aquellos que fueron incondicionales y que siempre me desearon lo mejor y no dudaron de mis capacidades.

Carlos Lituma Z.

Este trabajo de grado está dedicado a mis padres, hermanos y a mi querido hijo por ser mi motivación e inspiración para superarme cada día y seguir adelante.

A mi novia por su apoyo incondicional y siempre apoyarme en cada momento difícil brindándome su amor y comprensión y saber motivarme con sus consejos.

Eddy Morquecho A.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre Isabel Zhunio por el esfuerzo incondicional, por el ejemplo que me brinda cada día, por haberme dado la oportunidad de estudiar y terminar mi carrera.

También agradezco a mi familia por el constante apoyo, a mis docentes por el conocimiento brindado, y al Ing. Fabian Cazar por habernos apoyado de la mejor manera.

Carlos Lituma Z.

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar a este momento tan esperado de mi formación profesional, a los docentes de la Universidad del Azuay por haberme formado intelectualmente especialmente al Ing. Fabian Cazar por guiarme con paciencia durante este trabajo de grado y a todos mis compañeros que fueron parte de tan maravillosa experiencia.

A mis padres Raúl Morquecho y Teresa Arichabala quienes con sus palabras de aliento supieron motivarme y guiarme con sabiduría e inculcarme valores de responsabilidad y perseverancia, por su apoyo incondicional y por haber confiado en mí.

Eddy Morquecho A.

INDICE DE CONTENIDOS

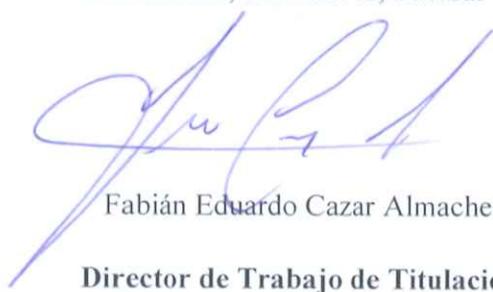
CONTENIDOS	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCION	xiv
CAPITULO 1: GENERALIDADES	1
ALCANCE	1
ANTECEDENTES	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos:	3
CAPITULO 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACION	4
2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	4
2.1.1 Localización y cobertura.....	4
2.1.2 Situación geográfica	8
2.1.3 Clima.....	9
2.1.4 Topografía.....	11
2.1.5 Vialidad.....	13
2.1.6 Telecomunicaciones.....	13
2.1.7 Uso del suelo.....	14
2.2 TOPOGRAFÍA.....	15
2.2.1 Levantamiento topográfico	15
2.3 ANÁLISIS DE SUELOS	16
2.3.1 Parámetros geotécnicos.....	16
2.3.2 Toma de muestras para el análisis del suelo	21
2.3.3 Resultado de los análisis	22
2.4 ABASTECIMIENTO ACTUAL DEL AGUA Y ANÁLISIS DE LAS FUENTES.....	24

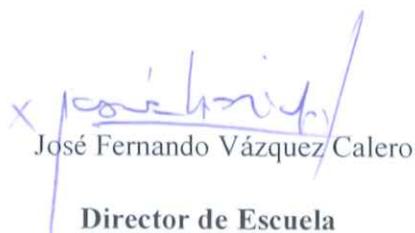
**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA
COMUNIDAD DE LAS NIEVES, EN EL CANTÓN PUCARÁ, PROVINCIA
DEL AZUAY**

RESUMEN

El sistema de agua para consumo humano con el que cuenta hoy en día la comunidad Las Nieves, de la parroquia Pucará es deficiente en cantidad y calidad. Para mejorar y ampliar el mismo, en el presente trabajo de titulación se diseñó la mejora del sistema y consta de un diseño de la captación, conducción y red de distribución, todo de acuerdo a la norma vigente, además se diseñó una planta de tratamiento de agua potable incluyendo un manual de operación y mantenimiento. Con este trabajo se pretende que la población servida mejore su calidad de vida y disponga agua potable de calidad y un servicio continuo. Los estudios serán entregados al GAD de Pucará, para gestión y planificación de recursos.

Palabras claves: Captación, tratamiento, conducción, agua potable, red de distribución, Las Nieves, Pucará.


Fabián Eduardo Cazar Almache
Director de Trabajo de Titulación


José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela


Carlos Elías Lituma Zhunio


Eddy Alfredo Morquecho Arichabala

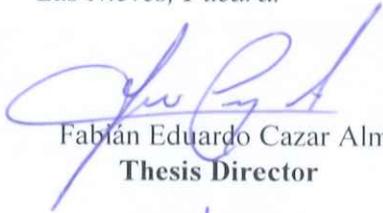
Autores

STUDY AND DESIGN OF THE DRINKING WATER SYSTEM FOR LAS NIEVES COMMUNITY, PUCARA CANTON, PROVINCE OF AZUAY

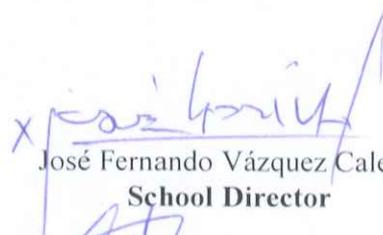
ABSTRACT

The water system for human consumption at *Las Nieves* community located in the parish of Pucara is deficient in quantity and quality. In order to improve and expand it, this graduation work designed further improvements to the system, which consisted of a design of water catchment, conduction and distribution network in accordance with current regulations. In addition, a drinking water treatment plant was designed including an operation and maintenance manual. This work aimed at improving the quality of life of the population by providing drinking water of good quality and continuous service. The studies will be delivered to the GAD (Autonomous Decentralized Municipal Government) of *Pucara*, for its management and planning.

Keywords: catchment, treatment, conduction, drinking water, distribution network, *Las Nieves, Pucara.*

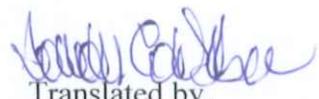

Fabían Eduardo Cazar Almache
Thesis Director


Carlos Elías Lituma Zhunio


José Fernando Vázquez Calero
School Director


Eddy Alfredo Morquecho Arichabala
Authors


UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

2.4.1 Situación actual.....	24
2.4.2 Análisis de las fuentes.....	26
2.5 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN, CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	39
2.5.1 Población	39
2.5.2 Vivienda.....	41
2.5.3 Servicios e infraestructura	42
2.5.4 Características socioeconómicas.....	46
2.5.5 Encuesta – adquisición del servicio.....	48
2.6 REVISIÓN DE LAS NORMATIVAS A UTILIZAR EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	49
CAPITULO 3: ANALISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	50
3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO	50
3.1.1 Definiciones generales	50
3.1.2 Periodo de diseño.....	51
3.1.3 Población de diseño	51
3.1.4 Niveles de servicio.....	52
3.1.5 Dotaciones	53
3.1.6 Variaciones de consumo	54
3.1.7 Parámetros de diseño para la captación	57
3.1.8 Parámetros de la línea de conducción.....	63
3.1.9 Parámetros de tratamiento	67
3.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.....	80
3.3 SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	80
3.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MATERIALES Y ACCESORIOS A UTILIZAR	81
3.4.1 Criterios de selección.....	82
3.4.2 Ventajas y desventajas de los materiales	83
3.4.3 Selección de material de tuberías y accesorios.....	85
3.5 DIFERENTES ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA DISCUSIÓN.	86
3.5.1 Captación	86
3.5.2 Línea de conducción	87
3.5.3 Planta de tratamiento	87
3.5.4 Red de distribución	88

CAPITULO 4: DISEÑO DEFINITIVO.....	89
4.1 DISEÑO DE LA CAPTACIÓN	89
4.1.1 Resumen de los resultados de la captación	90
4.2 DISEÑO DE LA CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA	90
4.3 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	92
4.3.1 Filtro lento de arena	92
4.3.2 Desinfección	93
4.3.3 Tanques de almacenamiento de agua potable.....	93
4.3.4 Bombeo.....	94
4.4 RED DE DISTRIBUCIÓN	94
CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO REFERENCIAL Y ESPECIFICACIONES	
TECNICAS.....	96
6.1 PRESUPUESTO GENERAL	96
6.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	96
6.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	97
CAPÍTULO 6: PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	98
6.1 MANTENIMIENTO PLANIFICADO O PREVENTIVO	98
6.2 MANTENIMIENTO DE EMERGENCIA	98
6.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	98
6.4 OPERADOR.....	99
6.5 CAPTACIÓN.....	99
6.6 CONDUCCIÓN.....	100
6.7 PLANTA DE TRATAMIENTO	102
6.8 TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	107
6.9 RED DE DISTRIBUCIÓN	108
6.10 CONEXIONES DOMICILIARIAS.....	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
BIBLIOGRAFÍA.....	113
ANEXOS.....	117

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. División política de la provincia del Azuay.	5
Figura 2. 2. División política – Administrativa del cantón Pucará	6
Figura 2.3. Comunidades del cantón Pucará.....	8
Figura 2. 4. Comunidad “Las Nieves”.	9
Figura 2. 5. Isotermas Pucará.....	10
Figura 2. 6. Isoyetas Pucará	11
Figura 2. 7. Rango de pendientes Pucará.	12
Figura 2. 8. Cobertura y uso del suelo.	15
Figura 2. 9. Levantamiento topográfico de la comunidad Las Nieves.....	16
Figura 2. 10. Prueba de límite líquido.....	17
Figura 2. 11. Prueba de límite plástico.....	17
Figura 2. 12. Calicata donde se pretende implementara la PTAP.....	22
Figura 2. 13. Perfil Estratigráfico.....	23
Figura 2. 14. Esquema de cimentación.	24
Figura 2. 15. Toma de muestras de agua.....	29
Figura 3. 1. Captación agua subterránea (manantial).....	57
Figura 3. 2. Esquema de la cámara húmeda.....	58
Figura 3. 3. Flujo del agua en un orificio de pared gruesa.	59
Figura 3. 4. Carga disponible y perdida de carga.....	60
Figura 3. 5. Distribución de los orificios – Pantalla frontal.....	61
Figura 3. 6. Componentes básicos de un FLA con control a la entrada.....	71
Figura 3. 7. Sectorización de la red de distribución.	81
Figura 3. 8. Captación de manantial de ladera.	86

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. 1. Porcentaje de vialidad urbana y rural.....	13
Ilustración 2. 2. Escala de valores de pH.	30
Ilustración 2. 3. Clases de acidez según el pH	31
Ilustración 2. 4. Población por edad del cantón Pucará.	41
Ilustración 2. 5. Material de construcción.....	42
Ilustración 2. 6. Familias que tiene el servicio de agua potable.....	42
Ilustración 2. 7. Tipos de almacenamiento.....	43
Ilustración 2. 8. Familias que cuentan con el servicio de energía eléctrica.	43
Ilustración 2. 9. Telefonía celular.	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Rango, área de pendiente, y porcentaje de la parroquia Pucará.....	12
Tabla 2. 2. Uso del suelo de la parroquia Pucará.....	14
Tabla 2. 3. Tabla de prefijos y sufijos.....	19
Tabla 2. 4. Aforo en las captaciones existentes	26
Tabla 2. 5. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.	27
Tabla 2. 6. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección.....	27
Tabla 2. 7. Clasificación del agua de una fuente.....	28
Tabla 2. 8. Resultados de la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos respecto a la normativa.....	38
Tabla 2. 9. Resultados de los parámetros para las vertientes.	39
Tabla 2. 10. Población por parroquias.	40
Tabla 2. 11. Población de la comunidad Las Nieves.	40
Tabla 2. 12. Población por ubicación geográfica de cada parroquia.	40
Tabla 2. 13. Ramas de actividades de la población económicamente activa del cantón Pucará.....	47
Tabla 2. 14. Nivel de estudios de los habitantes del cantón Pucará.....	48
Tabla 3. 1. Tasa de crecimiento poblacional.....	52
Tabla 3. 2. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	53
Tabla 3. 3. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.	54
Tabla 3. 4. Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.....	56
Tabla 3. 5. Tabla de parámetros de diseño base.....	56
Tabla 3. 6. Resumen de resultados de los parámetros de diseño.	57
Tabla 3. 7. Coeficiente de Flamant.	65
Tabla 3. 8. Tabla de velocidades permisibles y coeficientes de rugosidad de Manning.	67

Tabla 3. 9. Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME.....	70
Tabla 3. 10. Nivel de riesgo – Resultados.....	70
Tabla 3. 11. Criterios de diseño recomendados por autores y países para filtros lentos de arena.	73
Tabla 3. 12. Diseño para el filtro grueso ascendente y el filtro lento de arena.	74
Tabla 3. 13. Concentraciones mínimas residuales de cloro.	78
Tabla 3. 14. Tabla de sectorización de la red de distribución.	81
Tabla 3. 15. Ventajas y desventajas de los materiales.	83
Tabla 3. 16. Criterios de selección del material de tuberías y accesorio.	85
Tabla 4. 1. Resumen de resultados de la captación: cámara húmeda.	90
Tabla 4. 2. Coeficiente de Rugosidad para diferentes Materiales.....	91
Tabla 4. 3. Remoción estimada de los parámetros de calidad.	93

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento topográfico de la comunidad Las Nieves.

Anexo 2. Estudio geotécnico para la planta de tratamiento de agua potable, Las Nieves.

Anexo 3. Determinación de los caudales de las vertientes de Las Nieves.

Anexo 4. Resultados de los análisis de calidad de agua.

Anexo 5. Tabulación de encuestas de Las Nieves.

Anexo 6. Calculo de la cámara de captación.

Anexo 7. Plano de la cámara de captación.

Anexo 8. Diseño de la planta de tratamiento de agua potable.

Anexo 9. Planos de la planta de tratamiento de agua potable.

Anexo 10. Diseño de los tanques de almacenamiento de agua potable.

Anexo 11. Catálogo de bomba.

Anexo 12. Calculo de caudales por nodos.

Anexo 13. Plano del análisis hidráulico de la red de distribución.

Anexo 14. Planos de perfiles de la red de distribución y conexiones domiciliarias.

Anexo 15. Presupuesto general y análisis de precios unitarios para la planta de tratamiento de agua potable.

Anexo 16. Cronograma valorado.

Anexo 17. Fórmula polinómica y asignación de términos.

Anexo 18. Especificaciones técnicas ETAPA EP.

Anexo 19. Especificaciones técnicas, Pucará.

Ver CD.

Lituma Zhunio Carlos Elías

Morquecho Arichabala Eddy Alfredo

Trabajo de Titulación

Ing. Fabian Eduardo Cazar Almache. MSc

Octubre, 2017

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA
COMUNIDAD DE LAS NIEVES, EN EL CANTÓN PUCARÁ, PROVINCIA
DEL AZUAY**

INTRODUCCIÓN

El Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pucará con la finalidad de satisfacer los servicios de agua potable de los habitantes de la Comunidad las Nieves, realiza el convenio con la Universidad del Azuay, proponiendo a los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones la realización de estudios y diseños definitivos del sistema de agua potable para comunidad “Las Nieves”.

El objetivo fundamental de esta tesis de grado es entregar un diseño definitivo del sistema de agua potable para la Comunidad Las Nieves del cantón Pucará, el mismo que constará de: captación, planta de tratamiento y red de distribución; que permita satisfacer la demanda actual y futura de los usuarios de la comunidad.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

Alcance

Mediante la elaboración del diseño de sistema de agua potable, se pretende satisfacer la necesidad de servicio de agua potable para mejorar la calidad de vida de la población. El diseño del sistema constará de: captación, conducción de agua cruda, planta de tratamiento y red de distribución; de tal forma que logre abastecer de agua potable a 163 habitantes en un periodo de 20 años.

Para el diseño se tomará en cuenta la mejor alternativa (que sea factible, económica y de fácil mantenimiento), siempre y cuando cumpla con la norma vigente.

Antecedentes

El gobierno autónomo descentralizado del cantón Pucará con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población planifica dotar de los servicios básicos a sus comunidades, siendo su prioridad abastecer a la población del líquido vital en calidad, cantidad y continuidad. Para esto han construido sistemas de agua potable, logrando ampliar su cobertura de un 50% en el año 2010 al 79% en el año 2012, y a sabiendas que aún quedan sectores importantes de la población que prescinden de este servicio básico esencial para su vida cotidiana, tienen la meta de llegar a implementar varios sistemas de agua potable en comunidades demográficamente pequeñas. Entre estas comunidades se encuentra la comunidad Las Nieves (GAD del cantón Pucará, 2016).

Actualmente la comunidad de Las Nieves cuenta con un sistema de agua entubada que carece de tratamiento para garantizar su calidad apta para el consumo humano, la cual proviene de captaciones aledañas a fuentes subterráneas (manantiales de ladera).

De acuerdo a lo presenciado en una visita previa a la comunidad de Las Nieves se evidenció que la tubería actual presenta problemas de fisuras, falta de presión y

disminución de caudal, todo esto debido a la falta de operación y mantenimiento tanto en la red de distribución como en la infraestructura de las captaciones.

Se entiende que las condiciones mencionadas anteriormente y otras situaciones ajenas han provocado que los habitantes de la comunidad migren hacia las urbes o inclusive a otros países (principalmente a los Estados Unidos de América), reflejando un claro abandono y poco desarrollo de la producción agrícola. Además, muy pocos migrantes invierten sus divisas en su tierra natal debido a la carencia de servicios básicos ocasionando un estancamiento económico en la población (GAD del cantón Pucará, 2016).

Justificación

Actualmente la comunidad de Las Nieves, en el cantón de Pucará carece del servicio básico de agua potable, lo cual ha llevado a que se abastezcan de varias fuentes de agua cruda sin la garantía de que sea apta para el consumo humano, dicha agua cruda es transportada mediante mangueras de polietileno colocada directamente en las fuentes de agua, provocando así el deterioro de la salud de los pobladores y en especial de los niños que habitan en la comunidad.

Por lo tanto, es necesaria la recopilación de información actualizada y la propuesta de diseño de agua potable de incluye; captaciones, línea de conducción, planta de tratamiento, red de distribución y conexiones domiciliarias; para así brindar un servicio básico de buena calidad a los habitantes.

El gobierno autónomo descentralizado del cantón Pucará con la finalidad de mejorar el acceso al agua para consumo humano en calidad, cantidad y continuidad, ha gestionado el apoyo de la Universidad del Azuay, la misma que ha propuesto a las estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones la realización de los estudios de agua potable mediante el convenio específico donde se busca realizar los estudios para la implementación de sistemas de agua potable para la comunidad de Las Nieves.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el diseño del sistema de agua potable para la comunidad de Las Nieves, ubicada en el cantón Pucará, el mismo que incluirá: captación, conducción, planta de tratamiento, reservas y red de distribución.

Objetivos específicos:

- Recopilar información de campo correspondiente a topografía, análisis de agua cruda, estudio de suelos, situación socioeconómica mediante encuestas.
- Realizar el diseño del sistema, el mismo que consta de: captación, conducción, planta de tratamiento, reservas y su manual de operación.
- Realizar un presupuesto basado en la cuantificación de cantidades de obra, presupuesto, análisis de precios unitarios, cronograma valorado, fórmula polinómica y especificaciones técnicas.

CAPITULO 2

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

2.1 Recopilación de información cartográfica

2.1.1 Localización y cobertura

El cantón Pucará se ubica al suroeste de la provincia del Azuay sobre un ramal occidental de la cordillera de los Andes, denominado cordillera de Mollepungo, con una superficie de 585.09 km² a unos 120 km de la ciudad de Cuenca. Las cotas van desde 4000 m.s.n.m. a 200 m.s.n.m. ya que se encuentra claramente influenciado de la topografía debido a la cercanía de la costa.

El cantón Pucará está limitado por (Figura 2.1):

- Al norte, con el cantón Camilo Ponce Enrique
- Al sur, con el cantón Pasaje provincia El Oro
- Al este, con el cantón Santa Isabel
- Al oeste, con el cantón Pasaje provincia El Oro

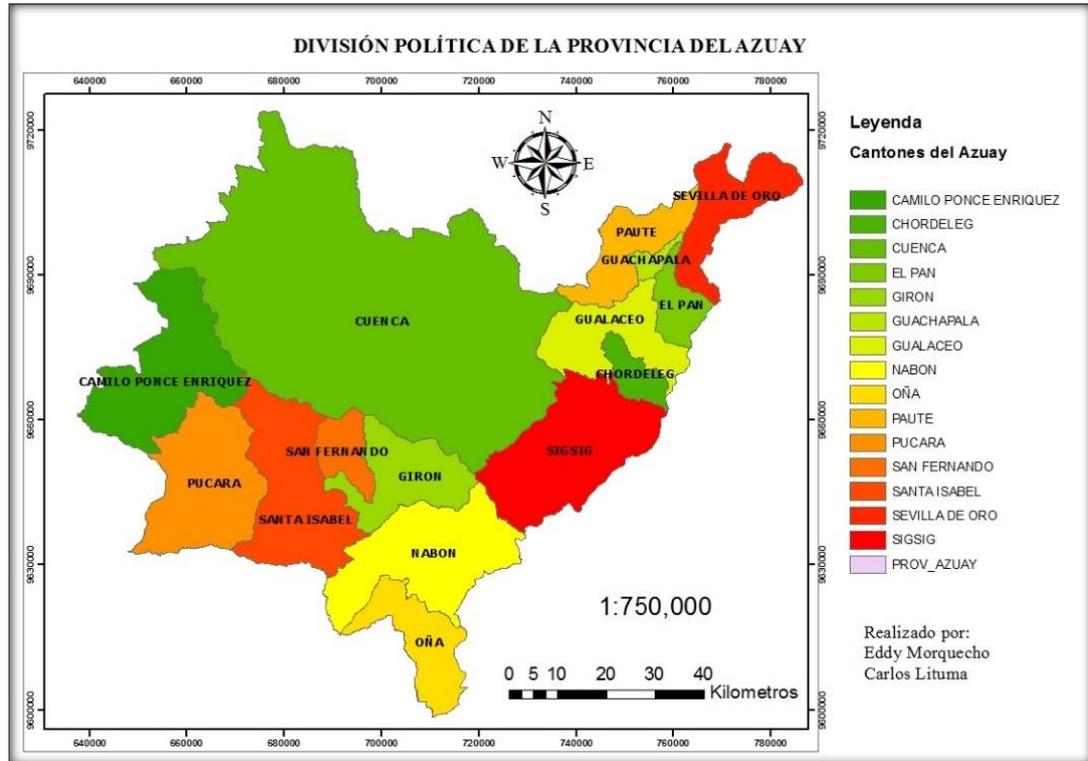


Figura 2. 1. División política de la provincia del Azuay.

Fuente: (IERSE, 2010).

Elaborado por: (Morquecho & Lituma, 2017).

El cantón Pucará se encuentra constituido por dos parroquias (Figura 2.2):

- Pucará
- San Rafael de Sharúg

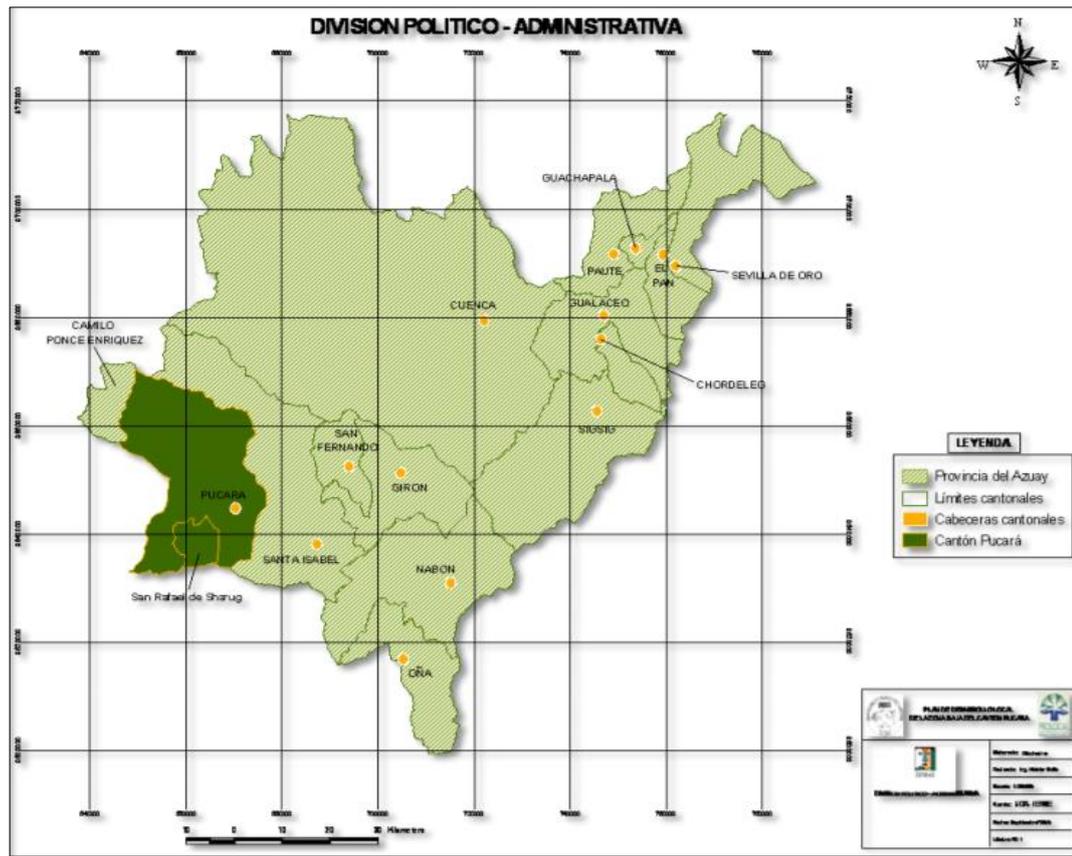


Figura 2. 2. División política – Administrativa del cantón Pucará

Fuente: (PDOT del GADM de Pucará)

El cantón Pucará está conformado por 76 comunidades, las mismas que son (Figura 2.3):

- Alaqui
- Breña
- Campana
- Cerro Negro
- Chaullapamba
- Chilcapaya
- Chocar
- Deuta
- El Chulco
- Gramalote
- Guarumal
- Guasipamba

- La Dolorosa de Chuqui
- La Enramada
- Las Palmas
- Limón
- Limbe
- LLurigaipa
- Macarena
- Marco
- Minas
- Pasha
- Patococha
- Pucará
- Rambrán
- San Antonio de Nugru
- San Rafael de Sharo
- San Sebastián
- Santa Cecilia
- Sarayunga
- Tendales
- Tres Banderas
- Vivar
- Zuro

En los últimos años se han reconocido como comunidades a los siguientes poblados:

- La Estancia
- Las Nieves
- Peñas de Mollepungo
- San José de la Betania

Fuente: (PDOT Pucara, 2016)



Figura 2.3. Comunidades del cantón Pucará

Fuente: (PDOT del GADM de Pucará)

2.1.2 Situación geográfica

Las coordenadas UTM en el Datum WGS84 en la Zona 17M, para la comunidad Las Nieves es (Figura 2.4):

- Coordenada Este: 671999 m E
- Coordenada Norte: 9659116 m S

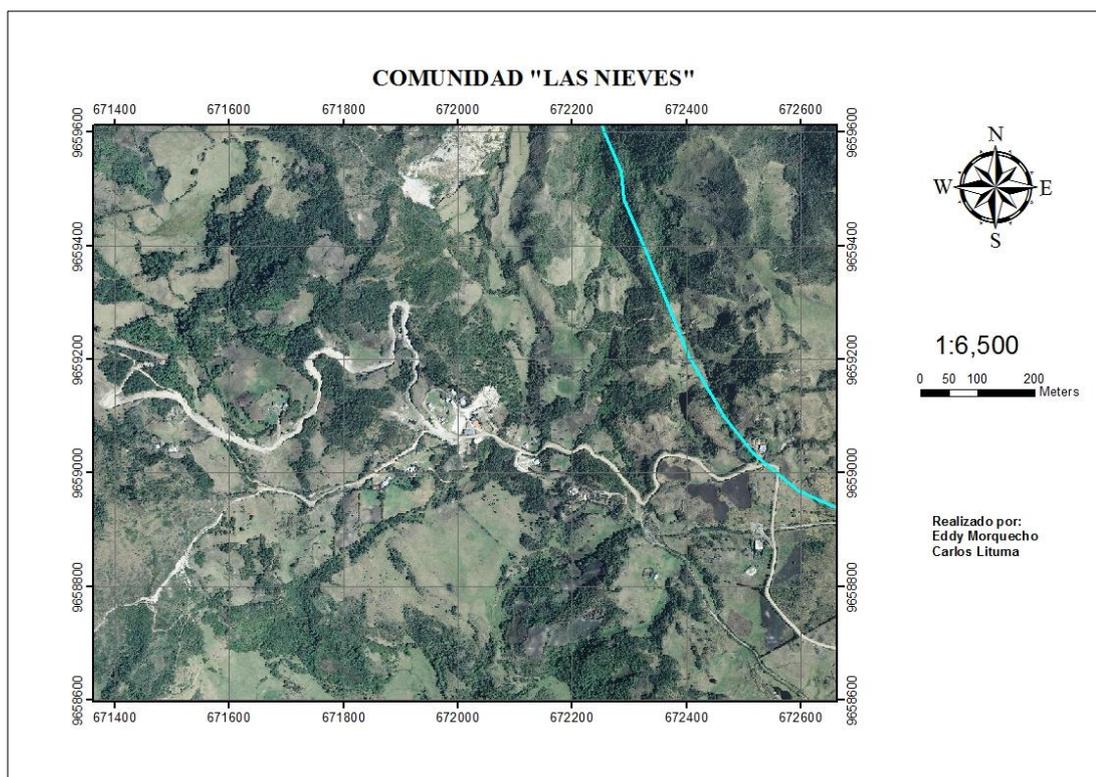


Figura 2. 4. Comunidad “Las Nieves”.

Fuente: (IERSE, 2010).

Elaborado por: (Morquecho & Lituma, 2017).

2.1.3 Clima

2.1.3.1 Isotermas

El clima de la parroquia Pucará es heterogéneo acorde de las distintas alturas o conformaciones orográficas, las temperaturas en los páramos andinos oscilan entre 4°C y 6°C, como también el clima tropical en 24°C de temperatura propia de la sabana costera. Las temperaturas más bajas se encuentran en la zona central mientras las temperaturas más altas en la zona oeste del cantón Pucará. En términos generales, el clima está determinado en las partes bajas por las corrientes de Humboldt y Niño, y en sus partes altas por la Cordillera de los Andes.

La temperatura promedio anual de la comunidad Las Nieves se encuentra entre 11°C y 13°C debido a que se encuentra a una altitud de aproximadamente 3200 m.s.n.m (SENPLADES, 2011).

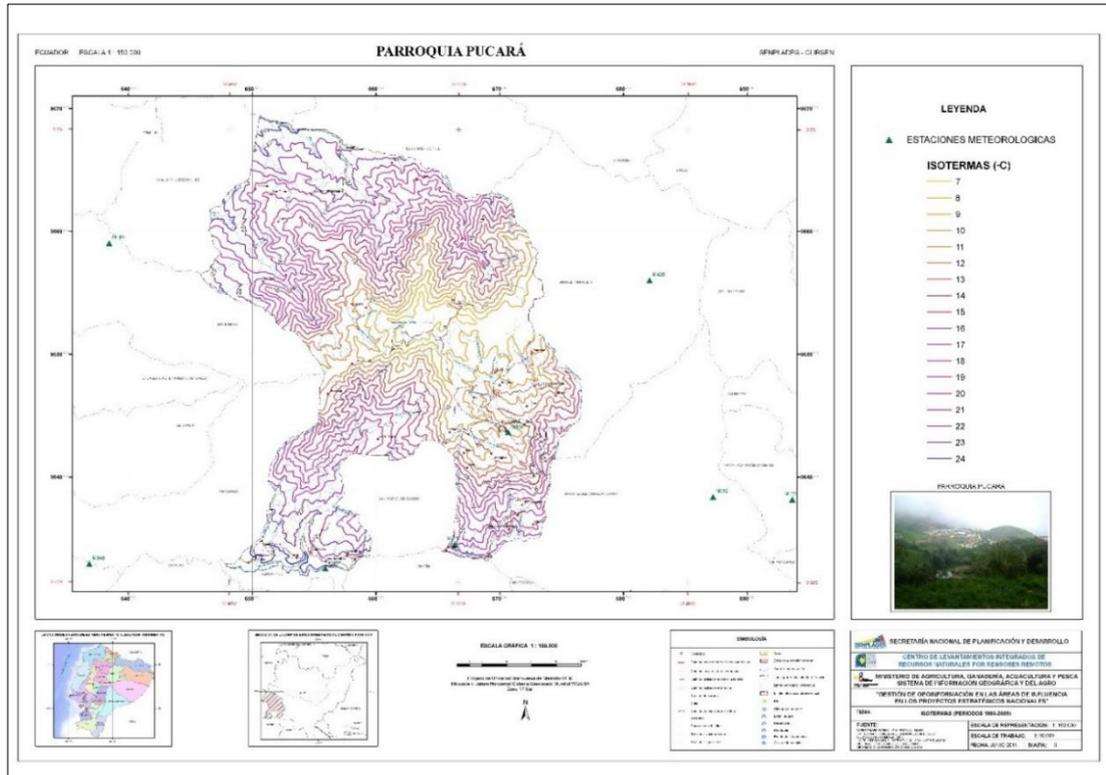


Figura 2. 5. Isothermas Pucará.

Fuente: (INEC, 2010).

2.1.3.2 Isoyetas

La parroquia Pucará presenta siete rangos de precipitaciones con variaciones notables en sus niveles, variando de 700 a 1200 mm de precipitación anual. El primer rango está comprendido en precipitaciones menores a 700 mm de precipitación en promedios anuales que engloba comunidades como: Chocan, Chaullapamba, Zuro, Deuta y Limón.

El segundo rango está comprendido entre precipitaciones de 700-800 mm de precipitación anual que engloba comunidades como: San Antonio de Nugru, LLurigaipa, Alaqui, Llimbe, Minas, La Dolorosa de Chuqui.

El tercer rango se encuentra comprendido entre precipitaciones de 800 – 900 mm de precipitación anual que engloba comunidades como: Tres Banderas, Pasha, Marco, Patachocha, Bretaña, El Chulco y Rambran.

El cuarto rango se encuentra comprendido entre precipitaciones de 900 – 1000 mm de precipitación anual que engloba las comunidades: Las Nieves, Campana, Púcul, Gramalote, Sarayunga y Chilcapaya.

El quinto rango se encuentra comprendido entre precipitaciones de 1000 – 1100 mm de precipitación anual que engloba comunidades como: Cerro Negro, La Enramada, Macarena, Gena, San Gerardo, San Juan de Naranjilla y La Unión.

En el sexto y séptimo rango se encuentran precipitaciones entre 1100 – 1200 mm de precipitación anual y > 1200 mm de precipitación anual respectivamente. En el primer caso se encuentra comunidades como: Las Palmas, Guasipamba y La Rica; en el segundo caso no se encuentran poblaciones (SENPLADES, 2011).

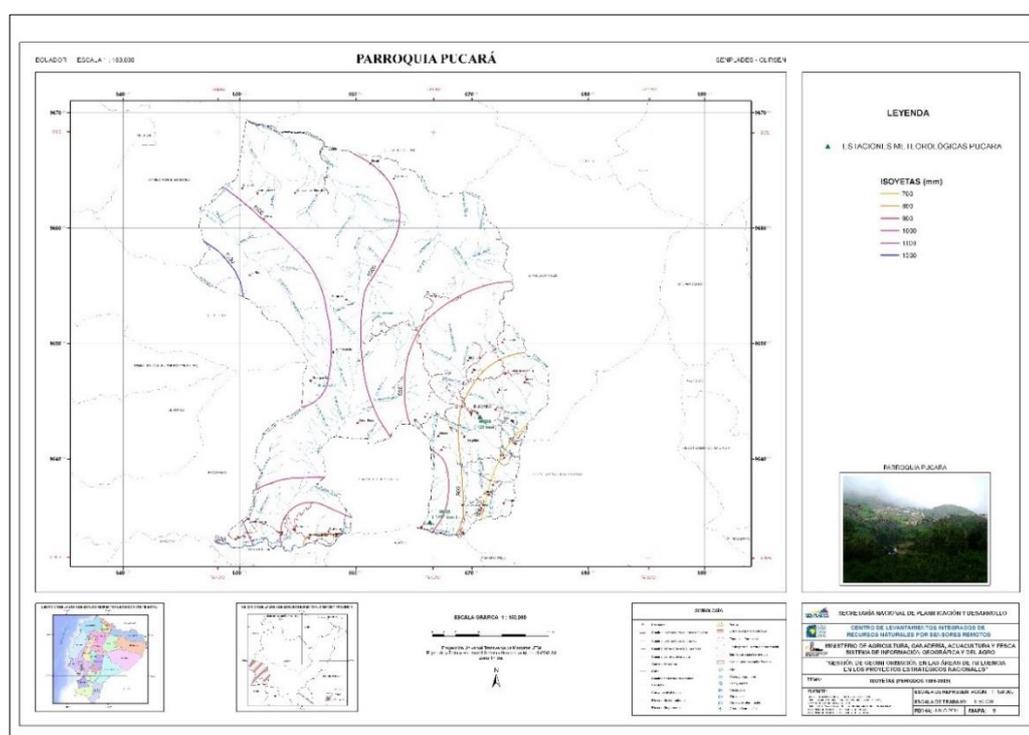


Figura 2. 6. Isoyetas Pucará

Fuente: (INEC, 2009)

2.1.4 Topografía

La topografía de la parroquia Pucará es irregular, esto se debe a que se encuentra ubicada en el ramal occidental de la cordillera de los andes, llamada cordillera de Mollepungo. En la tabla 2.1 se muestra el análisis topográfico de la parroquia Pucará,

en donde se presentan las siguientes características de acuerdo a sus pendientes y áreas, en donde se observa que el 48.84% del área de la parroquia Pucará tiene una pendiente fuerte comprendida entre (70 – 100) % con una extensión de 35680.7 ha. También se observa que una importante área de la parroquia se encuentra en un rango muy suave con una pendiente entre 5 – 12 %, que representa el 18.68% con un área de 13649.55 ha (SENPLADES, 2011).

Tabla 2. 1. Rango, área de pendiente, y porcentaje de la parroquia Pucará.

PENDIENTE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HA)	PORCENTAJE (%)
Plana	(0 a 5) %	298.23	0.40
Muy suave	(5 a 12) %	2546.75	3.48
Suave	(12 a 25) %	13649.55	18.68
Media	(25 a 40) %	11399.31	15.60
Media a Fuerte	(40 a 70) %	7862.17	10.76
Fuerte	(70 a 100) %	35680.7	48.84
Escarpada	>100%	1605.78	2.19
Total		73042.49	100

Fuente: (PDOT Pucara, 2016)

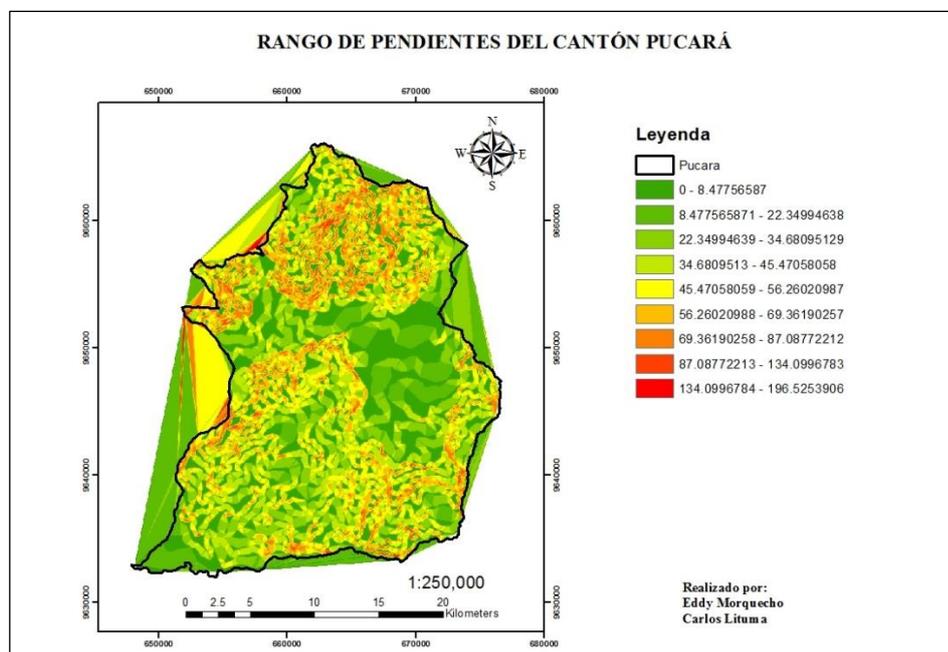


Figura 2. 7. Rango de pendientes Pucará.

Fuente: (IERSE, 2010).

Elaborado por: (Morquecho & Lituma, 2017).

2.1.5 Vialidad

Para acceder a la parroquia Pucará, la conexión física de Cuenca – Pucará, se realiza mediante el anillo vial: Cuenca- Girón- Santa Isabel, siguiendo la panamericana Sur, hasta que se ingresa por el poblado de Limón perteneciente a la parroquia de Pucará.

Además, la red vial del cantón Pucará cuenta con 241.5 km de vías las cuales 227.42 km conforman la red vial rural y 14.12 km la red vial urbana del cantón (Ilustración 2.1), la misma que es deficiente debido a que cuenta únicamente con 883.74 m de pavimento rígido, el resto de vías internas del centro cantonal está conformada por vías lastradas. Estableciendo que apenas el 6.2% de las vías urbanas cuentan con pavimento rígido y el resto de vías tienen una capa de rodadura de lastre que representan el 93.8% de la red vial (PDOT Pucara, 2016).

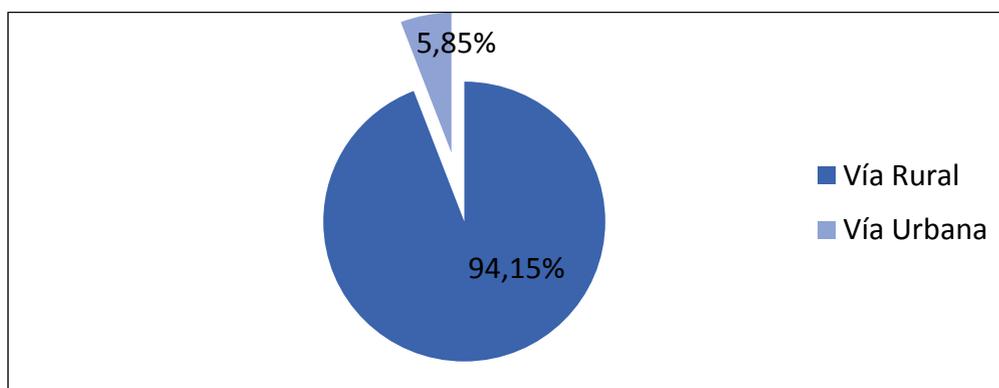


Ilustración 2. 1. Porcentaje de vialidad urbana y rural.

Fuente: (PDOT Pucara, 2016).

2.1.6 Telecomunicaciones

La parroquia Pucará cuenta con cuatro medios de comunicación: radio, teléfono, televisión e internet; pero estos no llegan a cubrir toda la parroquia, ya que, debido a las distancias entre viviendas, comunidades y la topografía montañosa de la región no se da la posibilidad de que todos los habitantes disfruten de los mismos servicios (PDOT Pucara, 2016).

2.1.7 Uso del suelo

El suelo de la parroquia Pucará está conformada por 8 categorías de uso de suelo las mismas que son: conservación y protección, pecuario, pecuario-protección, agropecuario, forestal, agrícola, agua y antrópico. En el cual, la mayor parte del suelo, con una superficie de 335.28 km² que representa el 50.19%, está destinada a la conservación y protección de la vegetación neutral frente al avance de la frontera de la vegetación agrícola que deteriora a la vegetación nativa. En la tabla 2.2 se representa los porcentajes de acuerdo a su uso y áreas (SENPLADES, 2011).

Tabla 2. 2. Uso del suelo de la parroquia Pucará.

USO	ÁREA (Km²)	PORCENTAJE (%)
Agrícola	3.88	0.58
Agropecuario	98.15	14.69
Agua	0.90	0.14
Antrópico	0.70	0.10
Conservación y protección	335.28	50.19
Forestal	10.58	1.58
Pecuario	113.61	17.01
Pecuario- Protección	104.90	15.70
Total	668.0019	100

Fuente: (SENPLADES, 2011).

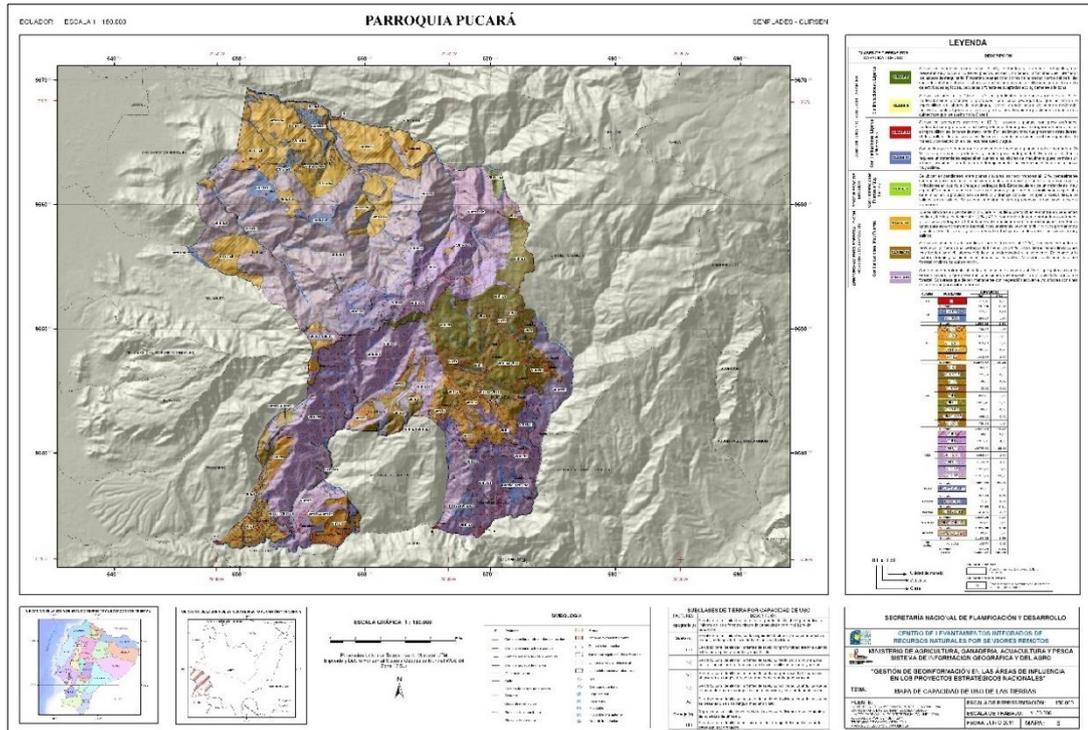


Figura 2. 8. Cobertura y uso del suelo.

Fuente: (INEC, 2010).

2.2 Topografía

2.2.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de la comunidad Las Nieves fue realizado por parte del equipo técnico del GAD de Pucará (Figura 2.9), el cual cuenta con información importante como: la ubicación exacta de cada una de las casas y edificaciones a las cuales se va a abastecer, así mismo están incluidas las carreteras y senderos que forman parte de la comunidad. Toda esta información es muy importante para poder realizar el diseño del sistema de agua potable.



Figura 2. 9. Levantamiento topográfico de la comunidad Las Nieves.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Ver Anexo 1. Levantamiento topográfico de la comunidad “Las Nieves”

2.3 Análisis de suelos

2.3.1 Parámetros geotécnicos

2.3.1.1 Límites de Atterberg

2.3.1.2 Límite líquido (LL)

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico (Crespo, 2004).

Además, Braja Das (2001) dice: que el límite líquido es obtenido por medio de la copa de Casa grande y se define como el contenido de humedad con el cual se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes (Figura 2.10).

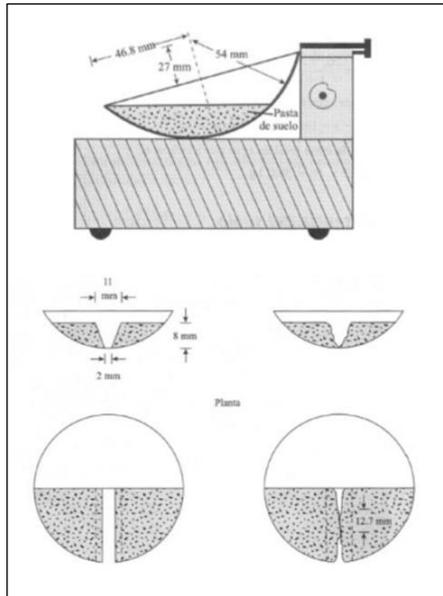


Figura 2. 10. Prueba de límite líquido.

Fuente: (Das, 2001).

2.3.1.3 Límite plástico (PL)

Se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona (Figura 2.11). El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo. la prueba es simple y se lleva a cabo enrollando repetitivamente a mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo de forma elipsoidal (Das, 2001).



Figura 2. 11. Prueba de límite plástico.

Fuente: (Das, 2001).

2.3.1.4 Índice de plasticidad (IP)

Se denomina índice de plasticidad o índice plástico (IP) a la diferencia numérica entre los límites líquidos y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo (Crespo, 2004).

$$I.P. = L.L. - L.P. \quad (1)$$

2.3.1.5 Sistema de clasificación del suelo

El objetivo principal del sistema de clasificación es agrupar a los distintos suelos con características geotécnicas similares para posteriormente agruparlos en grupos y subgrupos para su fácil identificación, permitiendo definir propiedades geotécnicas básicas del suelo. Brindando un lenguaje común para expresar de manera directa las características generales del suelo.

Los criterios de clasificación se basan generalmente en 2 aspectos: condiciones granulométricas y las condiciones de plasticidad del suelo.

Debido a la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza, se han desarrollado varios métodos de clasificación del suelo, en el cual, se tiene un grado de aceptación de los siguientes sistemas de clasificación: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) y La Asociación Americana Oficial de Carreteras Estatales y Transporte (por sus siglas en inglés A.A.S.H.T.O).

2.3.1.5.1 Sistemas de clasificación S.U.C.S

El sistema unificado de clasificación fue propuesto por A. Casagrande en 1942 y después revisado y adoptado por el *Bureau of Reclamation* de Estados Unidos. En la actualidad el sistema es utilizado para estudios de geotecnia para aplicaciones generales como: cimentaciones, estabilidad de taludes, etc. El sistema unificado de clasificación de suelos utiliza como simbología prefijos y sufijos (Das, 2001). En la

tabla 2.3 se muestran los prefijos y sufijos adaptados por el sistema de clasificación SUCS.

Tabla 2. 3. Tabla de prefijos y sufijos.

SÍMBO LO	G	S	M	C	O	PT	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduada	Mal graduada

Fuente: (Das, 2001).

El sistema unificado clasifica a los suelos en 2 grupos:

- 1) Suelos de grano grueso, cuando más de 50% del suelo es retenido en el tamiz No 200, estos pueden ser grava; cuando más del 50% del suelo es retenido en el tamiz No 4, y arena; cuando más del 50% del suelo pasa el tamiz No 4. En estos casos se utiliza el prefijo G y S.
- 2) Suelos de grano fino, cuando más del 50% del suelo pasa por el tamiz No 200, estos pueden ser limos, arcillas o limos orgánicos, en el cual los prefijos serán M, C y O respectivamente.

Los sufijos dependerán de las condiciones granulométricas y condiciones de plasticidad (Das, 2001).

2.3.1.5.1 Sistema de clasificación A.A.S.H.T.O

El sistema de clasificación AASHTO fue propuesto inicialmente por el *Highway Research Board's Committee* para la clasificación de subrasantes y caminos de tipo granular en 1945. Los suelos pueden clasificarse en 8 grupos principales, A-1 al A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido y índice de plasticidad. Los suelos que se encuentran en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso y los suelos que se encuentran en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son materiales de

grano fino la turba, el lodo y otros suelos altamente orgánicos quedan clasificados en el grupo A-8, estos son identificados por inspección visual (Das, 2001).

Los criterios utilizados para la clasificación:

1) Tamaños de las partículas.

Grava: material que pasa el tamiz de 3in (76.1 mm) y es retenido en el tamiz No 10 (2 mm)

Arena: material que pasa el tamiz No 10 (2 mm) y es retenido en el tamiz No 200 (0.074 mm).

Arcilla y limos: material que pasa el tamiz No 200.

2) Condiciones de plasticidad.

Los suelos limosos se presentan cuando el índice de plasticidad es menor o igual a 10 y los suelos arcillosos se dan cuando el índice de plasticidad es mayor o igual a 11. Esto se aplica para suelos de grano fino.

Para la evaluación de la subrasante de un camino se desarrolló un numero denominado índice de grupo, entre mayor es el valor del índice de grupo para un suelo, menor será el uso del suelo como subrasante. Un índice de grupo mayor a 20 indica un material pobre para ser utilizado en un proyecto. El índice de grupo está dado por la ecuación (Das, 2001).

$$IG = (F - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F - 15) * (IP - 10) \quad (2)$$

En donde:

F: porcentaje que pasa el tamiz No. 200

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad

2.3.1.6 Cohesión

La cohesión es una cualidad en la cual las partículas del terreno pueden mantenerse unidades en virtud de fuerzas internas que dependen de factores como la adherencia

coloidal de la superficie de las partículas., la tensión capilar de las partículas de agua, la atracción electrostática de las superficies cargadas, las condiciones de drenaje y el historial de esfuerzos (ARQHYS, 2012).

2.3.1.7 Capacidad de Carga

Es la capacidad que posee el terreno a soportar las cargas transmitidas a sus capas. Técnicamente la capacidad de carga es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca un fallo por corte del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Es análoga a la capacidad de una viga para soportar una carga sin romperse (Capote, 2012).

2.3.1.8 Asientos admisibles

“Los asientos o asentamientos son las deformaciones verticales producidas por incrementos de carga (en general carga vertical) en un espesor de suelo determinado” (González, 2001).

Bajo las cargas admisibles frente al hundimiento se deberá comprobar que el suelo, al deformarse, no supere los límites tolerables de deformación para el resto de la estructura sustentada (González, 2001).

2.3.2 Toma de muestras para el análisis del suelo

Se estudio el suelo de la planta de tratamiento de agua potable para la comunidad de Las Nieves debido a que soportara cargas permanentes de filtros lentos de arena, caseta de cloración, un tanque de reserva de 10 m³, una bomba y bodega. Para ello se extrajo muestras de los estratos del suelo (calicata) con una profundidad de 3m, la toma de muestras se realizó ante la presencia del presidente de la comunidad, el Sr. Armando Guamán.

Las muestras se sometieron a análisis de contenido de humedad natural, la granulometría y los límites de Atterberg, para posteriormente identificar su clasificación por el sistema SUCS y AASHTO, además se determinó los parámetros geotécnicos como cohesión, esfuerzo del suelo en condiciones húmedas, módulo de

elasticidad del suelo, capacidad soportante, capacidad admisible por limitación de asentamientos.



Figura 2. 12. Calicata donde se pretende implementara la PTAP.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

2.3.3 Resultado de los análisis

Los resultados obtenidos de las propiedades físicas del suelo de acuerdo a los sistemas universalmente conocidos: SUCS (diseño de cimentaciones) y AASHTO (aplicaciones viales); nos da como resultado que el subsuelo del proyecto en el área estudiada está constituido por: limos de alta compresibilidad y dos estratos encontrados hasta una profundidad explorada de 3.00 m.

En el pozo excavado a cielo abierto y estudiado en el laboratorio (Figura 2.13), se identifican dos estratos: un primero que se encuentra a una profundidad de 0.00 a 0.65 m., constituido por un suelo fino cohesivo, que según el SUCS se lo identifica como MH (limos de alta compresibilidad) y de acuerdo a al sistema AASHTO como A-7-5 con índice de grupo 20; y un segundo estrato que se encuentra a una profundidad de 0.65 a 3.00 m. constituido por un suelo fino cohesivo, que según SUCS lo identifica

como MH (limos de alta compresibilidad) y de acuerdo al sistema AASHTO como A-7-5 con índice de grupo 16 (R&R. Laboratorio de Suelos, 2017).

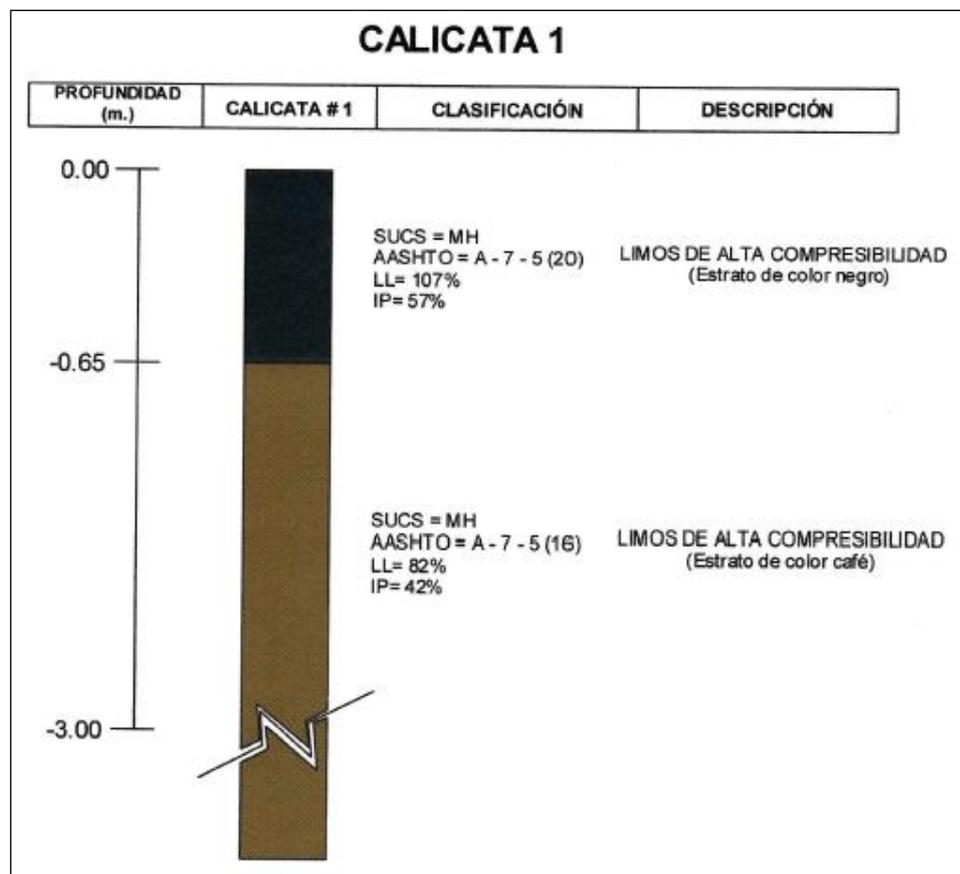


Figura 2. 13. Perfil Estratigráfico.

Fuente: (R&R. Laboratorio de Suelos, 2017).

El subsuelo a nivel de desplante del proyecto está constituido por un estrato de suelo fino "cohesivo", razón por la cual en el presente diseño se recomendará cimentar, mediante losa de cimentación nervada bidireccional armada, a una profundidad $D_f = 0.65$ m., previa reposición del material de subrasante natural, con material de mejoramiento en un espesor de 0.65 m. El mejoramiento utilizado, se recomienda que sea un suelo grueso, (que menos del 50% pase el tamiz No. 200), que su contenido de finos posea un límite líquido menor de 35% y un índice de plasticidad menor de 15%, de hecho, de este modo se recomienda un suelo clasificado según el SUCS como GM o SM.

El material natural de fondo de la excavación, y el material de reposición, se deberá compactar, hasta alcanzar un grado de compactación igual o mayor al 95% de la

energía del proctor estándar, el material de reposición deberá compactarse en capas de hasta 25 cm., con humedades cercanas a la óptima del proctor estándar.



Figura 2. 14. Esquema de cimentación.

Fuente: (R&R. Laboratorio de Suelos, 2017)

La capacidad de carga admisible, q_{adm} , es de 1.22 Kg/cm^2 , mientras que el asentamiento elástico en el centro de la cimentación, s_{ec} , es de 10.95 mm (R&R. Laboratorio de Suelos, 2017).

Ver Anexo 2. Estudio geotécnico para la planta de tratamiento de agua potable, Las Nieves.

2.4 Abastecimiento actual del agua y análisis de las fuentes

2.4.1 Situación actual

La comunidad de Las Nieves cuenta actualmente con un sistema de agua cruda para consumo humano que fue creada hace más de 40 años, la cual se ha ido modificando en el tiempo.

El sistema de agua proviene de 3 fuentes (vertientes), en el cual, cada una de las fuentes posee su propio tanque de captación, para posteriormente ser llevada a cada uno de los hogares mediante tubería de PVC de 3/4 pulg., cada captación tiene el propósito de abastecer a cierto número de habitantes dentro de la comunidad.

Se han denominado a las captaciones según un orden establecido y a continuación se detalla la situación de cada una:

➤ **Captación #1**

Se ubica cerca de la planta procesadora de productos lácteos de la comunidad o cercana a la casa del Sr. Armando Guamán, se encuentra a una altura de 3372 m.s.n.m., y a 1 m de distancia de su vertiente.

Esta captación dota a cinco familias y a una fábrica de productos lácteos.

➤ **Captación #2**

Se ubica cerca de la casa de la Sra. Ana Peña, encontrándose a una altura de 3461 m.s.n.m., siendo esta la que se encuentra mayor altura.

El agua para esta captación es transportada a través de una tubería de PVC de 1 pulg. y 40 m de distancia desde su vertiente.

Esta captación dota a tan solo 2 familias.

➤ **Captación #3**

Se ubica cercana a la casa del Sr. Luis Déleg, con una altura de 3309 m.s.n.m.

Esta captación se encuentra muy distante de la vertiente de la cual se provee de agua, es decir, posee una distancia de 975 m., el agua cruda circula desde la vertiente hacia la captación a través de una tubería de PVC de 1 pulg.

Este es el tanque de captación más grande de la comunidad ya que su vertiente posee el caudal más grande de todas, llegando así a abastecer a 36 familias.

El agua en las captaciones no posee ningún tratamiento de desinfección, las vertientes de agua no han sido protegidas adecuadamente y son susceptibles a la contaminación debido al ingreso de animales.

El mantenimiento del sistema ha sido responsabilidad de los usuarios, pero se han verificado problemas en cuanto a la responsabilidad, ya que hay captaciones en mal estado y con falta de limpieza.

Las redes de distribución actuales sobrepasan los 40 años de servicio por lo que presenta problemas de fugas debido al deterioro de las mismas. Además, la comunidad no cuenta con medidores de agua y no paga un valor mensual por el servicio.

2.4.2 Análisis de las fuentes

2.4.2.1 Evaluaciones de las fuentes

La comunidad cuenta con tres vertientes de agua con las siguientes coordenadas UTM con Datum WGS84 zona 17S

- Vertiente 1: Norte: 9658869m, Este: 672622m y elevación: 3372m.
- Vertiente 2: Norte: 9658128m, Este: 673199m y elevación: 3472m.
- Vertiente 3: Norte: 9658277m, Este: 672943m y elevación: 3364m.

La comunidad utiliza las tres vertientes para el consumo humano y uso doméstico, en donde la vertiente 3 dispone de un mayor caudal de 2.92 l/s, abasteciendo casi en su totalidad a la población. A continuación, se presenta en la tabla 2.4, en la cual muestra los caudales aforados de las vertientes tanto en la época invernal como en el verano.

Tabla 2. 4. Aforo en las captaciones existentes

VERTIENTE	CAUDAL (l/s)	
	INVIERNO	VERANO
1	1,388	0,218
2	0,432	0,084
3	2,923	0,514

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Ver Anexo 3. Determinación de los caudales de las vertientes de Las Nieves.

2.4.2.2 Calidad de la fuente

La norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua establece que: el agua para el consumo humano y uso doméstico es aquella que se utiliza para actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo,

- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de alimentos, materiales o utensilios
- c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general

Entre los principales parámetros para determinar el tipo de tratamiento que se aplicara al agua cruda se presentan en las siguientes tablas 2.5 y 2.6.

Tabla 2. 5. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Turbiedad		UTN	100
Color	color real	UC	100
Ph	pH		6-9
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Coliformes totales	NMP/100ml		3000
Coliformes fecales	NMP/100ml		600
Solidos disueltos totales		mg/l	1000

Fuentes: (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2002).

Tabla 2. 6. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Turbiedad		UTN	10
Color	color real	UC	20
Ph	pH		6-9
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Coliformes totales	NMP /100ml		50*
Solidos disueltos totales		mg/l	500

Fuentes: (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2002).

2.4.2.3 Índice de calidad de Agua

Los índices se generan para utilizar ciertos elementos básicos en función de los usos específicos del agua. La *National Sanitation Foundation* de EE. UU (NSF) establece 9 parámetros para determinar la calidad de agua, si es saludable o no, que son:

1. Coliformes fecales (NMP/100mL)
2. pH (unidades de pH)
3. Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/L)
4. Nitratos (NO₃ en mg/L)
5. Fosfatos (PO₄ en mg/L)
6. Temperatura (°C)
7. Turbidez (UTN)
8. Sólidos disueltos totales (mg/L)
9. Oxígeno disuelto (OD en % de saturación)

Posteriormente, se clasifica la calidad de agua con base a la tabla 2.7:

Tabla 2. 7. Clasificación del agua de una fuente.

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

Fuente: (Lobos, 2002).

2.4.2.4 Toma de muestras para el análisis del agua de la fuente

En la actualidad el agua que abastece a la comunidad Las Nieves no tiene ningún tratamiento para su consumo. Por lo tanto, los habitantes están consumiendo agua cruda.

Se tomaron tres muestras de las diferentes fuentes para determinar la calidad de agua, las mismas que fueron almacenadas en botellas plásticas y en envases esterilizados para posteriormente transportarlas dentro de un cooler con geles refrigerantes, para así

mantener sus características físicas, químicas y microbiológicas intactas hasta llegar al laboratorio de ETAPA EP.

En el laboratorio las muestras fueron sometidas a un análisis físico, químico y microbiológico para determinar las cantidades existentes de: turbiedad, color, pH, conductividad, acidez, alcalinidad, sólidos totales, aluminio, amonio, nitrógeno, DQO, dureza total, fosforo, hierro, magnesio, nitrato, plomo, sodio, sulfatos, zinc y coliformes.



Figura 2. 15. Toma de muestras de agua.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

2.4.2.4.1 Parámetros físicos

Turbiedad

Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz, comúnmente presentes en aguas superficiales. La turbiedad es producida por varias causas, entre las más importantes son:

- La erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos.
- La contaminación causada por la industria o por desechos domésticos.

La turbiedad es un parámetro fundamental en la determinación de los procesos más adecuados para el abastecimiento de agua potable. Los tratamientos para disminuir la turbiedad son la coagulación, sedimentación y filtración (Sierra, 2011).

Color

El color en el agua es producido por la descomposición natural de la materia vegetal de las plantas y por la disolución de ciertos minerales presentes en el subsuelo. Además, se encuentra ligado a la turbiedad, pero se considera como una característica independiente debido a que es generado por la presencia de sustancias disueltas y por los coloides.

El color se clasifica como: color aparente; producido por el material suspendido y color verdadero; permanece en el agua después de remover la turbiedad.

Es importante tratar el color del agua porque su presencia causa el rechazo del consumidor, aunque no ocasione problemas sanitarios (Sierra, 2011).

Entre los colores que se pueden presentar están:

- Amarillento: debido a la presencia de ácidos húmicos.
- Rojizo: debido a la presencia de hierro.
- Negro: debido a la presencia de magnesio.

2.4.2.4.2 Parámetros químicos

pH

Es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. El pH tiene una escala de 0 a 14.

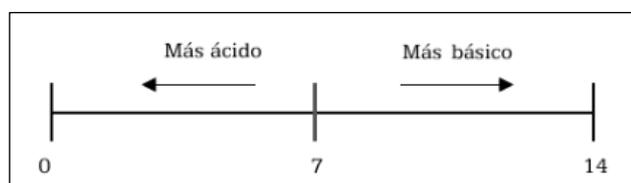


Ilustración 2. 2. Escala de valores de pH.

Fuente: (Sierra, 2011).

La escala de valores de pH mide la intensidad de la acidez o basicidad, pero no determina el valor de acidez ni de la alcalinidad (Sierra, 2011). Generalmente el pH de las fuentes se encuentra entre 6 a 8 y se corrigen por neutralización.

Conductividad

La conductividad es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, P bicarbonatos, cloruros y sulfatos, la conductividad es una medida indirecta de los sólidos disueltos,

Las aguas que presentan altas concentraciones de conductividad son corrosivas (Sierra, 2011).

Acidez

La acidez se considera en todas las aguas que tienen un pH inferior a 8.5 unidades de acidez. La acidez en aguas naturales puede ser ocasionada por la presencia de CO₂ o por la presencia de ácidos fuertes. En la Ilustración 2.3, se presentan los tipos de acides de acuerdo a su pH.

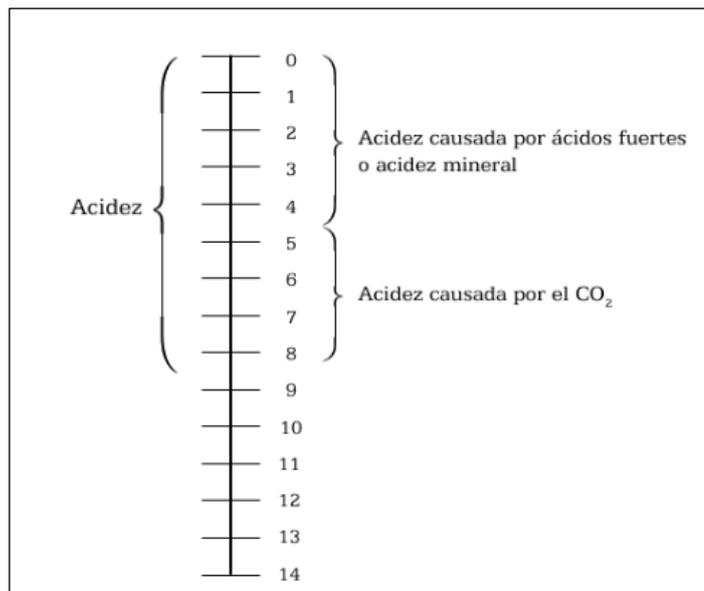


Ilustración 2. 3. Clases de acidez según el pH

Fuente: (Sierra, 2011)

La acidez causada por el CO₂ no tiene efectos adversos para la salud, en cuantos a la acidez mineral presentan un sabor desagradable que el consumidor la rechaza de inmediato, estas aguas nacen o pasan por zonas mineras (Sierra, 2011).

Alcalinidad

La alcalinidad en el agua es la capacidad que tiene de neutralizar los ácidos, puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente sales de ácidos débiles o bases fuertes. La alcalinidad es importante en la calidad de agua por diferentes razones

- En altas concentraciones, el agua tiene un sabor desagradable
- En presencia de iones Ca o Mg ocasionan problemas de taponamiento y obstaculizan el flujo en las tuberías
- Y la más importante, controla el proceso de coagulación en el tratamiento del agua potable y la digestión anaeróbica en el caso del tratamiento del agua residual (Sierra, 2011).

Sólidos totales.

Los sólidos totales se dividen en sólidos suspendidos y sólidos disueltos.

Sólidos disueltos: es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por la evaporación del agua que previamente ha sido filtrada. Pueden ser de origen orgánico e inorgánico, tanto en aguas superficiales como subterráneas. Para el agua potable se desea un valor máximo deseable de 500 ppm. Los procesos de tratamiento son varios en función de su composición, incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa

Sólidos suspendidos: es una medida de los sólidos sedimentables que pueden ser retenidos en un filtro, son indeseables en las aguas de proceso porque pueden ocasionar depósitos en las conducciones, calderas, equipos. Se separan por filtración y decantación (Rigola, 1990).

Aluminio

Se encuentra distribuido fuertemente en la superficie terrestre, se utiliza en compuestos para el tratamiento de aguas, medicamentos, antiácidos, aditivos, desodorantes, etc. Generalmente es ingerido a través de la alimentación o consumo de agua. La presencia del aluminio en altas concentraciones puede ocasionar graves enfermedades (Tuesca & Ávila, 2015).

Amonio

El amonio es un indicador de la posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales ya que procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales

Su presencia en el agua no ha tenido repercusiones inmediatas sobre la salud, sin embargo, interfiere en la eficiencia de la desinfección, ya que ocasiona la formación de nitritos en los sistemas de distribución, obstaculiza la eliminación del manganeso mediante filtración y produce problemas organolépticos.

Nitrógeno

Es esencial para el crecimiento de plantas, es por el cual reciben el nombre de nutrientes o bio-estimuladores. Debido a que el N es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer las concentraciones del mismo en las aguas, y en que cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domesticas e industriales mediante procesos biológicos (Sierra, 2011).

DQO

La demanda química de oxígeno, DQO, es la cantidad de oxígeno en mg/l necesaria para que se produzca la oxidación total de los componentes orgánicos a inorgánicos presentes en el agua.

El ensayo de DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. Mientras mayor sea la cantidad de DBO significa que estará más contaminada (HANNA INSTRUMENTS, 2009).

Dureza total

La dureza hace referencia al contenido de iones alcalinotérreos presentes en el agua. La mayor concentración de iones alcalinotérreos es representada por el calcio y magnesio, por lo cual, la dureza es prácticamente igual a la suma de las concentraciones de estos 2 iones.

La dureza, por lo general, se expresa como el número equivalente de miligramos de carbono de calcio (CaCO_3) por litro.

Un agua de dureza inferior a 60 mg/L de CaCO_3 se considera blanda; si la dureza es superior a 270 mg/L de CaCO_3 , se considera dura.

El agua dura, al evaporarse que dejan depósitos sólidos y forman costras en la tubería que pueden llegar a obstruirla. Mientras que el agua blanda ataca al hormigón y a otros derivados del cemento (Ambientum, 2017).

Fosforo

Los fosfatos y compuestos de fosforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Su origen es el lixiviado de los terrenos por donde atraviesa el agua, o por contaminación orgánica.

Un alto contenido de fosforo dificulta la floculación - coagulación en las plantas de tratamiento; mientras que una alta cantidad provoca un desarrollo exuberante de algas en una conducción de agua (Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015).

Hierro

El hierro es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre y se encuentra de manera natural en las aguas dulces en concentraciones de 0.5 a 50 mg/L, mientras la OMS recomienda niveles de <0.3 mg/L. Los niveles de agua subterráneas pueden aumentar la concentración de hierro a un acuífero debido a la disolución de rocas ferrosas. También puede haber hierro en el agua de consumo debido a la utilización de coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro colocado durante la distribución del agua (OMS, 2006).

Las aguas subterráneas que tienen hierro son normalmente de color naranja y provoca el destiño de la ropa lavada, y además tiene un sabor desagradable, que se puede notar en el agua y en la cocina (Lenntech, 2017).

Magnesio

El magnesio está presente en el agua de mar en concentraciones de 1300 ppm. Después del sodio, el magnesio es el catión que se encuentra en mayores proporciones en el océano. Los ríos contienen aproximadamente 4 ppm de magnesio.

El magnesio y otros metales alcalinotérreos son responsables de la dureza del agua. El agua que contiene grandes cantidades de iones alcalinotérreos se denomina agua dura, y el agua que contiene bajas concentraciones de estos iones se conoce como agua blanda (Lenntech, 2017).

Nitratos

Los nitritos al igual que los nitratos, son iones de origen natural que hacen parte del ciclo del nitrógeno y su presencia está relacionada con la contaminación reciente con materiales de origen fecal. Están presentes en el suelo, en alimentos y en las aguas superficiales y subterráneas.

Su presencia se debe a la descomposición de material orgánica, al uso de los fertilizantes, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol, plaguicidas y herbicidas que contienen nitratos. En la naturaleza los nitratos se convierten en nitritos y al revés. En sí misma la exposición a nitratos no es un problema, más bien lo constituye la conversión de estos a nitritos.

El principal problema sanitario de la presencia de nitratos en el agua se ha relacionado con la disminución de la glándula tiroidea y el bajo almacenamiento de vitamina A (Tuesca & Ávila, 2015).

Plomo

El plomo es un elemento metálico pesado, suave y moldeable de color azul grisáceo que se reporta en niveles de 0.4 a 0.8 mg/L en aguas naturales. El agua de la superficie y el agua subterránea tienen un equivalente a 0.01 mg/L. Cuando se detectan altos niveles de plomo en el agua potable, la causa se busca en las líneas de servicio del agua y el sistema de fontanería de los hogares.

Los efectos del plomo en la salud son de naturaleza toxicológica y se miden a través de niveles de plomo en la sangre. Los efectos son neurotóxicos, incluyendo daño

cerebral irreversible y severos síntomas de problemas gastrointestinales que van relacionados con los síntomas encefalopáticos. Cuando los casos no son fatales, se causa un retraso mental severo permanente con repercusiones neurológicas (Carbotecnia, 2016).

Sodio

Este elemento químico por millones de años se ha desprendido de las rocas y suelos, para ir a parar en los ríos (aprox. 9 ppm de sodio) y océanos (aprox. 11 ppm de sodio). El agua potable suele tener alrededor de 50 mg/L de sodio siendo este valor mucho mayor respecto al agua mineral. El sodio en disolución se encuentra en forma de iones Na^+ .

El sodio es uno de los metales mayoritarios en el agua y puede ser causante de ciertas enfermedades si no es regulada: un exceso de sodio puede presentar problemas cardiovasculares, hipertensión, patologías renales, hepáticas o intoxicación en mujeres embarazadas y niños (Lenntech, 2017).

Sulfatos

El sulfato se encuentra en casi todas las aguas naturales, el cual procede mayoritariamente de la desilusión de yesos. Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua.

Los sulfatos le dan al agua un sabor amargo según su cantidad presente en el agua; y, por otro lado, las altas cantidades ayudan a insolubilizar los metales pesados presentes disminuyendo su toxicidad (Lenntech, 2017).

Zinc

La presencia de zinc en el agua es rara, pero se puede hallar en forma inorgánica, iónica o coloidal. Con respecto a la calidad del agua, el zinc provoca el crecimiento excesivo de algas, toxicidad para los peces y contaminación de agua subterránea.

Su origen suele ser doméstico e industrial pero cuando hay presencia de zinc en el agua de consumo humano significa que hay una disolución parcial de tuberías galvanizadas. A pesar que no es un metal tóxico debe ser regulado mediante coagulación, intercambio iónico o filtración por arena (Sierra, 2011).

2.4.2.4.3 Factores microbiológicos

Coliformes totales y fecales

Es un indicador de calidad bacteriológica presentes en el agua que causan enfermedades a los usuarios. Este grupo de coliformes está definido como todas las bacterias aeróbicas, anaeróbicas y facultativas, Gram negativas, no formadas de esporas y de forma redonda que fermenta la lactosa formando un gas a 48 horas a una temperatura de 38°C.

Las razones por las que se considera como un indicador son las siguientes:

- Aunque no se considere como patógeno el grupo coliforme vive en el intestino del hombre y de algunos animales. Esto hace que su presencia en el agua indique que existe una contaminación fecal con una alta probabilidad que existan organismos patógenos
- El grupo coliforme generalmente se encuentra en grandes cantidades y viven más tiempo en el agua que los organismos patógenos, por lo que en los análisis de laboratorio sean más rápidos y no den como resultado negativo
- La detección de los organismos patógenos requiere un análisis más sofisticado para su aislamiento y detección que los requiere el grupo coliforme

Los métodos que se utilizan para su detección son: la técnica de los tubos múltiples de fermentación y la técnica del filtro de membrana.

2.4.2.4.4 Resultados y análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis físico, químico y microbiológico por parte del laboratorio de agua potable de ETAPA EP se logró determinar la calidad del agua, valores que se resumen en la Tabla 2.9 y mayor detalle se puede encontrar en el Anexo 4.

Ver Anexo 4. Resultados de análisis de calidad de agua.

Por otro lado, la Normativa de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: recurso agua para aguas de consumo humano y uso doméstico se observa que las muestras en estudio cumplen con los criterios de calidad, destacando que no existe un número alto de coliformes los mismo que pueden ser tratados de forma sencilla al pasar por el filtro de arena y la cloración. Además, que el nivel de pH se encuentra en el rango de 6.2 – 7.1; y la turbiedad varía de 0.48 a 1.73 indicando que se encuentra muy por debajo de lo que establece la norma (CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS, 2010).

En la tabla 2.8 se muestra la evaluación de la fuente.

Tabla 2. 8. Resultados de la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos respecto a la normativa.

FECHA DE TOMA DE MUESTRA	NOMBRE DE LA MUESTRA	EVALUACIÓN
18/8/2017	Vertiente 1	Cumple
18/8/2017	Vertiente 2	Cumple
18/8/2017	Vertiente 3	Cumple

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Tabla 2. 9. Resultados de los parámetros para las vertientes.

	UNIDADES	CONCENT. MAXIMA ACEPTABLE NORMA: CO 10.7 - 601	CAPTACION 1	CAPTACION 2	CAPTACION 3
DBO5	mg/l	6	0,2	0,4	0,4
Fosforo Total	mg/l	-	<0,1	<0,1	<0,1
Nitratos + Nitritos	mgN/l	4,5	0,38	0,04	0,29
Oxígeno Disuelto	mg/l	6	7,2	7,6	7
pH		6,5 - 8,5	6,8	6,55	6,13
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	250	<6	<6	<6
Solidos Totales	mg/l	1500	43	46	102
Turbiedad	NTU	1 - 10	0,48	0,72	1,73
Coliformes Totales	NMP/100ml	0 - 50 (Desinfección)	23	13	17
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	-	13	<1,8	11

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

2.5 Distribución de la población, características socioeconómicas

2.5.1 Población

Según los antecedentes históricos, el cantón de Camilo Ponce Enrique pertenecía al cantón Pucará como parroquia rural hasta el año 2002, por lo que, en el censo del año 2001 el cantón Pucará contaba con una población mayor.

Mediante el censo realizado en el año 2010 en el cantón Pucará cuenta con una población de 10.052 habitantes dentro del área urbana y rural; la parroquia Pucará cuenta con una población de 8.215 habitantes de los cuales 3.985 son hombres, lo que representa el 48,51%, y 4230 habitantes son mujeres, que representa el 51,49%, esta población se encuentra distribuida en 2477 hogares con un número promedio de 4.06 habitantes por hogar.

Tabla 2. 10. Población por parroquias.

PARROQUIA	HABITANTES
Pucará	8215
San Rafael de Sharúg	1837
Total	10052

Fuente: (INEC, 2010).

Según las encuestas realizadas, la comunidad de Las Nieves tiene una población actual de 163 habitantes, que a su vez se encuentran distribuidos en 42 casas. La mayoría de los habitantes (tanto niños como adultos) se involucran en actividades agrícolas y agropecuarias para su sustento, mientras que pocas son las personas que trabajan como obreros de construcción, jornaleros o empleados públicos.

Tabla 2. 11. Población de la comunidad Las Nieves.

SEXO	HABITANTES
Hombre	86
Mujer	77
Total	163

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Ver Anexo 5. Tabulación de las encuestas de Las Nieves.

2.5.1.1 Población según ubicación geográfica (urbana y rural)

Una gran parte de la población del cantón Pucará está ubicada en la zona rural, siendo el 90.94% y únicamente el 9.06% conforma los centros urbanos parroquiales (Tabla 2.12).

Tabla 2. 12. Población por ubicación geográfica de cada parroquia.

ZONA	PARROQUIA		TOTAL	%
	PUCARÁ	SAN RAFAEL DE SHARUG		
Urbana	911	0	911	9.06
Rural	7304	1837	9141	90.94
Total	8215	1837	10052	100

Fuente: (PDOT Pucara, 2016).

El cantón también es reconocido por tener un alto porcentaje en población joven, dando a entender que tiene un índice de natalidad muy alto. En la ilustración 2.4 se muestra que el 51.94% del total de la población son personas que tienen una edad entre los 15 y 64 años de edad, 38.31% son niños y adolescentes, y el 9.75% son personas adultos mayores a los 65 años de edad (PDOT Pucara, 2016).

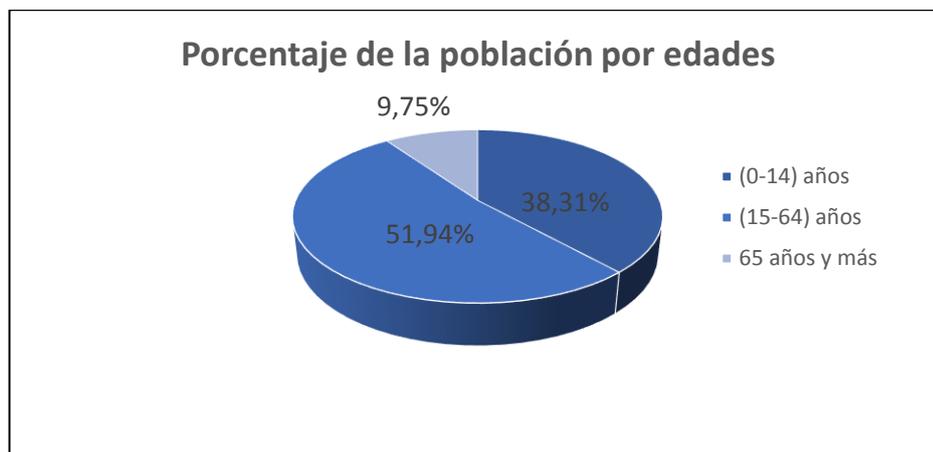


Ilustración 2. 4. Población por edad del cantón Pucará.

Fuente: (PDOT Pucara, 2016).

2.5.2 Vivienda

Mediante encuestas realizadas, la comunidad Las Nieves está conformada por 37 familias, de las cuales 35 tienen casa propia y 2 viven en casas arrendadas. En su mayoría de casas son de una planta y son destinadas a usos de vivienda con excepción de la casa comunal, la escuela, capilla y la fábrica de queso de la comunidad llamada APROALICO. La ilustración 2.5 muestra el material de construcción utilizado, en donde 91% de casas son construidas con bahareque, 6% de bloque y el 3% son de madera.

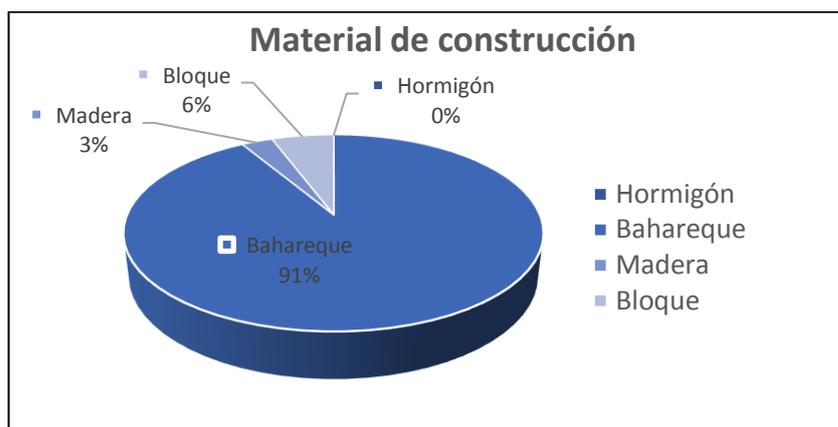


Ilustración 2. 5. Material de construcción.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Ver Anexo 5. Tabulación de encuestas de Las Nieves.

2.5.3 Servicios e infraestructura

2.5.3.1 Abastecimiento de agua potable

El abastecimiento de la comunidad Las Nieves llega a 33 familias representando una cobertura de agua potable del 89.19% y 4 familias no tienen servicio de agua potable como se presenta en la ilustración 2.6. El 89.19% de la población indica que la calidad del agua es mala. Además, cabe recalcar que el funcionamiento es irregular debido al deterioro y falta de mantenimiento de las captaciones.



Ilustración 2. 6. Familias que tiene el servicio de agua potable.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Sin embargo, el 40.54% de las familias de la comunidad, que representa 15 familias, han optado por almacenar el agua en pomos, el 2.70% en almacenar en tanques, que representa 1 familia, y el 56.76% no almacena agua, que representa 21 familias como indica la ilustración 2.7.

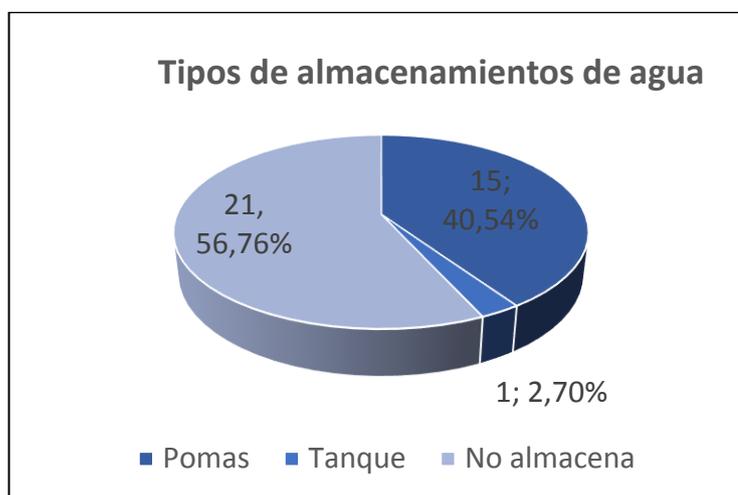


Ilustración 2. 7. Tipos de almacenamiento.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

2.5.3.2 Energía eléctrica y servicio de telefonía

La energía eléctrica es brindada por la Empresa Regional Centro Sur, en donde existe un 24.32% de las familias que no cuentan con este servicio, además no existe un alumbrado público.

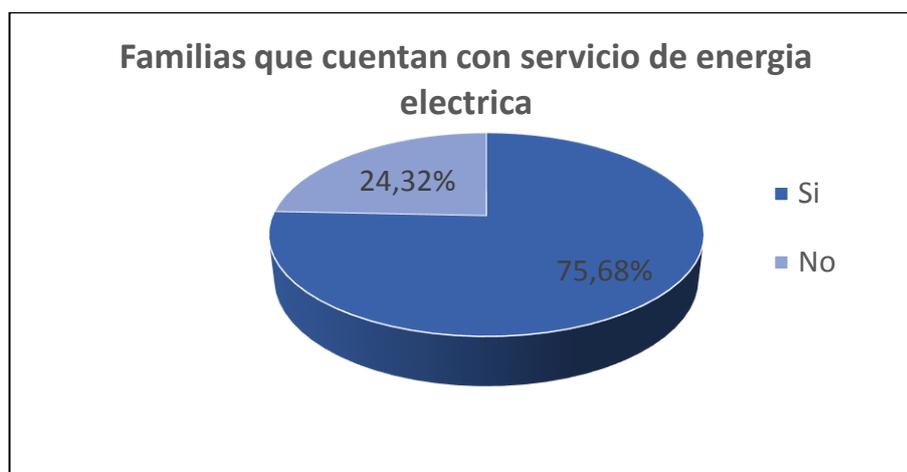


Ilustración 2. 8. Familias que cuentan con el servicio de energía eléctrica.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

En cuanto al servicio de telefonía lo brinda la empresa CNT, la mayoría de familias no cuentan con un teléfono convencional, sin embargo, el 51.35% de las familias cuentan con el servicio de telefonía celular.

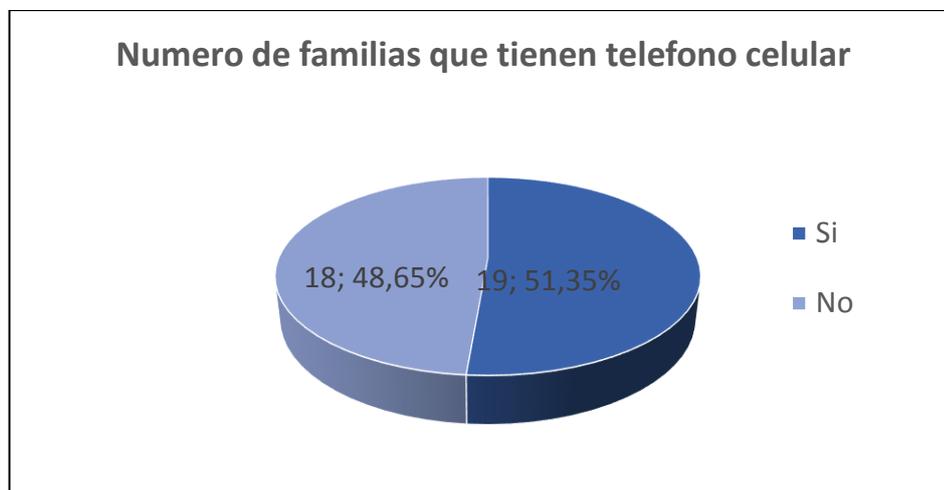


Ilustración 2. 9. Telefonía celular.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

2.5.3.3 Establecimientos educativos y centros de salud

La comunidad las Nieves no cuenta con establecimientos de salud, es por ello que para hacer uso de este servicio los habitantes deben trasladarse a Pelincay, que es el centro de asistencia médica para 23 comunidades aledañas, en donde existe un dispensario de salud para los pertenecientes al Seguro Social Campesino.

Además, la comunidad cuenta con una sola escuela fiscal, Las Nieves que dispone de educación básica hasta 7mo de básica, la misma que se podría decir que se encuentra en el centro de la comunidad debido a las grandes distancias que se encuentran entre las casas.

2.5.3.4 Servicio de transporte

El medio de transporte para acceder a la comunidad es mediante transportistas que realizan paradas de manera esporádica o camionetas de alquiler que están disponibles en el centro parroquial de Pucará, cabe recalcar que la mayor movilización se la realiza en motos con capacidad de dos personas. Con respecto al transporte público de buses existe una sola la cooperativa de transporte Santa Isabel que realiza el recorrido Cuenca- Pucará.

2.5.3.5 Sistema de riego

El sistema de riego dentro de la comunidad está constituido principalmente por canales de tierra y lagunas artificiales que abastecen a las zonas ganaderas y agrícolas. Son los propios usuarios los encargados del mantenimiento rutinario de la misma.

2.5.3.6 Infraestructura sanitaria

La comunidad carece de un alcantarillado sanitario y pluvial, por lo que los desechos sanitarios son destinados hacia fosas sépticas

2.5.3.7 Sistema de recolección de basura

El sistema de recolección de basura más utilizado es mediante el carro recolector, que satisface a 24 viviendas que equivales al 64.86%, 12 viviendas entierran la basura que equivale a un 32.43% y una vivienda quema su basura. Estas dos últimas alternativas se generan debido a la lejanía que existe entre las viviendas y los sitios de recolección generando que los habitantes dispongan de la basura (Morquecho & Lituma, 2017).

Ver Anexo 5. Tabulación de encuestas de Las Nieves.

2.5.3.8 Vialidad

Pucará está conectada con la comunidad Las Nieves mediante una carretera lastrada, la mayoría de las viviendas de la comunidad se encuentran aledañas a la vía principal

y otras son conectadas con caminos de tierra o senderos construidos por los propios habitantes. El transcurso de del recorrido es alrededor de 45 a 60 minutos (Morquecho & Lituma, 2017).

2.5.4 Características socioeconómicas

2.5.4.1 Oficios y actividades de los habitantes

Según el censo poblacional y vivienda realizado en el cantón Pucará en el año 2010, la principal actividad que desempeña la población económicamente activa se encuentra en la rama de la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con un 75.20% del total de la población, teniendo una mayor participación de los hombres con un 51.28% de la población. Seguido de las ramas del comercio al mayoreo y por menor, construcción, administración pública y defensa, enseñanza y explotación de minas y canteras que juntas representan el 16.59% de la población. El resto de ramas de actividades de la población económicamente activa son inferiores al 2% (INEC, 2010).

Tabla 2. 13. Ramas de actividades de la población económicamente activa del cantón Pucará.

RAMAS DE ACTIVIDAD	HOMBRE	MUJER	TOTAL	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	3876	3683	7559	75.20%
Comercio al por mayor y menor	232	220	452	4.50%
Construcción	196	186	382	3.80%
Administración pública y defensa	186	176	362	3.60%
Enseñanza	139	132	271	2.70%
Explotación de minas y canteras	103	98	201	2.00%
Transporte y almacenamiento	98	93	191	1.90%
Industrias manufactureras	93	88	181	1.80%
Actividades de los hogares como empleadores	82	78	161	1.60%
Actividades de alojamiento y servicio de comida	52	49	101	1.00%
Otros	98	93	191	1.90%
Total	5155	4896	10052	100.00%

Fuente: (GAD del cantón Pucará, 2016).

2.5.4.2 Salud

La parroquia de Pucará se encuentra en una situación insuficiente en cuanto a la salud, ya que el hospital general no está adecuado para atender a todos los pacientes, hay falta de personal médico para sus diferentes áreas y la medicación es escasa.

Existen 6 unidades de salud que se reparten entre los sectores bajo, medio y alto, además de los dispensarios de salud pertenecientes al seguro social campesino. Mientras que en la comunidad Las Nieves no existe ninguna unidad de salud y los habitantes generalmente sufren de enfermedades como gripe y en algunos casos de artritis reumático (Morquecho & Lituma, 2017). Es por ello, que conocer los índices de salud son importantes, sobre todo en países en desarrollo debido a que el agua es recurso natural limitado y un bien público primordial para la vida y la salud.

2.5.4.3 Educación

Según el INEC y la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo, desde el censo del año 2000 hasta el 2012, se ha alcanzado un índice de crecimiento educacional a nivel nacional del 8.84% al 9.52% con un incremento del 0.01% anual. En la tabla 2.14 se representa los niveles de estudios de los habitantes del cantón Pucará, en donde el 41.16% de los habitantes han culminado los estudios primarios seguida por el 21.84% han terminado la educación básica.

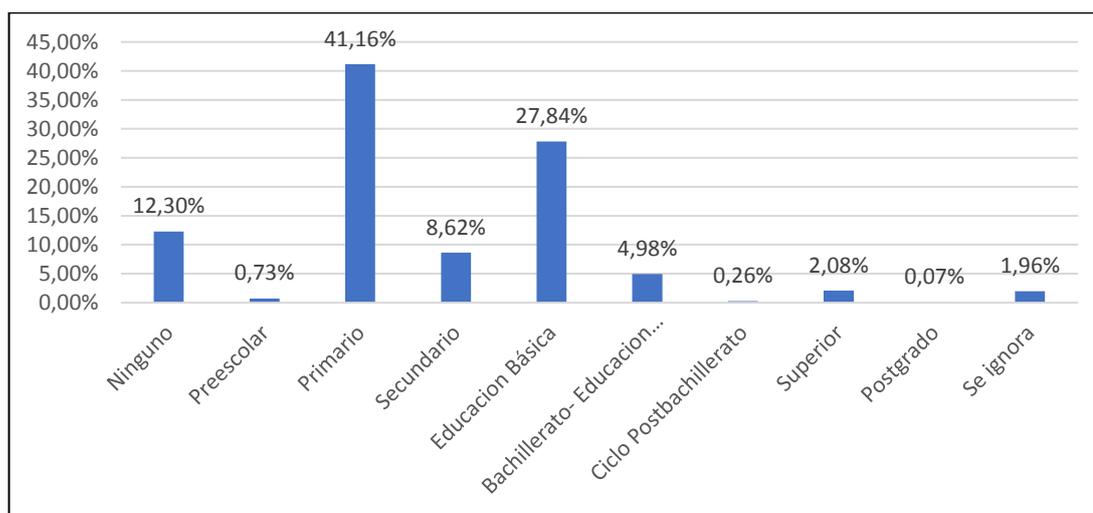


Tabla 2. 14. Nivel de estudios de los habitantes del cantón Pucará.

Fuente: (PDOT Pucara, 2016).

El cantón Pucará cuenta con 57 instituciones educativas, entre ellas instituciones educativas del milenio, que se encuentran ubicadas dependiendo de las zonas; zona alta, 22 instituciones; zona media, 22 instituciones y zona baja, 13 instituciones.

2.5.5 Encuesta – adquisición del servicio.

Mediante las encuestas socio-económicas realizadas a todos los representantes de hogar de la comunidad de Las Nieves se presentaron preguntas para determinar el nivel de aceptación hacia un proyecto de agua potable en dicha comunidad, y a su vez, cuanto estarían dispuestos a cancelar por aquel servicio; llegando a tener como resultado un 100% de aceptación hacia el proyecto y un promedio de pago de \$3.89 al mes.

Ver Anexo 5. Tabulación de Encuestas de Las Nieves.

2.6 Revisión de las normativas a utilizar en el diseño del sistema de agua potable

Para realizar este proyecto se debe considerar las características físicas, poblacionales y socio-económicas propias de la comunidad Las Nieves. Es por ello, que es necesario basarse en el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de las Obras Sanitarias Norma CO 10.7- 602, Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural CPE 5 que se utiliza para poblaciones menores a 1000 habitantes.

Para la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua analizadas se utilizará la Normativa de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: recurso agua del Anexo IV Criterios de calidad de agua para el consumo y uso humano.

CAPITULO 3

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

3.1 Parámetros de diseño

3.1.1 Definiciones generales

Periodo de diseño. Lapso durante el cual la obra cumple satisfactoriamente con su funcionamiento sin necesidad de ampliaciones.

Vida Útil. Lapso de tiempo, luego del cual la obra o equipo debe ser reemplazado ya que se volvería obsoleto.

Población futura o de diseño. Número de habitantes que se espera tener al final del periodo de diseño.

Dotación media actual. Promedio diario de la cantidad de agua consumida por cada habitante al inicio del periodo de diseño.

Dotación media futura. Promedio diario de la cantidad de agua consumida por cada habitante al final del periodo de diseño.

Caudal medio anual. Caudal de agua, incluyendo las perdidas por fugas, consumido en promedio por la comunidad.

Caudal máximo diario. Caudal de agua consumido por la comunidad en el día de máximo consumo.

Caudal máximo horario. Caudal de agua consumido por la comunidad durante la hora de máximo consumo en un día.

Nivel de servicio. Grado de facilidad y comodidad con la que los usuarios acceden a los servicios que les brindan los sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas o residuos líquidos.

Fugas. Cantidad de agua no registrada, permitida por escape del sistema.

Factor de mayoración máximo diario (KMD). Es la relación entre caudal máximo diario al caudal medio.

Factor de mayoración máximo horario (KMH). Es la relación entre caudal máximo horario al caudal medio.

3.1.2 Periodo de diseño

Según la Norma CO 10.7- 602 “Sistemas De Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural” establece que las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos se diseña para 20 años, mientras que los equipos se diseñaran para el periodo de vida útil especificado por los fabricantes.

La norma también dice que se podrá adoptar un periodo de diseño diferente en casos justificados, sin embargo, en ningún caso la población futura será mayor que 1.25 veces la población actual.

3.1.3 Población de diseño

La población de diseño es la que corresponde a los habitantes que serán beneficiarios del sistema de agua potable y se calculará a base de la población actual determinada mediante encuestas socio-económicas realizadas a los habitantes de la comunidad de Las Nieves.

Para el cálculo de la población futura, se empleará el método geométrico:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n \quad (3)$$

En donde:

P_f = población futura (en habitantes)

P_a = población actual (en habitantes)

r = tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

n = periodo de diseño (años)

Para el cálculo de la tasa de crecimiento geométrico, se tomará como base los datos estadísticos proporcionados por el INEC (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos del Ecuador).

En caso de no contar con los datos para el área de estudio la Norma CO 10.7- 602 “Sistemas De Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural” los siguientes índices de crecimiento geométrico:

Tabla 3. 1. Tasa de crecimiento poblacional.

TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	
Región geográfica	r (%)
Sierra	1
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Fuente: (CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS, 2010).

3.1.4 Niveles de servicio

Los niveles de servicio a considerar varían según la comunidad donde se vaya a realizar el proyecto, así como también del nivel de vida y las actividades que realicen sus usuarios.

Tabla 3. 2. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
Ia	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente: (CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS, 2010).

3.1.5 Dotaciones

De acuerdo a los niveles de servicio que se pretende dar y al clima donde se vaya a desarrollar el proyecto, las dotaciones recomendadas para zonas rurales son las siguientes:

Tabla 3. 3. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab*día)	CLIMA CALIDO (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: (CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS, 2010).

La dotación expresa la cantidad de agua potable en litros que llegaría a consumir un habitante en un día, en el cual toma en cuenta el clima y el nivel de servicio del lugar de proyecto.

3.1.6 Variaciones de consumo

Caudal medio

EL caudal medio Q_m expresa el consumo promedio diario, que está en función de: el factor de fugas, la población y la dotación. El caudal medio será calculado con la siguiente ecuación:

$$Q_m = \frac{f*(P*D)}{86400} \quad (4)$$

En donde:

Q_m = caudal medio (l/s)

f = factor de fugas

P = población al final del periodo de diseño (hab)

D = dotación futura (l/hab*día)

Caudal máximo diario

Es el caudal del día que se ha registrado el máximo consumo por parte de los habitantes, el cual será calculado con la siguiente ecuación:

$$QMD = KMD * Q_m \quad (5)$$

En donde:

QMD = caudal máximo diario (l/s).

KMD = factor de mayoración máximo diario.

El factor de mayoración diario (KMD) tiene un valor de 1.25 para todos los niveles de servicio.

Caudal máximo horario

Es el caudal de la hora en la cual se ha registrado el máximo consumo en un día, por parte de los habitantes. Será calculado con la siguiente ecuación:

$$QMD = KMD * Q_m \quad (6)$$

En donde:

QMH = caudal máximo horario (l/s).

KMD = factor de mayoración máximo horario.

El factor de mayoración horario (KMD) tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio.

Fugas

Las fugas son un porcentaje que se toman en cuenta debido a las pérdidas de agua que se dan dentro de la red de distribución. Las fugas dependen del nivel de servicio del proyecto.

Tabla 3. 4. Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
Ia y Ib	10 %
IIa y IIb	20 %

Fuente: (CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS, 2010).

Caudal unitario

El caudal unitario expresa la cantidad de agua consumida en cada casa. Se calcula con la siguiente formula:

$$Q_u = \frac{QM_H}{\# Casas} \quad (7)$$

En donde:

Q_u = caudal unitario (l/s*casa)

QM_H = caudal máximo horario (l/s)

$\# Casas$ = número de casas

Resumen de resultados

Tabla 3. 5. Tabla de parámetros de diseño base.

DATOS		
Pa	163	hab
# Casas	48	
R	1	%
N	20	años
Nivel de servicio	IIb	
Dotación	75	l/hab*día
F	20	%
KMD	1,25	
KMH	3	

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Tabla 3. 6. Resumen de resultados de los parámetros de diseño.

CUADRO DE RESULTADOS		
Pf	199	hab
Qm	0,138	l/s
QMD	0,173	l/s
QMH	0,414	l/s
Q unit	0,009	l/s*casa

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Ver Anexo 6. Cálculo de la cámara de captación.

3.1.7 Parámetros de diseño para la captación

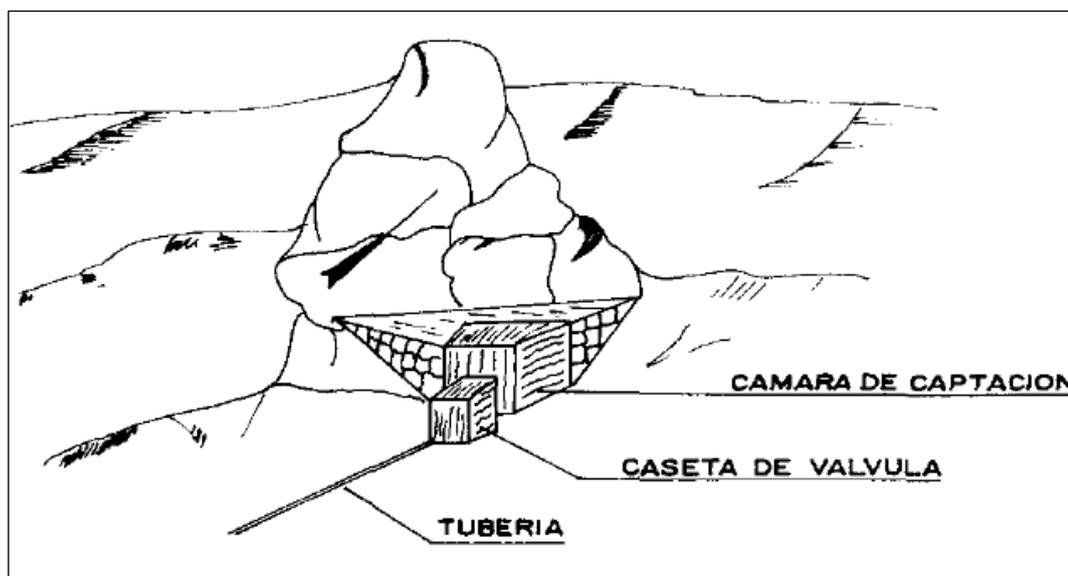


Figura 3. 1. Captación agua subterránea (manantial).

Fuente: (Agüero, 1997).

La captación es una estructura capaz de derivar el caudal necesario desde una fuente hacia el sistema de abastecimiento de agua potable.

La norma CO 10.7 – 602 nos dice que, la estructura de captación deberá tener una capacidad que permita derivar al sistema de agua potable un caudal mínimo equivalente a 1.2 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del periodo de diseño.

Los resultados físicos, químicos y biológicos determinaron que la calidad del agua de las fuentes es buena (Ver Anexo 4. Resultados de análisis de calidad de agua), razón por la cual se propone diseñar una estructura de captación sencilla.

Debido a que la fuente de agua es un manantial de ladera, la captación a diseñar será una cámara húmeda, que servirá para regular el caudal a utilizarse; y de una cámara seca que protegerá la válvula de control.

3.1.7.1 Cámara húmeda

La cámara húmeda tiene un accesorio de salida denominado canastilla y un cono de rebose que permitirá desalojar el excedente de agua producido por la fuente. Para poder dimensionar la cámara húmeda es necesario conocer el caudal máximo que tiene la fuente, con la finalidad de dimensionar el diámetro de los orificios de entrada del agua (Agüero, 1997).

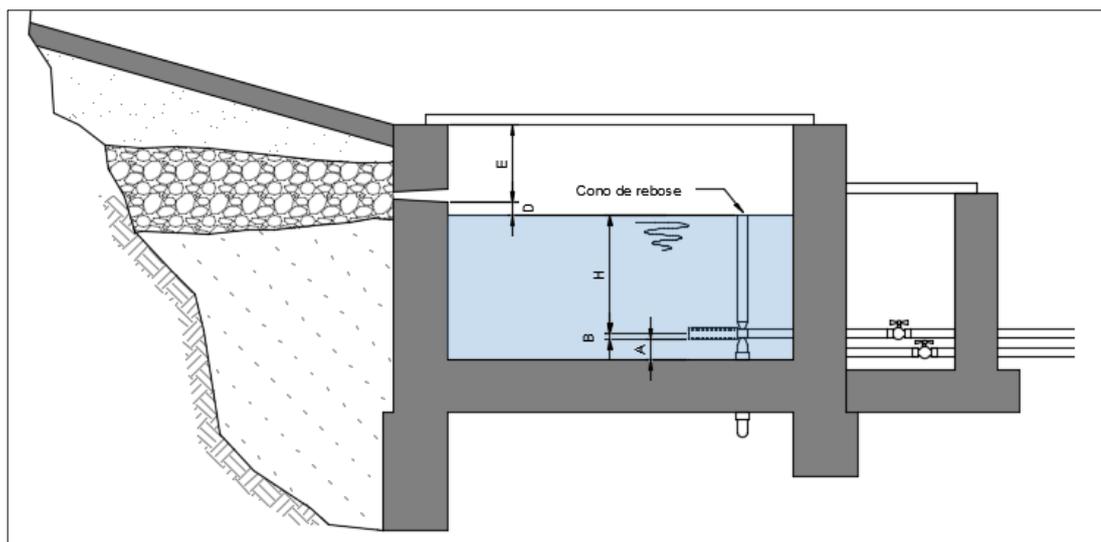


Figura 3. 2. Esquema de la cámara húmeda.

Fuente: (Agüero, 1997).

➤ **Calculo de la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda**

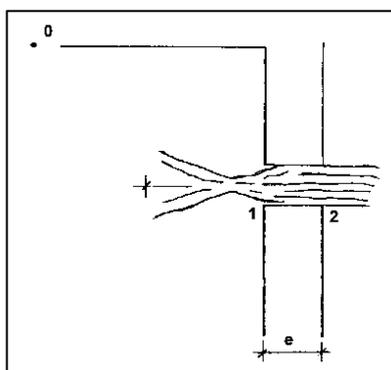


Figura 3. 3. Flujo del agua en un orificio de pared gruesa.

Fuente: (Aguero, 1997).

Para determinar la distancia se debe conocer la velocidad de pase y la pérdida de carga en el orificio, aplicando la ecuación de Bernoulli se obtiene lo siguiente:

$$\frac{P_o}{\gamma} + h_o + \frac{v_o^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} \quad (8)$$

Consideramos que P_o , v_o , P_1 y h_1 son igual a cero, se tiene:

$$h_o = \frac{v_1^2}{2g} \quad (9)$$

Donde:

h_o = altura entre el afloramiento y el orificio de entrada [0.4 a 0.5m]

v_1 = velocidad teórica en m/s.

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Mediante la ecuación de continuidad en los puntos 1 y 2 se tiene:

$$Q_1 = Q_2 \quad (10)$$

$$Cd \times A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

Siendo $A_1=A_2$

$$v_1 = \frac{v_2}{Cd} \quad (11)$$

Donde:

v_2 = velocidad de pase (se recomienda valores ≤ 0.6 m/s)

Cd = coeficiente de descarga en el punto 1 (se asume 0.8)

Reemplazando el valor de v_1 , se tiene:

$$h_o = \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1 = \sqrt{2g h_o}$$

$$\sqrt{2g h_o} = \frac{v_2}{Cd} ; Cd = 0.8$$

$$h_o = 1.56 * \frac{v_2^2}{2g} \quad (12)$$

En los cálculos, h_o es definida como la carga necesaria sobre el orificio de entrada que permite producir la velocidad de pase.

Para determinar las pérdidas de carga se debe determinar la distancia entre el afloramiento y la caja de captación, se calcula con la siguiente ecuación:

$$H_f = H - h_o$$

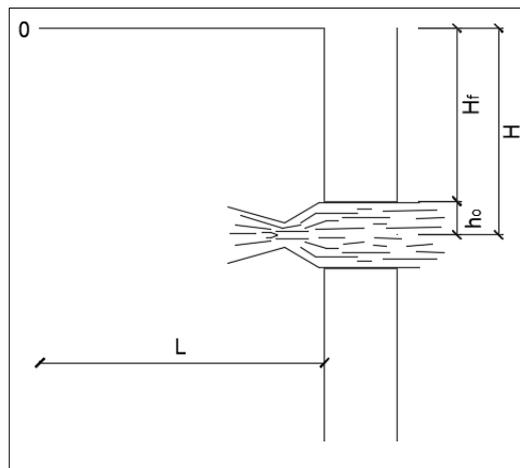


Figura 3. 4. Carga disponible y pérdida de carga.

Fuente: (Agüero, 1997).

➤ Ancho de la pantalla

Para determinar el ancho de la pantalla es necesario conocer el diámetro y el número de orificios por el cual circulara el agua desde el afloramiento a la cámara húmeda. Se utiliza la siguiente formula:

$$A = \frac{Q_{max}}{Cd \times v} \quad (13)$$

Donde:

- $Q_{\text{máx}}$ = gasto máximo de la fuente en m^3/s
 v = velocidad de paso (se asume 0.5 m/s, siendo menor al máximo recomendado de 0.6m/s).
 A = área de la tubería en m^2
 C_d = coeficiente de descarga (0.6 a 0.8)

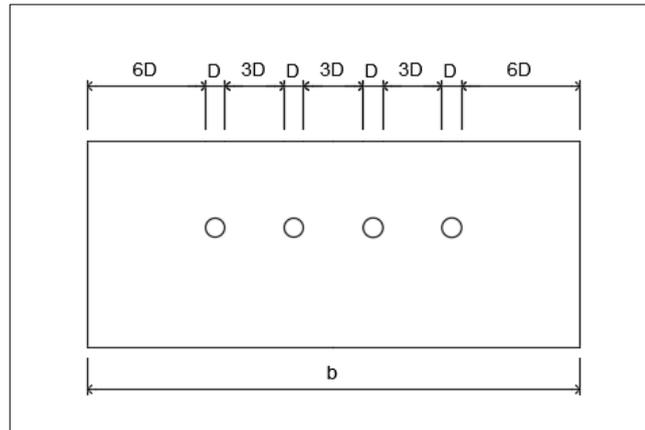


Figura 3. 5. Distribución de los orificios – Pantalla frontal

Fuente: (Agiro, 1997)

El valor de D está dado por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (14)$$

○ Número de orificios

Se recomienda usar diámetros menores a 2". Si se obtuviese diámetros mayores es necesario aumentar el número de orificios (NA), siendo:

$$NA = \frac{\text{Área del diámetro calculado}}{\text{Área del diámetro asumido}} + 1$$

$$NA = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 + 1 \quad (15)$$

Una vez conocido el número de orificios, se procede a calcular el ancho de la pantalla (b) con la siguiente ecuación:

$$b = 9D + 4 * NA * D \quad (16)$$

Donde:

- b = ancho de la pantalla
- D = diámetro del orificio
- NA = número de orificios

➤ **Altura de la cámara húmeda**

La altura total de la cámara húmeda se calcula con la siguiente ecuación:

$$H_f = A + B + H + D + E \quad (17)$$

Donde:

- A = se recomienda una altura mínima de 10 cm para permitir la sedimentación de la arena
- B = se considera un diámetro de salida en cm
- H = altura del agua sobre la canastilla en cm
- D = desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua del afloramiento y el nivel de la cámara húmeda (mínimo de 5 cm)
- E = borde libre (10 – 30 cm)

Para determinar la altura de la captación es necesario conocer la carga requerida para que el caudal de salida de la captación pueda fluir por la tubería de la conducción. Esta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1.56 * \frac{v^2}{2g} \quad (18)$$

Donde:

- H = carga requerida en m. Se recomienda valores mínimos de 30 cm
- v = velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s
- g = aceleración de la gravedad 9.81 m/s²

➤ **Tubería de rebose y limpieza**

Se recomienda pendientes entre 1% y 1.5%, tomando en cuenta el caudal máximo de aforo. Se calcula usando la ecuación de Hazen-Williams (C = 140, en PVC)

$$Dtl = \frac{0.71 * Q_{max}^{0.38}}{Hf^{0.21}} \quad (19)$$

Donde:

Dtl = diámetro en pulgadas

Qmáx = gasto máximo de la fuente en l/s

Hf = pérdida de carga unitaria en m/m, valor recomendado 0.015 m/m.

3.1.8 Parámetros de la línea de conducción

Para la línea de conducción nos hemos basado en la Norma CO 10.7 – 602 “Sistemas de abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural”, optando por una conducción por gravedad debido a las condiciones topográficas que presenta la comunidad.

Los principales parámetros a tomar en cuenta son: las pérdidas, la presión, la velocidad y los diámetros, a continuación, se presentan fórmulas para calcular los mismos.

Perdidas unitarias

Para determinar las pérdidas de carga se efectuarán estudios del escurrimiento para establecer la presión con que trabajarán las tuberías en dependencia de la topografía y del diámetro de las mismas.

Tenemos las siguientes fórmulas para el cálculo de pérdidas de carga:

- Darcy Weisbach
- Flamant
- Hazen Williams

Se utiliza el diámetro real para el cálculo hidráulico, mientras que para el diseño usamos el diámetro nominal. También se debe considerar dentro de las pérdidas las que son producidas por los accesorios que forma parte de la tubería como son las válvulas, codos, tees y reducciones.

El proyectista podrá ignorar el cálculo de pérdidas localizadas si es que el sistema es por gravedad.

Formula de Darcy - Weisbach

De manera empírica Darcy y Weisbach dedujeron una fórmula para calcular la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción en un tubo con flujo permanente y con diámetro constante.

$$h_f = f * \frac{L*V^2}{D*2g} \quad (20)$$

Donde:

h_f = pérdida de carga distribuida o continua. [m]

f = coeficiente de pérdida de carga distribuida. Los valores de “ f ” dependerán del régimen de flujo de agua, la viscosidad y el número de Reynolds, que puede ser obtenido a través de fórmulas o en el diagrama de Moody.

Una fórmula para calcular “ f ” en un flujo laminar es dada por la Ley de Poiseulle en donde se relaciona con el número de Reynolds. Es válida para tubos lisos o rugosos.

$$f = \frac{64}{Re}$$

L = longitud de la tubería. [m]

g = aceleración de la gravedad. [9.81 m/s²]

D = diámetro de la tubería [m]

V = velocidad media del flujo [m/s]

Formula de Flamant

Esta es una ecuación desarrollada de forma empírica, la cual ha sido adaptada para tuberías de pequeño diámetro, de acero, cobre, hierro galvanizado y PVC. Este es empleado comúnmente en instalaciones domiciliarias (Pérez, 2010).

Se expresan:

$$j = \frac{4C V^{1.75}}{D^{1.25}} \quad (21)$$

$$j = \frac{6.1C Q^{1.75}}{D^{4.75}} \quad (21')$$

Donde:

- j = pérdida de carga en m/m
- C = coeficiente de fricción
- V = velocidad media en m/s
- D = diámetro en m
- Q = caudal en m³/s

El coeficiente C se toma de acuerdo a la rugosidad interna de la tubería (Tabla 3.7).

Tabla 3. 7. Coeficiente de Flamant.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN C	
Material de la tubería	C
Fundido	0,033
Acero	0,026
Cobre	0,017
PVC	0,014

Fuente: (Pérez, 2010).

Formula de Hazen – Williams

Es una fórmula de uso cotidiano que fue desarrollada empíricamente por los investigadores Hazen y Williams, y es aplicada para diámetros que oscilan entre los 50mm y 3500mm. (Pérez, 2010)

$$hf = \frac{10.667}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \quad (22)$$

Donde:

- hf = pérdida [m]
- D = diámetro externo de la tubería [m]
- L = longitud [m]
- Q = caudal [m³/s]
- C = valor de la rugosidad [adimensional]

C= 140 para tubería de PVC

Para el diseño de la conducción del diseño del proyecto, se calculará las pérdidas mediante la ecuación de Hazen – Williams.

Presiones

La presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua. Se puede determinar mediante la ecuación de Bernoulli.

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \quad (23)$$

Donde:

- z = cota del punto de evaluación [m/]
- P = presión [kg/m²]
- γ = peso específico del agua (1000 kg/m³)
- v = velocidad media del punto de evaluación [m/s]
- g = aceleración de la gravedad
g= 9,81 m/s²
- hf = es la pérdida de carga que se produce de un punto a otro.

Velocidades

La velocidad interviene directamente en el dimensionamiento de los diámetros de la tubería y se empleara la fórmula de Manning para calcular la misma.

$$V = \frac{R^{2/3} S_o^{1/2}}{n} \quad (24)$$

Donde:

- V = velocidad del flujo en el tubo [m/s]
- R = radio hidráulico [m/s]

$$R = \frac{D}{4}$$

- So = Pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (pérdida de carga por unidad de longitud del conducto) [m/m]

$$S_o = \frac{h_f}{L}$$

h_f = pérdida por fricción [m]

L = longitud de la tubería [m]

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

Tabla 3. 8. Tabla de velocidades permisibles y coeficientes de rugosidad de Manning.

TUBERÍA	VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE (M/S)	"n" COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING
Concreto simple hasta 0,45 m de diámetro	3	0,011
Concreto reforzado de 0,60 m de diámetro o mayor	3,5	0,011
Fibro – cemento	5	0,01
Acero galvanizado	5	0,014
Acero sin revestimiento	5	0,014
Acero con revestimiento	5	0,011
Polietileno de alta densidad	5	0,009
PVC (policloruro de vinilo)	5	0,009

Fuente: (Valdéz, 1994).

3.1.9 Parámetros de tratamiento

La norma CO 10.7 - 602 Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Sólidos en el Área Rural expresa lo siguiente:

La capacidad de la planta potabilizadora será al menos 1.10 el caudal máximo diario correspondiente al final del periodo de diseño.

En cualquier tipo de agua se considerará la desinfección como tratamiento mínimo.

3.1.9.1 Estructura para la planta de tratamiento de agua

Cajón de recolección

$$V = Q * t \quad (25)$$

Donde:

- V = volumen del tanque [m³]
 Q = caudal de entrada [m³ /s]
 t = tiempo de retención [min]

Calculo de las dimensiones del cajón

$$L = \frac{V}{b * h} \quad (26)$$

Donde:

- b = base de la cámara [m]
 h = altura del agua [m]

Tanto la base como la altura son impuestas.

Calculo del vertedero triangular

Altura del agua del vertedero

$$H = \left(\frac{Q_f}{1.40} \right)^{2/5} \quad (27)$$

Donde:

- H = altura del agua del vertedero [m]
 Q_f = caudal de filtración [lt/s]

Altura del vertedero

$$h = 2 * H \quad (28)$$

Donde:

- h = altura del vertedero
 H = altura del agua del vertedero

Longitud del vertedero (Lv)

$$Lv = 2 * h * \tan \frac{\alpha}{2} \quad (29)$$

Donde:

- Lv = longitud del vertedero [m]

h = altura del vertedero [m]

α = ángulo del vertedero (90°)

Ancho del agua del vertedero (a)

$$a = 2 * H \quad (30)$$

Donde:

a = ancho del agua en el vertedero

H = altura del agua en el vertedero [m]

Área del Vertedero (A)

$$A = H * a \quad (31)$$

Donde:

A = área del vertedero [m^2]

H = altura del agua en el vertedero [m]

a = ancho del agua en el vertedero [m]

Velocidad del agua en el vertedero

$$V = \frac{Q_f}{A} \quad (32)$$

Donde:

V = velocidad del agua en el vertedero [m/s]

Q_f = caudal de filtración [m^3/s]

Longitud de la cámara

$$y = \frac{1}{2} * g * t^2 \quad (33)$$

Donde:

y = longitud de la cámara [m]

g = gravedad [m/s^2]

t = tiempo de retención [s]

3.1.9.2 Tratamiento a emplear

La planta de tratamiento del proyecto será diseñada con la tecnología de filtración en múltiples etapas (FIME); se basa en las siguientes tablas:

3.1.9.2.1 Nivel de riesgo

Tabla 3. 9. Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME.

Coliformes (UFC/100ml)	Turbiedad (UTN)	<10	10-20	20-50	50-70(*)
	Color real (UC)	<20	20-30	30-40	30-40(*)
<500		Sin FGA	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS3 _{0.3}
500-10000		FGAC _{0.6}	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS3 _{0.3}
10000-20000(*)		FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAS3 _{0.3}
(*) Para valores superiores a 70 UNT; 20000 UFC/100ml o 40 UC, se recomienda realizar el estudio en planta piloto (El subíndice indica la velocidad de filtración recomendada en m/h)					
F.G.A.C.: Filtro Grueso Ascendente en capas F.G.A.S3.: Filtro Grueso Ascendente en serie (3 capas) F.L.A.: Filtro Lento de Arena F.A.C.: Filtro Ascendente en Capa					

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Los resultados obtenidos de los análisis de agua se presentan en la tabla 3.10:

Tabla 3. 10. Nivel de riesgo – Resultados.

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS		
Parámetro	Cantidad	Limite
Turbiedad	0,72	≤ 10 UNT
Color	-	≤ 10 UNT
Coliformes Totales	13	< 500 NMP/100ml

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005); (Saneamiento, 2017).

3.1.9.2.2 Selección de tratamiento

De acuerdo a los resultados de los análisis químicos, físicos y biológicos del agua cruda obtenidos por parte del laboratorio de ETAPA EP, se determinó que la calidad del agua es buena con un nivel de riesgo bajo, lo que conlleva a utilizar un tratamiento

formado por tan solo filtros lentos de arena, desistiendo de un filtro grueso ascendente, y obligatoriamente de la desinfección por medio de cloración.

3.1.9.2.3 Filtro lento de arena

Su finalidad es mejorar la calidad de agua mediante la reducción de microorganismos, materiales en suspensión, material coloidal y cambios en la composición química.

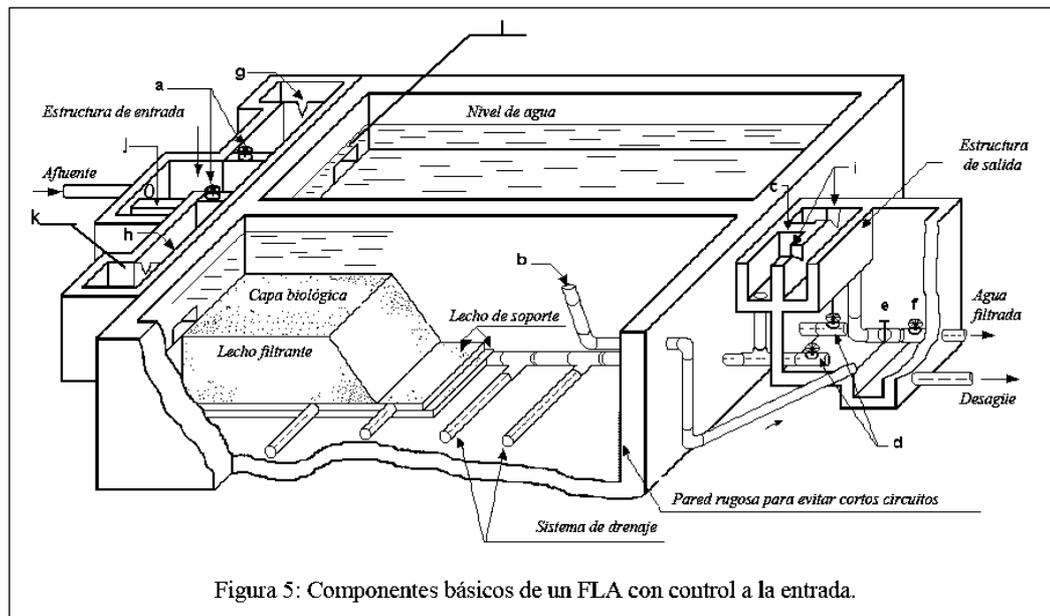


Figura 3. 6. Componentes básicos de un FLA con control a la entrada.

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Partes del filtro lento de arena

Esta estructura está conformada por un lecho filtrante, una capa de agua sobrenadante, un sistema de drenaje y el control de flujo.

Capa de filtración: depende del caudal con el que se va a trabajar, la tasa de filtración y la cantidad de filtros que estén utilizando.

Estructura de entrada: se constituye por un vertedero de excesos, los canales de distribución, los dispositivos de medición y control de flujo, la cámara de entrada y la ventana de acceso al filtro.

Capa de agua sobrenadante: se encarga de brindar la carga hidráulica necesaria para permitir el paso de agua a través del lecho de arena.

Lecho filtrante: está constituida por arena relativamente fina que permite la remoción de impurezas del agua circulante.

Sistema de drenaje: consta del lecho de soporte y la cámara de salida; el nivel del filtro se controla mediante el vertedero de salida, que puede estar ubicado al mismo nivel o a 10 cm sobre la superficie del lecho filtrante.

Conjunto de dispositivos para la regulación, control y rebose de flujo: incluye los accesorios necesarios para el buen funcionamiento del sistema, entre los cuales están: la válvula de entrada, los dispositivos de drenaje, las válvulas para drenar el lecho, desechar el agua tratada, suministrar agua tratada al dispositivo de agua limpia, y los vertederos de entrada, de salida y de excesos.

Criterios de diseño:

Tabla 3. 11. Criterios de diseño recomendados por autores y países para filtros lentos de arena.

CRITERIO DE DISEÑO	RECOMENDACIÓN			
	HUISMAN AND WOOD (1974)	TEN STATES STANDARDS (1987)	VISSCHER ET AL. USA (1987)	CINARA, IRC (1997)
Periodo de diseño (años)	n.e.	n.e.	10 - 15	8 - 12
Periodo de operación (h/d)	24	n.e.	24	24
Velocidad de filtración (m/h)	0,1 - 0,4	0,08 - 0,24	0,1 - 0,2	0,1 - 0,3
Altura de arena (m)				
Inicial	1,2	0,8	0,9	0,8
Mínima	0,7	n.e.	0,5	0,5
Diámetro efectivo (mm)	0,15 - 0,30	0,15 - 0,35	0,30 - 0,45	0,15 - 0,30
Coeficiente de uniformidad				
Aceptable	< 3	≤ 2,5	< 5	< 4
Deseable	< 2	n.e.	< 3	< 2
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	n.e.	0,4 - 0,6	0,3 - 0,5	0,25
Altura de agua sobrenadante (m)	n.e.	0,4 - 0,6	0,3 - 0,5	0,75 (*)
Borde libre (m)	0,2 - 0,3	n.e.	0,1	0,1
Área superficial máxima por modulo (m ²)	n.e.	n.e.	< 200	< 100
(*) Con desarrollo exponencial en la perdida de carga en los estudios a nivel piloto n.e.: no especificado				

Fuente: (ETAPA EP, 2012 - 2014).

3.1.9.2.4 Diseño de filtros

Tabla 3. 12. Diseño para el filtro grueso ascendente y el filtro lento de arena.

SISTEMA	(CH) CARGA HIDRÁULICA	ALTURA (M)		GRANULOMETRÍA	ALTURA DE SOPORTE (M)
F.G.A.	24 - 36 m/d	0,2 m	0,2 m	3 - 6 mm	0,2 - 0,3 m
		0,6 m	0,2 m	6 - 13 mm	
		0,2 m	0,2 m	13 - 25 mm	
F.A.C.	7 - 15 m/d	0,2 m	0,15 m	1,5 - 3 mm	0,2 - 0,3 m
		0,6 - 0,9 m	0,15 m	3 - 6 mm	
		0,15 m	0,2 m	6 - 13 mm	
		0,2 m	0,2 m	13 - 19 mm	
F.L.	2 - 5 m/d	0,8 m	0,8 m	0,15 - 0,30	0,2 - 0,3 m

F.G.A.: Filtro Grueso Ascendente
 F.A.C.: Filtro Ascendente en capas
 F.L.: Filtro Lento de arena

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Área de los filtros

El área está en función de la carga hidráulica (CH), para ello se escoge entre los siguientes rangos:

Filtro grueso dinámico: 24 – 36 m/d

Filtro lento de arena: 2 – 5 m/d

$$A = \frac{Q/2}{CH} \quad (34)$$

Donde:

A = área de los filtros

Q = caudal (m³/s)

Filtro grueso dinámico y filtro lento de arena

Para el diseño de los siguientes parámetros se siguen los mismos procedimientos tanto para el filtro grueso dinámico y para el filtro lento de arena.

Caudales:**Caudal de lavado (QL)**

$$QL = A_{Le} * V_L \quad (35)$$

Donde:

V_L = velocidad de lavado (m/h)

A_{Le} = área del lecho o filtro

Para el lavado se debe considerar una velocidad relativa o aparente de $V_L=20$ m/h.

Caudal del orificio (Qo)

$$q_o = \left(\frac{\pi * \emptyset^2}{4} \right) * V_o \quad (36)$$

Donde:

q_o = caudal del orificio

\emptyset = diámetro del orificio (m)

V_o = velocidad del orificio (m/s)

La velocidad en los orificios debe ser ≤ 4 m/s.

Criterios generales para tuberías de drenaje.

Velocidad de lavado: 20 m/h

Velocidad en cada orificio: ≤ 4 m/s

Diámetros (\emptyset) de los orificios: 3/8" ≈ 10 mm

Espaciamiento entre orificios: 0.10 – 0.30 m

Espaciamiento entre tuberías laterales: 0.5 – 1 m

de orificios en todos los laterales: $N = \frac{Q_{Lavado}}{Q_{orificio}}$

Para sacar el \emptyset de la tubería lateral: $\frac{\text{Área de orificios en 1 lateral}}{\text{Área lateral}} = [0.3 - 0.5]$

Para sacar el \emptyset de la tubería principal: $\frac{\text{Área lateral}}{\text{Área principal}} = [0.3 - 0.5]$

Condición que debe cumplir: $\beta = \frac{\text{Área de orificios}}{\text{Área de filtro}} = 0.15 - 0.5\%$

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Perdidas de carga

Se dan pérdidas debido al lecho filtrante y pérdidas por efectos en la tubería: fricción, accesorios, y orificios.

Pérdida en el lecho filtrante:

-Cuando se da la filtración:

Ecuación de Rose:

$$h_1 = 1.067 * C_D * \frac{1}{n^4} * \frac{e}{d} * \frac{v^2}{g} \quad (37)$$

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad (38)$$

$$Re = \frac{v*d}{\mu} \quad (39)$$

-Cuando se produce el lavado:

$$h_1 = 20 * v * e \quad (40)$$

Donde:

- h_1 = pérdida debido al lecho filtrante
- n = porosidad (0.3 – 0.5)
- e = espesor de la capa filtrante (m)
- d = espaciamiento por donde circula el agua (m).
≈10mm como tamaño medio del F.G.A.
- v = velocidad relativa de circulación (CH) (m/s)
- μ = viscosidad

$$\mu = 1.31E-6$$

Pérdidas en la tubería

Por fricción:

$$h_2 = \frac{10.667*L}{D^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \quad (41)$$

Donde:

- h_2 = pérdida por fricción
- L = longitud de la tubería principal

- D = diámetro de la tubería principal
 Q = caudal de lavado o filtración
 C = rugosidad del material

Por los accesorios:

$$h_3 = \Sigma k * \frac{v_t}{2g} \quad (42)$$

Donde:

- h_3 = pérdida por fricción
 v_t = velocidad de circulación en la tubería
 g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Debido a los orificios:

$$h_4 = \frac{1}{2g} * \left(\frac{v}{\alpha * \beta} \right)^2 \quad (43)$$

$$\alpha = 0.61$$

$$\beta = \frac{\text{Área de orificios}}{\text{Área de filtro}}$$

Donde:

- h_3 = pérdida debido a los orificios
 v = velocidad aparente (CH)
 α = coeficiente de descarga de los orificios

3.1.9.3 Cloración

Debido a que la norma CO 10.7 – 602 no contempla la cloración para poblaciones rurales se ha decidido ocupar la Norma de CO 10.7 – 601: Sistemas de abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área urbana; la cual establece que para cualquier tipo de agua se debe considerar la desinfección como tratamiento mínimo, además presenta una tabla en donde se indica la cantidad de cloro que se debe colocar según el pH del agua. Es por ello, que la cloración es de gran importancia para el sistema de agua potable, ya que el objetivo de esta es purificar el agua de manera que sea apta para el consumo humano y uso doméstico.

Tabla 3. 13. Concentraciones mínimas residuales de cloro.

MÍNIMAS CONCENTRACION RESIDUALES DE CLORO REQUERIDAS PARA UNA DESINFECCION EFICAZ DEL AGUA		
pH del agua	Cloro libre residual, mg/lt, tiempo mínimo de contacto, 10 minutos	Cloro residual combinado, mg/lt, tiempo mínimo de contacto, 60 minutos
6-7	0.2	1
7-8	0.2	1.5
8-9	0.4	1.8
9-10	0.8	No se recomienda
más de 10	0.8 (con mayor periodo de contacto)	No se recomienda

Fuente: Norma CO 10.7.601.

La desinfección se realizará mediante un dosificador convencional por goteo, en donde se colocará hipoclorito de sodio, además se agregará la suficiente cantidad de cloro al agua para conseguir en cualquier punto de la red de distribución un residual de cloro de 0.1mg/l - 0.5 mg/l

El agua proveniente del filtro lento será sometida al proceso de desinfección en la caseta de cloración y posteriormente se almacenará en el tanque de reserva para la distribución a la comunidad.

3.1.9.4 Tanque de reserva

El tanque de reserva cumple con la función de almacenar el agua tratada para su posterior distribución hacia la comunidad. La Norma CO 10.1 – 602 establece que la capacidad de almacenamiento será del 50% del volumen medio diario futuro y de ninguna manera será inferior a 10m³.

$$V = 0.5 * Vm \quad (44)$$

En donde:

V = volumen de almacenamiento (m³)

Vm = volumen medio diario (m³)

$$Vm = QMD * t$$

QMD = caudal máximo diario (m³/s)

T = tiempo de almacenamiento (s)

3.1.10 Parámetros de la red de distribución

Un sistema de distribución de agua está constituido principalmente por: bombas, válvulas, tanque de reserva y la red de distribución de las tuberías, en donde se debe garantizar la dotación de agua necesaria y que el agua llegue con presiones que indica la norma.

La Norma CO 10.7 – 602, establece que la red de distribución será diseñada para el caudal máximo horario, la misma que puede estar conformada por ramales abiertos, mallas o una combinación de los dos sistemas, además menciona los siguientes parámetros sobre presiones:

- La presión estática máxima será de 4 kg/cm².
- La presión dinámica máxima será de 3 kg/cm².
- La presión dinámica mínima será de 0.7 kg/cm².
- El diámetro nominal mínimo de los conductos se la red será de 19mm (3/4").

Red ramificada

Un sistema ramificado consta con una tubería principal, en donde se derivan tuberías secundarias, terciarias y cuaternarias en forma de ramas. El agua circula por la red en un único sentido, el caudal y el diámetro disminuyen mientras más se aleje de la tubería principal.

Este tipo de red es común en zonas rurales con poblaciones menores a los 1.000 habitantes ya que las distancias entre viviendas son grandes, la topografía dificulta las interconexiones o también por el desarrollo lineal de una vía principal o carretera

Este sistema puede presentar ciertos problemas en los puntos finales debido al estancamiento del agua y los problemas relacionados con la pérdida de efectividad del cloro por el transcurso del tiempo, además en caso de averías en la tubería principal se dejaría sin el servicio de agua potable al resto de habitantes situados aguas abajo.

Red mallada

La red mallada está constituida por tuberías que se encuentran conectadas entre sí formando mallas, creando un circuito cerrado en donde el agua puede circular por cualquier sentido y cada punto de la red puede ser dotado de agua por varios caminos. En caso de existir daños en una tubería el sistema sigue funcionando sin dejar sin servicio de agua potable a los demás habitantes situados aguas abajo y solo el tramo que con problemas se lo repararía

3.2 Análisis de alternativas de tratamiento

Luego de haber realizado el análisis de calidad de agua que abastece a la comunidad Las Nieves, se encontraron alternativas de tratamientos para mejorarla que son: tecnología tradicional y la tecnología FIME

En donde la tecnología tradicional está conformada por los siguientes procesos de: coagulación, floculación, sedimentación y filtración, el mismo que resulta ser muy costoso tanto en la construcción, como en la operación y mantenimiento. La tecnología FIME mediante la filtración en múltiples etapas, donde intervienen filtros gruesos dinámicos que ayudan a condicionar el agua que ingresa al sistema, luego los filtros lentos de arena que se encargan de eliminar los microorganismos patógenos. Esta tecnología es desarrollada para servir principalmente a pequeñas comunidades que carecen de altos recursos económicos.

3.3 Sectorización de la red de distribución

La red distribución de agua potable de la comunidad de Las Nieves nace en la planta de tratamiento y estará conformada por una red ramificada, la cual será dividida en tres grandes sectores. El primer sector “A” será el tramo que se abastecerá desde el tanque de almacenamiento #2 (tanque de almacenamiento abastecido mediante bombeo desde la planta de tratamiento de agua potable), mientras que el segundo y tercer sector “B” y “C” respectivamente, serán divididos de acuerdo al área de aporte, y estos se abastecerán directamente del tanque de almacenamiento #1.

Tabla 3. 14. Tabla de sectorización de la red de distribución.

SECTOR	AREA DE APORTE
A	25,49 ha
B	35,75 ha
C	62,72 ha

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

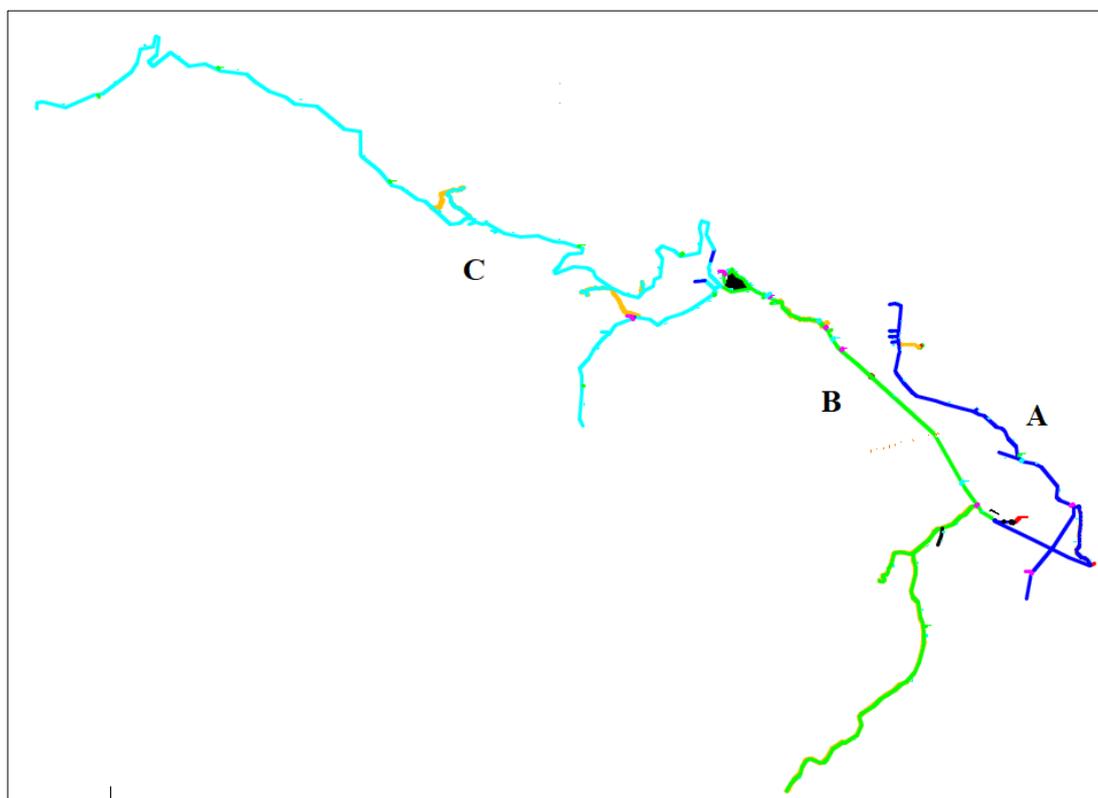


Figura 3. 7. Sectorización de la red de distribución.

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

3.4 Análisis de alternativas de materiales y accesorios a utilizar

Para proyectos de agua potable existen varios tipos de materiales en tuberías, válvulas, bombas, accesorios, etc. Por lo que es necesario garantizar que los materiales cumplan con las especificaciones, las mismas que no deben afectar la calidad del agua.

Los materiales y accesorios a utilizar son los que establece la norma técnica ecuatoriana vigente NTE INEN 1373:2016, la cual da los requisitos que deben cumplir los tubos y accesorios de poli (cloruro de vinilo) (PVC) rígido, de pared sólida, utilizados para transporte de agua a presión (Norma Técnica Ecuatoriana, 2016).

3.4.1 Criterios de selección

La calidad de los materiales a utilizarse es de gran importancia debido a que influyen directamente en el diseño, presupuesto, operación y mantenimiento del sistema. En el mercado existen varios materiales a emplear que tienen diferentes características que los identifique, como pueden ser:

Condiciones de servicio

- El factor principal que se debe considerar son las presiones estáticas y dinámicas en las tuberías a las que serán sometidas, las cuales deben ser soportadas por estos elementos
- Considerar la capacidad portante del suelo ya que pueden existir asentamientos en la planta de tratamiento.
- Las tuberías deben tener una alta resistencia a la corrosión debido a que puede alterar la calidad del agua.

Aplicabilidad

- Se debe tener un control adecuado del personal que realizará las instalaciones de las tuberías y accesorios especialmente en las uniones de las tuberías para evitar fugas.

Propiedades de tuberías

- Se debe considerar el tipo de material a utilizarse en el diseño debido a que de esto dependerá la fricción que existe entre las paredes de la tubería y el fluido afectando a parámetros como: pérdida de carga y velocidad.
- La flexibilidad de las tuberías debe ser adecuada de tal manera que se pueda adaptar al terreno debido a que las pendientes varían en el sitio.
- La capacidad de transporte de las tuberías para el caudal de diseño.

Costos

- El costo de las tuberías y accesorios influyen en el análisis económico del proyecto
- La instalación de las tuberías es un costo que varía dependiendo del tipo de material, así como su mantenimiento y posibles reparaciones

- El periodo de vida útil de los materiales depende de la operación y mantenimiento de los mismos.

3.4.2 Ventajas y desventajas de los materiales

En la Tabla 3.15 se observan los diferentes tipos de tuberías que actualmente existen en nuestro mercado, en donde, se puede apreciar las ventajas y desventajas de utilizarlos en el proyecto. Tomando en cuenta esos criterios se seleccionarán el tipo de material más conveniente para la realización del proyecto.

Tabla 3. 15. Ventajas y desventajas de los materiales.

TIPO DE TUBERÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Hierro dúctil	Tensión de fluencia igual a 42000 PSI	El costo es alto
	Módulo de elasticidad E=166*106 PSI	No se puede soldar fácilmente
	Elongación hasta un 10%	Pueden requerir protección catódica
	Se tiene variedad de diámetros y accesorios	Se requiere de envolturas en suelos corrosivos
	Se tiene variedad de espesores	
	Tiene buena resistencia a golpe de ariete	
	Tiene gran resistencia a cargas extremas	
Acero	Tensión de fluencia entre 30000 y 60000 PSI	Tiene poca resistencia a la corrosión
	Módulo de elasticidad E=207*106 PSI	Los costos son elevados en diámetros pequeños
	Elongación entre 17 y 35 %	Requiere protección catódica o envolturas en suelo corrosivos
	Presión de trabajo hasta 2500 PSI	
	Se tiene variedad de diámetros y accesorios	
	Se tiene variedad de espesores	
	Tiene excelente resistencia a golpe de ariete	
	Tiene gran resistencia a carga externas	

	Los accesorios se fabrican fácilmente	
PVC	Esfuerzos de tensión acorde al diseño	Presiones máximas de 350 PSI
	Módulo de elasticidad $E=4*105$ PSI	Pueden existir sobrepresiones
	Bajo peso, durable, rugosidades bajas	Tiene limitada resistencia a cargas cíclicas
	No existen problemas de corrosión	Problemas con exposición a la atmósfera
	Pueden acoplarse accesorios de HF	Son de fácil acceso para conexiones clandestinas
	Diámetros en el mercado nacional hasta 600 mm	
	Costo relativamente bajo	
Polietileno de alta densidad HDPE	Esfuerzos de tensión acordes al diseño	Presiones máximas de 250 PSI
	Módulo de elasticidad $E=8.96*105$ PSI	Producto relativamente nuevo
	Bajo peso, durable, rugosidades bajas	Pueden existir sobrepresiones
	No existen problemas de corrosión	Tiene una limitada resistencia a cargas cíclicas
	Pueden acoplarse accesorios de HF	Problemas con la exposición a la atmosfera
	Diámetros en el mercado nacional hasta 225 mm	Las juntas por termofusión requieren personal calificado
	Costos relativamente bajo, pero más alto que PVC	
Concreto reforzado	Se adapta a diferentes condiciones	Puede sufrir ataques químicos
	Gran resistencia a cargas por rellenos	Sobrepresiones, pueden causar daños a la tubería
	Gran variedad de diámetros	Presiones máximas de 200 PSI

Fuente: (ETAPA-EP).

3.4.3 Selección de material de tuberías y accesorios

Mediante las condiciones de servicio antes mencionadas, así como las ventajas y desventajas de los materiales, se determinó que el material más conveniente para este proyecto sería la tubería de PVC para la línea de conducción y red de distribución, en la Tabla 3.16, se presentan los criterios utilizados para la selección de tuberías y accesorios.

Tabla 3. 16. Criterios de selección del material de tuberías y accesorio.

CRITERIOS DE SELECCIÓN		
Criterios	Características	Calificación
Presión	Respuesta de la tubería a presiones estáticas, dinámicas y sobrepresiones.	1 a 5
Condiciones de carga	Respuesta de la tubería a cargas externas como rellenos y asentamientos.	1 a 5
Corrosión	Respuesta de la tubería a suelos corrosivos y aguas agresivas.	1 a 5
Capacidad	Destreza del personal para instalar, reparar y operar.	1 a 5
Compatibilidad	Compatibilidad con la infraestructura y sistemas existentes.	1 a 5
Tamaño y espesores	Disponibilidad de diámetros y espesores acordes a las necesidades del proyecto.	1 a 5
Presiones de servicio	Respuesta de la tubería a condiciones normales de trabajo.	1 a 5
Flexibilidad	Capacidad de la tubería de adaptarse a las condiciones normales de trabajo.	1 a 5
Coefficientes de transporte	Capacidad de la tubería para transportar agua.	1 a 5
Costos de tubería y accesorios	Costo de la tubería y accesorios	1 a 5
Costos de operación y mantenimiento	Costo de operación y mantenimiento.	1 a 5
Periodo útil	Vida útil de tubería y accesorios.	1 a 5

Fuente: (ETAPA-EP).

3.5 Diferentes alternativas de diseño para discusión.

En concordancia con los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras tomadas de las fuentes, el tipo de población, ubicación y necesidades de la comunidad, se determinó que la mejor alternativa a utilizar es la tecnología FIME (Filtración en Múltiples Etapas), que lograra mejorar la calidad de agua, y a su vez no presentara mayores problemas en la operación y mantenimiento.

Al mismo tiempo el costo de la implementación de la tecnología FIME será más accesible que la tecnología convencional, por lo que al GAD de Pucará le será más sencillo conseguir el financiamiento para la realización del proyecto.

3.5.1 Captación

La captación es la parte inicial del sistema de agua y su funcionamiento debe ser apropiado para dotar de agua a toda la comunidad y satisfacer sus necesidades, además que debe ser diseñada con todos los parámetros que indica la norma y sus dimensiones deben ser capaces de permitir el paso del agua sin dificultades ni interrupciones y de soportar un aumento de agua en épocas de lluvia.

El agua será captada de la vertiente #3, la misma que cumple con el caudal necesario para satisfacer a la comunidad.

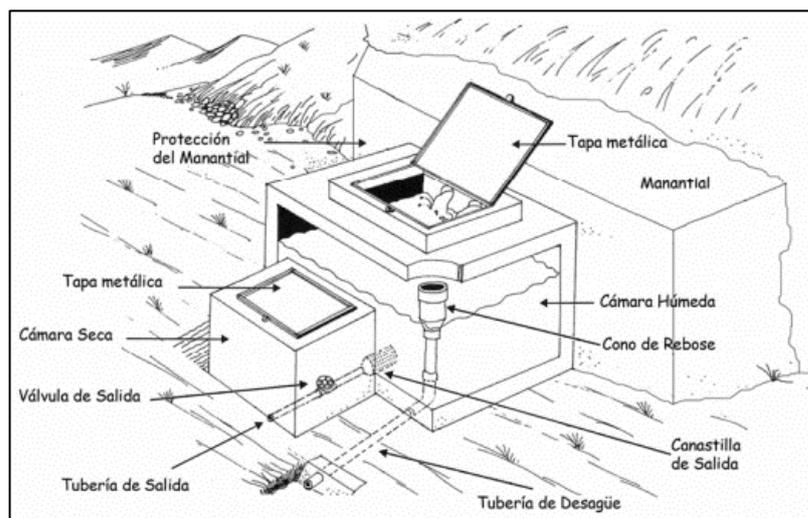


Figura 3. 8. Captación de manantial de ladera.

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2009).

Ver Anexo 6. Cálculo de la cámara de captación.

3.5.2 Línea de conducción

La línea de conducción que se realizará va desde la captación hasta la planta de tratamiento; el diseño se realizara tomando en cuenta todos los posibles inconvenientes que se pueden generar.

El trazado de la conducción se realizará de un solo modo, ya que no existe una distancia mayor a 60 m entre la captación y el lugar donde se pretende ubicar la planta de tratamiento, haciendo que el trazado sea más sencillo.

3.5.3 Planta de tratamiento

La comunidad Las Nieves carece de una planta de tratamiento de agua potable por lo que es necesario diseñarla e implementarla al proyecto, teniendo en cuenta los parámetros indicados en la norma ecuatoriana y en base a ello exista un buen funcionamiento.

Debido a la distribución dispersa de las casas y al gran desnivel que existe entre una y otra, se ha decidido colocar la planta de tratamiento a no más de 60m de la captación, ya que de no ser así la cota de la planta de tratamiento quedaría muy por debajo de una gran cantidad de casas y no llegaría el agua tratada por falta de presión.

La planta contara con filtros lentos de arena, una caseta de cloración, un sistema de drenaje, accesorios para el control y mantenimiento, y un tanque de reserva.

3.5.3.1 Alternativa a emplear

Según los resultados obtenidos en el análisis físico, químico y microbiológico de las muestras tomadas de las fuentes y las necesidades de la comunidad, se optó por utilizar la tecnología FIME para mejorar la calidad del agua ya que es muy utilizada para poblaciones pequeñas que carecen de altos recursos económicos y por su fácil mantenimiento y operación.

3.5.4 Red de distribución

El objetivo principal de la red de distribución es hacer llegar el agua a las viviendas de los habitantes de la comunidad, la cual está conformada por una red principal, una red secundaria y hasta una red terciaria. Su ubicación y colocación es importante debido a la irregularidad del terreno, por lo que se colocaran tanques rompe presiones para evitar que en ciertas viviendas el agua llegue con altas presiones y causen problemas a las tuberías.

El trazado de la red principal se lo realizará siguiendo los caminos existentes en la comunidad, la red secundaria se utilizará en aquellas zonas en donde las distancias son muy grandes y no es económicamente factible llegar con la red principal.

CAPITULO 4

DISEÑO DEFINITIVO

4.1 Diseño de la captación

La captación es la estructura que se encargará de recolectar el agua que proviene de fuentes superficiales o subterráneas.

Para la comunidad de Las Nieves se ha planteado realizar el diseño de una obra de captación conocida como “cámara húmeda”, ya que esta posee varios afloramientos de agua o vertientes de los cuales se puede aprovechar el agua.

Estas obras están construidas básicamente de una cámara, la misma que sirve para proteger los afloramientos contra problemas de contaminación y evitar que los mismos se taponen. Los afloramientos deberán descargar libremente, sin forzar ni alterar las condiciones hidráulicas naturales existentes. La cámara debe disponer de los accesorios básicos e indispensables para su correcto funcionamiento y control, tales como los siguientes: canastilla de cobre en el ingreso de la tubería de salida a la conducción, tubería de desborde al nivel de los afloramientos, sistema de desagüe, boca de visita con tapa sanitaria y válvula de control al inicio de la línea de conducción.

El agua captada será llevada por una línea de conducción hacia una planta de tratamiento convencional, que mejorará su calidad, de manera que será apta para el consumo de los habitantes de la comunidad de Las Nieves, Pucará.

Para el dimensionamiento de la captación es necesario conocer el caudal máximo de la fuente, de modo que el diámetro de los orificios de entrada a la cámara húmeda sea suficiente para captar este caudal o gasto. Conocido el gasto, se puede diseñar el área y el número de orificios sobre la base de una velocidad de entrada no muy alta y al coeficiente de contracción de los orificios.

4.1.1 Resumen de los resultados de la captación

Tabla 4. 1. Resumen de resultados de la captación: cámara húmeda.

CUADRO DE RESUMEN DE LA CÁMARA DE CAPTACIÓN			
Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Caudal máximo en la fuente	Q _{máx}	2,923	lt/s
Distancia entre el afloramiento y la captación	L	1,25	m
Diámetro del orificio	D	1,5	pulg
Numero de orificios	NA	8	-
Ancho de la pantalla	b	1,6	m
Altura de la cámara húmeda	H _t	1	m
Diámetro de la tubería de limpieza	D _{tl}	2	pulg

Fuente: (Morquecho & Lituma, 2017).

Ver Anexo 6. Cálculo de la cámara de captación.

Ver Anexo 7. Plano de la cámara de captación.

4.2 Diseño de la conducción de agua cruda

La conducción de agua cruda es la encargada de transportar el agua desde la captación hasta el estanque de almacenamiento. La tubería de transporte funcionara a presión, razón por la cual la tubería debe tener un espesor suficiente para soportarla.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta en el diseño de la conducción es la carga disponible que dependerá de la diferencia de elevaciones entre el punto inicial y final.

Los criterios de diseño que se toman en cuenta para el diseño de la conducción son los siguientes:

- La carga estática disponible o diferencia de niveles.
- Capacidad para transportar el caudal máximo diario incrementado un 10% como especifica la norma (NORMA CO 10.7-602).
- Diámetros económicos que garanticen la capacidad de transporte y permitan presiones adecuadas iguales o menores que las presiones de trabajo de la tubería.

- La clase de material de la tubería deberá ser capaz de soportar las presiones hidrostáticas.
- Implementar estructuras complementarias necesarias para el buen funcionamiento para la línea de conducción.

El diseño de la conducción se realizó utilizando el programa EPANET, este es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodo extendido y permanente del comportamiento hidráulico en redes de distribución a presión. Una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas y tanques de almacenamiento o depósitos. EPANET determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, visualizar los resultados obtenidos, así mismo puede servir para la evaluación de diferentes estrategias o alternativas de gestión de los sistemas de distribución enfocados a la mejora de la calidad de agua.

Además, calcula las pérdidas por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, o Chezy-Manning, también modela diferentes tipos de válvulas.

Para este proyecto se utilizó:

- La fórmula de Hazen-Williams
- Tuberías de P.V.C.
- Coeficiente de Rugosidad de 140

Tabla 4. 2. Coeficiente de Rugosidad para diferentes Materiales.

Material	C
Hierro colado	130 - 140
Hormigón o revestido de hormigón	120 - 140
Hierro galvanizado	120
Plástico	140 - 150
Acero	140 - 150
Arcilla vitrificada	110

Fuente: (Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos, 2001).

Este programa nos proporciona información tanto en los nodos (conexiones) como en las tuberías:

En los nodos:

- Altura piezométrica
- Presión

En las tuberías:

- Caudal
- Velocidad
- Pérdidas
- Factor de fricción

4.3 Diseño de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento diseñada para mejorar la calidad del agua que abastecerá a la comunidad Las Nieves estará formada con un vertedero que permitirá el paso del agua captada a los filtros lentos, luego el agua pasará circulará hacia el tanque de almacenamiento, el cual se adaptará a un sistema de cloración por goteo.

Ver Anexo 8. Diseño de la planta de tratamiento de agua potable.

Ver Anexo 9. Planos de la planta de tratamiento de agua potable.

Ver Anexo 10. Diseño de los tanques de almacenamiento de agua potable.

4.3.1 Filtro lento de arena

El filtro lento de arena está diseñado para que cumpla con la función de liberar el agua de partículas y bacteria que no fueron detenidas en el filtro grueso ascendente, asegurando así una mejor calidad del agua, más limpia y libre de impurezas.

La estructura del filtro consiste en un lecho de arena fina colocada sobre una cama de grava que sirve de soporte y transición permitiendo una velocidad de filtración uniforme sobre el área total del filtro, además de un sistema de drenaje que permite el paso libre para la recolección del agua tratada.

Se ha diseñado dos filtros lentos de arena que serán de forma rectangular: con un largo de 3,00 m, un ancho de 1,10 m y una profundidad de 2,10 m. Además, en la tabla 4.3 se muestra la remoción estimada de ciertos parámetros de calidad de agua.

Tabla 4. 3. Remoción estimada de los parámetros de calidad.

Parámetro de calidad de agua	Capacidad de eliminación del filtro lento de arena	Resultados del estudio de calidad de agua " Las Nieves"	Remoción estimada
Turbiedad	27% al 39 %	0.72 UNT	0.43 UNT
Color	25%	- UNT	- UNT
Coliformes	2-4 log	13 NMP/100ml	0.01 NMP/100ml

Fuente: (Blacio & Palacios, 2011).

Ver Anexo 8. Diseño de la planta de tratamiento de agua potable.

Ver Anexo 9. Planos de la planta de tratamiento de agua potable.

4.3.2 Desinfección

La desinfección se realizará mediante el sistema Clorid L-30 (ver catálogo en el Anexo 8), el cual es adaptado a un dosificador convencional por goteo. El sistema Clorid L-30 producirá hipoclorito de sodio, además se agregará la suficiente cantidad de cloro al agua para conseguir en cualquier punto de la red de distribución un residual de cloro de 0.1mg/l - 0.5 mg/l.

El agua proveniente del filtro lento será retenida en un tanque para que de esta manera exista un tiempo de retención necesario para que se mezcle el hipoclorito de sodio de forma adecuada y posteriormente se almacenará en el tanque de reserva para la distribución a la comunidad.

Ver Anexo 8. Diseño de la planta de tratamiento de agua potable.

4.3.3 Tanques de almacenamiento de agua potable

El tanque que se diseño fue para un caudal de 0.173 l/s, que es el caudal máximo diario. Mediante los cálculos realizados se obtuvo que deberá tener una capacidad de 7.4 m³, sus dimensiones están especificadas en los planos.

También existirá un segundo tanque reserva, el cual será abastecido mediante bombeo, ya que dicho tanque abastecerá a una población futura de 54 habitantes los cuales tienen sus residencias muy por encima de la cota de la planta de tratamiento de agua potable.

Ver Anexo 10. Diseño de los tanques de almacenamiento de agua potable.

Ver Anexo 9. Planos de la planta de tratamiento de agua potable.

4.3.4 Bombeo

El objetivo del bombeo poder abastecer de agua a un tanque de reserva, el mismo que tiene la finalidad de transportar el agua a gravedad cumpliendo con los requisitos de presión mínima para ciertas viviendas que se encuentran sobre el nivel de la planta de tratamiento de agua potable. Se ha planificado que la planta de tratamiento de agua potable cuente con 2 bombas para que trabajen alternadamente.

La modelación del bombeo se realizó mediante el programa EPANET 2.0, en el cual se ha introducido todas las características de las bombas a presión de la marca *Rong Long* de 5 HP, ya que esta es de buena calidad y está disponible en nuestro mercado. Mientras que los cálculos se realizaron en la memoria de cálculo de Excel.

Ver Anexo 11. Catálogo de bomba de agua.

4.4 Red de distribución

El análisis de la red de distribución se realizó en el programa EPANET 2.0 tomando en cuenta las demandas, topografía del terreno, tipo de material y puntos de rotura de presión como base para el diseño del sistema de agua potable para la comunidad Las Nieves.

Se generó el diseño de un sistema de distribución que sea funcional y óptimo, para que todos los habitantes sean beneficiados del servicio de agua potable.

La red contará con 6.67 km de extensión, la misma que estará integrada de tanques rompe presiones, válvulas de purga y de aire. Además, se controlaron las presiones en la red de distribución en un rango de 10mca – 80mca, en donde la casa del señor Marco

Barzallo tiene problemas de presión baja debido a su proximidad al tanque de almacenamiento. Las pérdidas unitarias en las tuberías son relativamente bajas.

Los diámetros de tuberías utilizadas en la modelación fueron de PVC de 20, 25, 32, 40 y 50 mm, la red en su mayor extensión es de 17.

Ver Anexo 12. Cálculo de caudales por nodos.

Ver Anexo 13. Resultados hidráulicos de la red de distribución en EPANET.

Ver Anexo 14. Planos de perfiles de la red de distribución y conexiones domiciliarias.

CAPÍTULO 5

PRESUPUESTO REFERENCIAL Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.1 Presupuesto general

El presupuesto es un documento contractual que llega a ser un instrumento importante en la ejecución de un proyecto, ya que nos indica el costo aproximado de una obra. Para determinar este costo es necesario conocer los distintos rubros que serán parte del proyecto, es decir, las actividades y cantidades de obra.

Una vez culminado la etapa del diseño del sistema de agua potable se procede a determinar el presupuesto general y el análisis de precios unitarios, para ello se utilizó el software INTERPRO.

Ver Anexo 15. Presupuesto General y análisis de precios unitarios para la planta de tratamiento de agua potable.

6.2 Análisis de precios unitarios

Para el análisis de precios unitarios se analizaron los costos directos e indirectos, y considerando una utilidad para el contratista.

Los costos directos son todos aquellos que intervienen directamente en la ejecución o construcción de la obra o proyecto como: equipo/herramientas, materiales, transporte y mano de obra.

Para establecer los costos directos del rubro, hay que analizar su participación dentro del proyecto, su unidad, precio, cantidad, rendimiento para la mano de obra y equipo, y distancia para transporte.

Los costos indirectos son generados por recurso que son difíciles de cuantificar su participación exacta en un rubro, dentro de estos costos indirectos pueden estar estudios, planificación, diseños, gastos administrativos y financieros, fiscalización.

La utilidad del contratista está incluida dentro de los costos indirectos como un porcentaje adicional.

Ver Anexo 15. Presupuesto general y análisis de precios unitarios para la planta de tratamiento de agua potable.

Ver Anexo 16. Cronograma valorado.

Ver Anexo 17. Fórmula polinómica y asignación de términos.

6.3 Especificaciones técnicas

El desarrollo de las especificaciones técnicas son normas o disposiciones que se plantean para la ejecución del proyecto, estas normas permiten el correcto funcionamiento del proyecto, además se definen todas las exigencias y procedimientos que debe seguir el constructor. Este documento también servirá de guía para el fiscalizador, ya que con él puede controlar el avance de obra, la calidad de los materiales que se emplea y las formas de pago, todo esto con el objetivo de vigilar y cuidar los intereses de la entidad contratante.

En caso de no disponer alguna especificación técnica de una actividad o de varias actividades que se realicen en el proceso constructivo se deberá regirse en el Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado (ACI 318-14) y Comentarios, así como también en la Norma INEN 1108 Agua Potable. Cuando existan contradicciones entre las especificaciones del ACI 318-14 y las del proyecto los responsables deben regirse en las especificaciones propias del proyecto.

Las especificaciones técnicas para este proyecto fueron tomadas de la empresa cuencana ETAPA EP, las mismas que fueron autorizadas por parte de la oficina de agua potable del GAD de Pucará.

Ver Anexo 18. Especificaciones técnicas ETAPA EP.

Ver Anexo 19. Especificaciones técnicas para Las Nieves.

CAPÍTULO 6

PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La elaboración de un plan de operación y mantenimiento permite aumentar la vida útil del sistema, de modo que no se vea afectada la calidad de agua, para ello se debe realizar un mantenimiento adecuado. En este manual se encuentra detallado todas las actividades a seguir para una adecuada operación y mantenimiento de las obras que son parte del sistema de agua potable, con el objetivo de que tengan un correcto funcionamiento durante el tiempo para el cual fueron diseñados.

Existen tres clases de mantenimiento, el mantenimiento planificado o también denominado preventivo, que incluye todas las actividades preventivas y predictivas, también está el mantenimiento de emergencia y el mantenimiento correctivo.

6.1 Mantenimiento planificado o preventivo

Este tipo de mantenimiento es el que se realiza con la finalidad de evitar problemas en el funcionamiento de los sistemas y obras hidráulicas correspondientes (Mays, 2002).

6.2 Mantenimiento de emergencia

El mantenimiento de emergencia es aquel que se realiza cuando los sistemas o equipos han sufrido daños por causas imprevistas como accidentes y requieren una solución inmediata para que el sistema pueda operar (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

6.3 Mantenimiento correctivo

Dentro del mantenimiento correctivo están actividades y acciones que se realizan para reparar daños que no se han podido evitar con el mantenimiento preventivo (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

6.4 Operador

Es la persona calificada y responsable de la operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema de agua potable (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

Las actividades que debe cumplir el operador son las siguientes:

- Operar y mantener en condiciones adecuadas el servicio, así como los equipos instalados.
- Inspeccionar periódicamente cada elemento o componente que integra el sistema de agua potable.
- Presentar informes mensualmente del trabajo realizado y del estado general del sistema.
- Responder ante el comité/comisión sobre el estado general del sistema.
- Informar al comité/comisión sobre las necesidades de adquisición de nuevos materiales, repuestos y herramientas para el correcto funcionamiento del sistema.

6.5 Captación

Operación

- Previo a la puesta en marcha, la captación deberá hacerse la limpieza y desinfección de la caja que reunirá el agua.
- Inspeccionar la calidad del agua en la captación, que no exista presencia de basura y desechos que alteren la calidad del agua.
- Supervisar las válvulas de pase (abrir o cerrar) para regular el caudal.

Mantenimiento

Actividades a realizarse cada mes.

- Medir el caudal del agua.

- Revisar la caja de captación para evitar que se introduzcan sedimentos y taponen la tubería de salida.
- Revisar la estructura de captación para verificar si hay grietas o filtraciones. Si en caso de que existiera, se procederá a la reparación inmediata de la infraestructura.
- Inspeccionar el área de alrededor de la captación para eliminar basura, desechos y limpieza en general.
- Revisar el cerramiento de protección, en caso de existir daños repararlos inmediatamente.
- Revisar si hay descargas de aguas residuales presuntamente no autorizadas aguas arriba de la captación. En caso afirmativo, debe informarse inmediatamente a su superior y a la autoridad ambiental pertinente.

Actividades a realizarse cada semestre.

- Desinfectar con cloro la caja de captación y los elementos que la componen.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas y lubricarlas.
- Verificar y lubricar cualquier dispositivo de apertura y cerrar de compuertas de seguridad de los diferentes dispositivos en la captación como picaportes, aldabas, bisagras, candados, etc.
- Verificar el estado del metal o de la pintura anticorrosiva de las estructuras metálicas, y de ser necesario proceda a retirar cualquier corrosión. Limpiar y aplicar de nuevo pintura anticorrosiva.

6.6 Conducción

Operación

- Previo a la puesta en marcha de la línea de conducción se realizará la desinfección de la tubería, esto se hará únicamente cuando se en operación por primera vez.
- Verificar el funcionamiento normal de la conducción.
- Revisar las tuberías y válvulas para descartar posibles roturas o fallas.
- Controlar y evitar que las tuberías de PVC queden expuestas, cuando se tenga profundidad de excavaciones pequeñas.

Mantenimiento

Actividades a realizar cada mes.

- Revisar la colocación de los puntos de referencia del trazado de la tubería (indicadores o hitos), importantes para saber por dónde pasa enterrada la tubería; si no están, colóquelos nuevamente.
- Observar si existen derrumbes o asentamientos de terreno, ya que puede afectar la tubería.
- Detectar fugas, filtraciones y roturas, y repararlas de inmediato. Recordar que las fugas producen exceso de humedad en el suelo, lo que a su vez puede provocar derrumbes o asentamientos del terreno alrededor de las tuberías, con el consecuente daño de la tubería o de otro tipo de infraestructura.
- Revisar periódicamente que las válvulas para aire tengan un funcionamiento correcto, es decir que expulsen el aire contenido en las tuberías. La válvula de conexión entre la tubería de conducción y la válvula de aire debe permanecer siempre abierta.
- Abrir las válvulas de purga y drenar los sedimentos acumulados en el fondo de las tuberías. Durante esta operación, las válvulas se deben abrir y cerrar lentamente, con el fin de evitar sobrepresiones en las tuberías (golpe de ariete).
- Revisar el funcionamiento de las válvulas y lubricarlas.
- Detectar y eliminar conexiones no autorizadas.
- Informe al administrador/a o Junta Administradora sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.

Actividades a realizarse cada trimestre.

- Limpiar los alrededores donde se encuentra instalada la tubería, retirando basura, hojas, entre otros, con el objetivo de facilitar la inspección.
- Verificar si existen lugares en los cuales la conducción no esté instalada a suficiente profundidad.

Actividades a realizarse cada semestre.

- Desinfectar el interior del tanque rompe presiones con cloro, o realizar esta actividad cuando se haya realizado alguna reparación.
- Inspeccionar el funcionamiento hidráulico y el mantenimiento de la línea.

6.7 Planta de Tratamiento

- Operación
- Control del caudal a ser clorado.
- Medir la solución del químico que se utilizará.
- Preparación y aplicación de la dosificación.
- Control y registro del cloro residual.

Mantenimiento

Actividades a realizarse semanalmente

- Limpieza y control de los dosificadores y equipos de control de cloración.

Actividades para el filtro lento

Previo a la puesta en marcha del filtro, se debe realizar las siguientes actividades.

- Iniciar la operación del filtro lento con el 25% del caudal y manténgalos así durante tres semanas.
- Si al cumplir las tres semanas la turbiedad del agua es menor que cinco, aumente el caudal hasta la mitad (50%) y manténgalos así otras tres semanas.
- Si al cumplir las seis semanas la turbiedad del agua continúa siendo menor que cinco, aumente el caudal al 75% y manténgalos así por tres semanas más.
- Si al cumplir la novena semana y la turbiedad es menor que cinco, poner a funcionar los filtro con el caudal normal.
- Si al cumplir cada periodo de tres semanas, encuentra que la turbiedad del agua es mayor a cinco, continúe operando el filtro con el mismo caudal que tiene en ese momento, hasta que la turbiedad sea menor que cinco.
- Recuerde asegurar la desinfección del agua que sale de los filtros lentos; si esto no es posible, avise a la comunidad para que hierva el agua.

- Cumplir con esta secuencia de pasos para evitar que se queden atrapadas burbujas de aire en la arena, que posteriormente evitarían que el agua se filtre.
- Llene el filtro por la cámara de salida utilizando agua limpia.
- El agua debe entrar por la tubería del fondo del filtro, hasta que el nivel del agua este por encima de la arena.
- Abrir la válvula de entrada al filtro y la de salida al tanque de almacenamiento, mantenga el filtro lento trabajando con este caudal durante 24 horas.
- Asegurarse de realizar la desinfección del agua que sale de los filtros lentos. Si esto no es posible, bote el agua que sale del filtro raspado, durante estas 24 horas.
- Es importante registrar en qué fecha se raspo el filtro, para tener control sobre su funcionamiento.

Tareas en el filtro lento

a) Control y registro diario del caudal de entrada

Todo filtro lento ha sido diseñado para trabajar con una cantidad de agua determinada. Para saber si está funcionando bien hay que medir en la regla de aforo el caudal que está entrando al filtro. Si el caudal no es el adecuado, controlar con la válvula de entrada.

Registrar el caudal de entrada para controlar el funcionamiento del filtro.

b) Control y registro diario de la turbiedad del agua

La medición de la turbiedad se realiza en la cámara de salida del filtro lento utilizando el turbidímetro. El agua que sale del filtro debe tener una turbiedad menor de 5 unidades.

Si no hay turbidímetro, se puede comparar el agua que llega (cámara de entrada) y el agua que sale (cámara de salida) del filtro utilizando dos vasos de cristal. Es importante registrar la turbiedad del agua para controlar el funcionamiento del filtro y tomar decisiones sobre su operación y mantenimiento.

c) Registro diario del material flotante

Retirar con una nasa (red) o colador de cabo largo las hojas, palos o algas que flotan en el filtro, para evitar que se peguen a la arena. Asegúrese de ubicar este material en un sitio adecuado para las basuras.

d) Revisión y registro diario de la pérdida de carga

La pérdida de carga ocurre cuando la capa biológica se hace cada vez más gruesa y se observa cuando el nivel de agua en el filtro aumenta.

Si al observar el filtro, la pérdida de carga es tan alta que el nivel de agua está a la altura del rebose, es el momento de hacer el raspado del filtro.

Registrar la pérdida de carga del día para tener un control sobre el funcionamiento del filtro.

e) Limpieza de las canaletas y cámaras de entrada

Por lo menos una vez a la semana y debe realizar la limpieza de las canaletas y cámaras de entrada. Para realizar la limpieza de las canaletas y cámara de entrada se realiza lo siguiente:

- Destapar los desagües de las canaletas y cámaras de entrada.
- Cepillar las paredes, el fondo de las canaletas, los vertederos y las cámaras de entrada y enjuague.
- Colocar de nuevo los tapones en los desagües para poner a funcionar el filtro.

f) Raspado del filtro lento

El filtro lento se debe raspar cuando la pérdida de carga es tan alta que el nivel de agua haya llegado al rebose. Raspar el filtro es quitarle parte de los microorganismos que se acumulan en la superficie de la arena para que el agua se vuelva a filtrar fácilmente.

Como los microorganismos se acumulan en la superficie, es suficiente con raspar 2 o 3 centímetros de arena en toda la superficie del filtro. Esta arena se debe lavar.

Para realizar el raspado se realizan las siguientes actividades:

- Alistar y lavar los implementos de lavado

Los palines, baldes, botas y la carreta que se van a utilizar deben lavarse muy bien antes de empezar el raspado para evitar que la suciedad que tengan afecte la capa biológica.

- Suspender la entrada de agua al filtro

Cierre la entrada de agua al filtro que va a lavar y la salida al tanque de almacenamiento.

- Lavar las canaletas y las cámaras de entrada y salida

Destape los desagües de las canaletas u cámaras, cepille y enjuague el fondo y las paredes.

- Limpiar las paredes del filtro

Desprenda el material pegado a las paredes internas del filtro utilizando un cepillo de cabo largo.

- Raspar el filtro

Vacíe el agua acumulada sobre la arena utilizando el cuello de ganso. Abra la válvula de desagüe del filtro para completar el vaciado hasta que la superficie de la arena quede seca. Coloque tablas limpias sobre la arena para pararse y colocar los baldes y los palines. Raspe con el palín dos centímetros de arena en toda la superficie del filtro. Lleve la arena que saco del filtro a la cámara de lavar. Empareje la superficie de la arena utilizando una llanta (tabla lisa con cabo largo).

g) Lavado de arena

La arena que se saca del filtro debe lavarse el mismo día que se realiza el raspado para evitar que los microorganismos que contiene se descompongan y produzcan malos olores. Esta arena debe quedar muy limpia y se debe almacenar para que se pueda volver a usar en el rearenamiento del filtro. Para facilitar esta labor es mejor lavar la arena en pequeñas cantidades.

Para el lavado de arena realice las siguientes actividades:

- Poner una cantidad pequeña de arena en la cámara de lavado, abra la llave y revuelva con una pala hasta que el agua salga clara.
- Para comprobar si está bien lavada, echar arena y agua en una botella de cristal limpia y agite, espere que desaparezcan las burbujas y mire si el agua está clara.
- Una vez lavada la arena, dejar secar en la cámara de lavado o en un sitio limpio.
- Cuando la arena esté seca, se debe guardar en la caseta de almacenamiento. Allí debe permanecer hasta que se vaya a usar en el rearenamiento.

Rearenamiento del filtro lento

Al comienzo el filtro lento tiene 80 centímetros de arena fina y después de varias raspadas, la arena de los filtros llega a su nivel mínimo (59 centímetros). En muchos filtros esta se puede ver cuando se llega a la primera señal roja marcada en una de las paredes del filtro. Cuando esto ocurre hay que rearenar el filtro para completar su máximo de 80 centímetros.

Para realizar el rearenamiento del filtro se debe seguir los siguientes pasos:

- Avisar a la entidad administradora y planifique con ellos la fecha para realizar esta actividad.
- Alistar los implementos y herramientas que van utilizar: palas, baldes, carreta y botas.
- Raspar el filtro de la misma manera como lo hace en la tarea periódica, pero vaciando completamente el agua del filtro.
- De acuerdo al tamaño del filtro, divida la superficie en varias partes y rearene una por una. Saque la arena de una parte del filtro y amontónela a un lado.
- No sacar la arena gruesa ni la grava del fondo.
- Nivelar con una llanta (tabla lisa con cabo largo) la superficie del filtro.
- Poner a funcionar el filtro llenándolo por la cámara de salida con agua limpia del otro filtro lento. El agua debe entrar por la tubería del fondo del filtro, hasta que el nivel de agua este por encima de la arena.
- Abrir la válvula de entrada de agua al filtro que rearenó y controlar que solo entra la mitad del caudal.
- El resto del caudal debe ingresar al otro filtro lento.

- Desechar el agua que sale del filtro que rearenó por un periodo mínimo de 15 días.

Desinfección

Equipo hipoclorador de sodio

- Limpiar los dosificadores, orificios y tuberías pequeñas.
- Si existen tuberías obstruidas repárenlas inmediatamente.

6.8 Tanque de almacenamiento

Operación

- Previa a la puesta en marcha del sistema debe abrir y/o cerrar válvulas de pase ubicadas en las tuberías de entrada y salida del tanque.

Mantenimiento

Actividades a realizarse cada mes.

- Limpiar los alrededores del tanque de almacenamiento como maleza, basura y desechos para facilitar la inspección.
- Verificar la estructura de almacenamiento para determinar la presencia de fugas y grietas en los muros o losas, en caso de presentarse estos daños proceder a la reparación inmediata.
- Revisar si el tanque tiene sedimentos.
- Limpiar los sedimentos. Ingrese al tanque para evaluar si requiere ser lavado. Antes de ingresar al tanque quite todas las tapas y déjelo ventilar por lo menos durante una hora. Revise la escalera de acceso al tanque, verifique que las tuercas y los tornillos estén bien ajustados.
- Revisar en el interior del tanque si existen grietas, fugas o desprendimientos de la pared y realice los correctivos necesarios. Recuerde que, por su seguridad, siempre que ingresa a un tanque otra persona debe quedar afuera pendiente de su actividad.
- Proteger el agua de la presencia de agentes extraños. Instale tapas o compuertas, o cambie los empaques protectores.

- Manipular las válvulas dándole unos pequeños giros con la finalidad de que no se endurezcan con el tiempo, de ser posible lubríquelos.

Actividades a realizarse semestralmente.

- Limpiar y desinfectar del interior (paredes y losas) del tanque, o cuando se haya realizado alguna reparación se procederá a esta acción.
- Pintar la escalera de acceso, la tapa de inspección, paredes externas y el techo del tanque de almacenamiento.

Actividades a realizar cada dos años.

- Recubrir las paredes interiores del tanque con mortero impermeabilizado.

6.9 Red de distribución

La profundidad mínima para la instalación de las tuberías en vías públicas debe ser de por lo menos 0,60 metros de la superficie del terreno hasta el lomo del tubo, considerando apropiada una profundidad de 0,80 metros.

En áreas de cultivo, cruces con carretes o vías de tráfico pesado, la profundidad mínima debe de ser mayor. Se recomienda instalarla bajo los 1,20 metros de profundidad.

Cuando la tubería se instala en suelos inestables o sometidos a tráfico pesado, deben tomarse las medidas de protección necesarias, tales como revestimientos de concreto simple o mediante “encamisado” de la tubería con tubos de acero.

La tubería nunca debe quedar expuesta a la superficie. Cuando esto sea imposible, como por ejemplo en un cruce u orilla de quebrada o río, así como en pasos especiales, debe contar con las protecciones adecuadas

Las reparaciones de tramos de tubería deben hacerse en ambiente seco., Se debe sacar primero el agua acumulada en la zanja y levantar la tubería unos 10 centímetros por encima del fondo de la zanja para evitar el ingreso de lodo a la red.

Operación

- Previo a la puesta en marcha del sistema, en la red de distribución debe hacerse la limpieza y desinfección de la tubería, se hará únicamente cuando la red de distribución se pone en operación por primera vez.
- Abrir válvulas para la distribución del agua de acuerdo a la red.

Mantenimiento

Actividades a realizarse cada mes.

- Comprobar si existen instalaciones clandestinas, ya sea por quejas o denuncias, por evidencias o rastros de su ejecución.
- Revisar y reparar fugas en todos los tramos para evitar el desperdicio de agua.
- Instruir a la comunidad para que informe oportunamente los daños o fugas.
- Revisar las conexiones individuales para evitar las fugas en tuberías y válvulas.
- Realizar la inspección sanitaria y monitorear de la calidad de agua con el fin de determinar la concentración de cloro.
- Abrir las válvulas de limpieza en las menores horas de consumo para eliminar los depósitos.
- Se deben lavar las tuberías para eliminar sedimentos que se hayan formado o acumulado. Para realizar esta actividad se deben abrir las válvulas de purga en la noche y en las horas de más bajo consumo.

6.10 Conexiones domiciliarias

- Operación
- Abra y cierre lentamente las válvulas, para evitar golpes de ariete.

Mantenimiento

- Mensualmente, cuando se realice la lectura de los medidores se debe verificar que no existan fugas.
- Limpieza general de las cajas y los medidores.
- Verificar que el medidor esté funcionando correctamente.

Todas las medidas redactadas están basadas en:

- Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable (CARE Internacional-Avina, 2012).
- Operación y mantenimiento para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante las encuestas socio-económicas realizadas a los representantes de las familias quedaron evidenciadas las molestias que posee el sistema de agua para consumo humano. Los habitantes se encuentran entusiasmados por el nuevo proyecto del sistema de agua potable.
- Con el levantamiento de información de campo correspondiente a los análisis de agua y de acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados de las tres vertientes se obtuvo que la calidad del agua cruda es buena y que requiere un tratamiento FIME conformado por una filtración lenta de arena y desinfección.
- Se realizó un diseño para el sistema de agua potable con periodo de diseño de 20 años, el cual es abastecido de la fuente subterránea denominada “Vertiente #3”, la cual cumple con el caudal necesario para atender a los 163 habitantes actuales y 199 futuros.
- El diseño de la planta de tratamiento constará con dos tanques de almacenamiento de agua potable, el primer tanque de almacenamiento se abastecerá directamente del filtro lento de arena con su previa desinfección, mientras que el segundo tanque será intervenido por una bomba de presión que acarreará el agua hacia dicho tanque, el mismo que se encuentra a 120 m por encima del primer tanque. La red de distribución consta de 6.67 km de extensión, la cual consta de 6 válvulas de aire, 8 válvulas de purga y 10 tanques rompe presiones.
- Se realizó un presupuesto, análisis de precios unitarios y cronograma valorado, además de sus especificaciones técnicas con la finalidad de que el proyecto pueda ser financiado y construido posteriormente.

Recomendaciones

- El proceso de construcción debe regirse a los planos y especificaciones técnicas estipuladas en este documento, y si existieren cambios en los diseños se debe considerar los criterios establecidos en la presente memoria del proyecto y contar con las autorizaciones del personal calificado del GAD de Pucará.
- Mantener protegidas las fuentes de agua y realizar un monitoreo periódico de la calidad de las fuentes y del agua tratada, así como también evitar el uso inapropiado del servicio.
- Una vez construido la red de distribución, se recomienda que la cantidad de cloro libre administrado en la caseta de cloración sea calibrada de acuerdo a las muestras de cloro residual, las mismas que se deben encontrar entre 0.1 mg/l y 0.5 mg/l, que se encuentre a la salida del tanque de almacenamiento, en la primera casa y en la última casa de la red de distribución para que de esta manera no exista un cloro residual alto que puede ser perjudicial para la salud.
- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo al manual de operación y mantenimiento para garantizar el funcionamiento del sistema durante su vida útil. Capacitar al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, R. (1997). *Agua Potable Para Poblaciones Rurales*. Lima, Perú: Asocioación Servicios Educativos Rurales (SER).
- Ambientum. (2017). *Dureza de las aguas*. Obtenido de Ambientum. El portal profesional del medio ambiente: <http://www.ambientum.com/>
- ARQHYS. (Diciembre de 2012). *Cohesion del suelo*. Obtenido de ARQHYS Arquitectura: <http://www.arqhys.com/>
- Blacio, D., & Palacios, J. (2011). *Filtros Biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (Filtros Lentos de Arena) con agua superficial de nuestra región*. Cuenca.
- Capote, J. (2012). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones en las Construcciones Industriales*. Apuntes, Universidad de La Coruña, La Coruña.
- Carbotecnia. (2016). *Plomo en el agua y efectos en la salud*.
- CARE Internacional-Avina. (2012). *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable*. Ecuador.
- CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS. (2010). *Abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales*. Quito: MIDUVI.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Mexico : Limusa.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. Sacramento, California: International Thomson.
- ETAPA EP. (2012 - 2014). *Plan de Saneamiento para Cuenca*. Cuenca: ETAPA EP.
- GAD del cantón Pucará. (2016). *Diagnóstico De Línea Base Para Los Proyectos De Agua Potable De Las Comunidades De Peñas De Mollepongo, La Enramada, La Estancia, San José De La Betania y Las Nieves, Para Convenio Con La Universidad Del Azuay – Ing. Civil*. Pucará.

- García, A. (2002). *Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua comunitaria*. España: McGraw Hill.
- González, M. (2001). *El Terreno* (Primera ed.). Barcelona, Catalunya: Edicions UPC.
- Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales. (2015). *Tratamiento biológico de aguas residuales*. Sevilla.
- Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos. (2001). *EPANET 2. Manual de Usuario*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- HANNA INSTRUMENTS. (2009). *Demanda Química de Oxígeno*. Obtenido de HANNA INSTRUMENTS: <http://www.hannainst.es/blog/>
- IERSE. (2010). *Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador*. Cuenca.
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Quito. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Lenntech. (2017). *Hierro: propiedades químicas y efectos sobre la salud*. Obtenido de Tratamiento y purificación del agua: <https://www.lenntech.es/>
- Lenntech. (2017). *Magnesio: propiedades químicas y efectos sobre la salud*. Obtenido de Tratamiento y purificación del agua: <https://www.lenntech.es/>
- Lenntech. (2017). *Sodio: propiedades químicas y efectos sobre la salud*. Obtenido de Tratamiento y purificación del agua: <https://www.lenntech.es/>
- Lenntech. (2017). *Sulfato*. Obtenido de Tratamiento y purificación del agua: <https://www.lenntech.es/>
- Lobos, J. (2002). *Evaluación de los Contaminantes del Embalse de Cerrón Grande*. San Salvador: PAES.
- Mays, L. (2002). *Manual De Sistemas De Distribucion De Agua*. Madrid: McGraw - Hill InteramericanaI.
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2002). *Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: Recurso agua*. Quito.
- Morquecho, E., & Lituma, C. (2017). *Trabajo previo a la obtención del título*. Cuenca: Universidad del Azuay.

- Norma Técnica Ecuatoriana. (2016). *Tubería Plástica. Tubos y accesorios de PVC rígido para presión. Requisitos*. Quito, Ecuador: INEN.
- OMS. (2006). *Calidad del Agua Potable*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Operación y mantenimiento para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para Diseño de Sistemas de Tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2009). *Guía de Orientación en Saneamiento Básico*. Asociación Servicios Educativos Rurales - SER.
- PDOT Pucara. (2016). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenanza Territorial. Pucara*. Pucara.
- Pérez, R. (2010). *Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones (6a. ed.)*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de www.ebrary.com
- R&R. Laboratorio de Suelos. (2017). *Estudio Geotécnico para la Planta de Tratamiento de Agua Potable, Las Nieves*. Azogues.
- Rigola, M. (1990). *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Barcelona : Marcombo.
- Sánchez, L., Latorre, J., & Valencia, V. (2009). *Mejoramiento de la calidad del agua de riego por filtración en múltiples etapas (FiME)*. Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Instituto Cinara, Cali.
- Saneamiento, L. d. (2017). ETAPA.
- SENPLADES. (2011). *Gestión de geoinformación en las áreas de influencia de los proyectos estratégicos nacionales*. Pucará.
- SENPLADES. (2011). *Gestión de geoinformación en las áreas de influencia de los proyectos estratégicos nacionales*. Cuenca, Zona 6.
- Sierra, R. C. (2011). *Calidad de agua: evaluación y diagnóstico*. Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <http://www.ebrary.com>

Tuesca, M., & Ávila, R. (2015). *Fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano: análisis de tendencia de variables para consolidar mapas de riesgo, el caso de los municipios ribereños del departamento del Atlántico*. Barranquilla: Universidad del Norte. Obtenido de <http://www.ebrary.com>

Valdéz, E. (1994). *Abastecimiento de Agua Potable*. Mexico DF: UNAM.

ANEXOS

Ver CD