



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN

CONSTRUCCIONES

**Estudió y diseño del sistema de agua potable para la
comunidad de La Enramada del Cantón Pucará, Provincia
del Azuay**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE

CONSTRUCCIONES

Autor:

GONZALO ANDRÉS LITARDO OCHOA

Directora:

MARÍA BELÉN ARÉVALO DURAZNO

CUENCA - ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Este presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien supo guiarme por el buen camino, por darme las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban.

A mis padres Gonzalo Litardo y Esthela Ochoa, ya que ellos son mi principal soporte, quienes han estado en todo momento brindándome su apoyo, consejos, amor y sobre todo por brindarme todos los recursos necesarios para poder cumplir con una de mis metas, me han dado lo que soy, mis valores, mi perseverancia, el coraje para alcanzar mis objetivos y de esta manera superarme día a día.

A mis hermanas y sobrina, que siempre han estado ahí acompañándome y brindándome apoyo incondicionalmente en todo momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones; a mi tutora la Ing. María Belén Arévalo por brindarme sus conocimientos y guiarme en este proceso de trabajo de grado; a cada uno de mis profesores que me impartieron conocimientos que me ayudaran en mi vida profesional, a mis compañeros por cada una de las vivencias obtenidas durante este camino.

Agradezco a Dios, a mis padres Gonzalo Litardo y Esthela Ochoa, a mis hermanas Andrea y María Esthela, a mi sobrina Andrea Daniela, a mi cuñado Dany, por brindarme siempre su apoyo, por estar ahí en todo momento de mi vida y sobre todo siendo el principal soporte para cumplir con mis metas.

Al Municipio del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pucará por darme el apoyo necesario y también por la oportunidad de formar parte de este proyecto, así como también agradecer a la comunidad de La Enramada por toda la facilidad y la ayuda ofrecida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN..... | 4 |
| 1.1 Recopilación de información cartográfica | 4 |
| 1.1.1 Localización y cobertura | 4 |
| 1.1.2 Situación geográfica | 7 |
| 1.1.3 Clima | 8 |
| 1.1.3.1 Isoyetas | 8 |
| 1.1.3.2 Isotermas | 10 |
| 1.1.4 Topografía | 11 |
| 1.1.5 Vialidad | 13 |
| 1.1.6 Telecomunicaciones | 15 |
| 1.1.7 Uso de suelo | 15 |
| 1.1.8 Geomorfología y geología..... | 16 |
| 1.2 Topografía..... | 18 |
| 1.2.1 Levantamiento topográfico..... | 18 |
| 1.2.2 Modelo digital del terreno | 19 |
| 1.3 Análisis de suelos..... | 20 |
| 1.3.1 Parámetros geotécnicos | 20 |
| 1.3.1.1 Límites de Atterberg | 20 |
| 1.3.1.2 Limite liquido (LL)..... | 21 |
| 1.3.1.3 Limite plástico (LP)..... | 22 |
| 1.3.1.4 Sistema de clasificación del suelo | 22 |
| 1.3.1.4.1 Sistema de clasificación AASHTO..... | 23 |
| 1.3.1.4.2 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)..... | 24 |
| 1.3.1.5 Cohesión | 24 |
| 1.3.1.6 Capacidad de carga | 25 |
| 1.3.1.7 Asientos admisibles | 25 |
| 1.3.2 Toma de muestras para el análisis del suelo..... | 26 |
| 1.3.3 Resultado de los análisis..... | 28 |
| 1.4 Abastecimiento actual del agua y análisis de la fuente..... | 29 |
| 1.4.1 Situación actual | 29 |
| 1.4.2 Análisis de la fuente | 30 |
| 1.4.2.1 Evaluación de la fuente | 30 |
| 1.4.2.2 Calidad de la fuente | 31 |
| 1.4.2.2.1 Factores que afectan la calidad general del agua..... | 32 |
| 1.4.2.2.2 Impactos sobre la calidad del agua de superficie – factores naturales. ... | 32 |
| 1.4.2.2.3 Riesgos de la calidad del agua..... | 34 |
| 1.4.2.2.4 Índice de calidad del agua (WQI)..... | 38 |
| 1.4.2.3 Parámetros físicos, químicos y biológicos | 38 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 1.4.2.3.1 | Parámetros físicos..... | 38 |
| 1.4.2.3.2 | Parámetros químicos | 41 |
| 1.4.2.3.3 | Parámetros biológicos: | 44 |
| 1.4.3 | Toma de muestras para el análisis del agua de la fuente..... | 45 |
| 1.4.4 | Resultados de los análisis | 48 |
| 1.5 | Distribución de la población, características socioeconómicas | 49 |
| 1.5.1 | Población | 49 |
| 1.5.1.1 | Tasa de crecimiento | 50 |
| 1.5.2 | Vivienda | 50 |
| 1.5.3 | Servicios e infraestructura existente..... | 52 |
| 1.5.3.1 | Abastecimiento de agua potable | 52 |
| 1.5.3.2 | Energía eléctrica y servicio de telefonía | 52 |
| 1.5.3.3 | Establecimientos educativos y de salud..... | 53 |
| 1.5.3.4 | Servicio de transporte | 54 |
| 1.5.3.5 | Sistema de riego..... | 55 |
| 1.5.3.6 | Sistema de recolección de basura | 55 |
| 1.5.3.7 | Vialidad..... | 55 |
| 1.5.3.8 | Infraestructura sanitaria | 56 |
| 1.5.4 | Características socioeconómicas | 57 |
| 1.5.4.1 | Oficios y actividades de los habitantes | 57 |
| 1.5.4.2 | Salud | 58 |
| 1.5.4.3 | Educación..... | 58 |
| 1.5.5 | Encuesta – adquisición del servicio..... | 58 |
| 1.6 | Revisión de la normativa a utilizar | 59 |
| ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO | | 61 |
| 2.1 | Parámetros de diseño..... | 61 |
| 2.1.1 | Definiciones generales..... | 61 |
| 2.1.2 | Periodo de diseño | 62 |
| 2.1.3 | Población de diseño | 62 |
| 2.1.4 | Tasa de crecimiento | 63 |
| 2.1.5 | Niveles de servicio | 63 |
| 2.1.5 | Dotaciones | 64 |
| 2.1.6 | Variaciones de consumo..... | 65 |
| 2.1.7 | Parámetros de diseño para la captación..... | 67 |
| 2.1.8 | Parámetros de la línea de conducción | 69 |
| 2.1.9 | Parámetros de tratamiento | 72 |
| 2.1.9.1 | Tratamiento a emplear | 72 |
| 2.1.9.1.1 | Alternativas de tratamiento de filtración en múltiples etapas (FiME) | 72 |
| 2.1.9.1.2 | Alternativas de tratamiento según la Norma Ecuatoriana | 74 |

| | |
|--|-----|
| 2.1.9.2 Factores de la selección del proceso de tratamiento..... | 75 |
| 2.1.9.2.1 Remoción de contaminantes..... | 76 |
| 2.1.9.2.2 Calidad del agua original..... | 76 |
| 2.1.9.2.3 Fiabilidad..... | 77 |
| 2.1.9.2.4 Condiciones existentes | 77 |
| 2.1.9.2.5 Flexibilidad de proceso | 78 |
| 2.1.9.3 Filtro lento de arena (FLA) | 78 |
| 2.1.9.4 Cloración | 83 |
| 2.1.10 Parámetros de almacenamiento | 84 |
| 2.1.11 Parámetros de la red de distribución | 85 |
| 2.2 Análisis de alternativas de tratamiento | 86 |
| 2.3 Sectorización de la red de distribución | 86 |
| 2.4 Análisis de alternativas de materiales y accesorios a utilizar | 86 |
| 2.4.1 Criterios de selección | 87 |
| 2.4.2 Ventajas y desventajas de los materiales..... | 88 |
| 2.4.3 Selección de material de tuberías y accesorios | 91 |
| CAPÍTULO 3..... | 93 |
| DISEÑO DEFINITIVO | 93 |
| 3.1 Diseño de la captación | 93 |
| 3.2 Diseño de la línea de conducción..... | 94 |
| 3.2.1 Válvulas de aire | 94 |
| 3.2.2 Válvulas de purga..... | 95 |
| 3.2.3 Tanque rompe presión. | 95 |
| 3.3 Planta de tratamiento..... | 96 |
| 3.3.1 Diseño del pre tratamiento | 96 |
| 3.3.2 Filtro grueso dinámico (FGDi)..... | 96 |
| 3.3.3 Filtro grueso ascendente | 97 |
| 3.3.4 Filtro lento de arena (FLA) | 97 |
| 3.3.5 Caja de aguas claras | 97 |
| 3.3.6 Caseta de cloración..... | 97 |
| 3.3.7 Tanque de reserva..... | 98 |
| 3.4 Red de distribución | 98 |
| 3.4.1 Manual de mantenimiento | 98 |
| CAPÍTULO 4..... | 100 |

| | |
|--|-----|
| PRESUPUESTO | 100 |
| 4.1 Cuantificación de las cantidades de obra | 100 |
| 4.2 Análisis de precios unitarios | 100 |
| 4.3 Presupuesto | 101 |
| 4.4 Elaboración de cronograma valorado..... | 101 |
| 4.5 Elaboración de la fórmula polinómica | 101 |
| 4.6 Especificaciones técnicas | 102 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 103 |
| BIBLIOGRAFÍA | 105 |
| ANEXOS | 107 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 División política de la provincia del Azuay | 5 |
| Figura 1.2 División política del cantón Pucará | 6 |
| Figura 1.3 Comunidad de La Enramada | 8 |
| Figura 1.4 Grafica precipitación/mes (mm)..... | 9 |
| Figura 1.5 Isoyetas Pucará | 10 |
| Figura 1.6 Isotermas Pucará..... | 11 |
| Figura 1.7 Rango de pendientes Pucará | 12 |
| Figura 1.8 Red vial Pucará..... | 14 |
| Figura 1.9 Usos de suelo cantón Pucará | 15 |
| Figura 1.10 Uso de suelo del cantón Pucará | 16 |
| Figura 1.11 Litología del cantón Pucará | 18 |
| Figura 1.12 Levantamiento topográfico de La Enramada..... | 19 |
| Figura 1.13 Modelo digital del terreno del cantón Pucará..... | 20 |
| Figura 1.14 Prueba de límite líquido..... | 21 |
| Figura 1.15 Prueba de límite plástico..... | 22 |
| Figura 1.16 Terreno en el cual se tomó las muestras | 26 |
| Figura 1.17 Excavación para la obtención de muestras | 27 |
| Figura 1.18 Toma de muestras | 27 |
| Figura 1.19 Captación de la comunidad de La Enramada | 30 |
| Figura 1.20 Diferentes formas de sólidos presentes en el agua | 40 |
| Figura 1.21 Escala del PH..... | 42 |
| Figura 1.22 Toma de la muestra en el envase de 6 litros | 46 |
| Figura 1.23 Toma de la muestra en el envase de 150 mililitros..... | 46 |
| Figura 1.24 Muestras de agua de la comunidad de La Enramada..... | 47 |
| Figura 1.25 Muestras con geles refrigerantes y el cooler para su traslado | 47 |
| Figura 1.26 Porcentaje de hombres y mujeres | 50 |
| Figura 1.27 Tipo de vivienda | 51 |
| Figura 1.28 Número de pisos | 51 |
| Figura 1.29 Materiales de las viviendas..... | 51 |
| Figura 1.30 Tipo de abastecimiento de agua..... | 52 |
| Figura 1.31 Energía eléctrica en la comunidad..... | 53 |
| Figura 1.32 Telefonía fija en la comunidad | 53 |
| Figura 1.33 Servicios del Centro de Salud de Pucará | 54 |
| Figura 1.34 Sistema de recolección de basura | 55 |
| Figura 1.35 Red vial de la comunidad de La Enramada | 56 |
| Figura 1.36 Disposición de excretas | 56 |
| Figura 1.37 Ocupaciones de los habitantes de la comunidad de La Enramada | 58 |
| Figura 1.38 ¿Actitud hacia el proyecto de agua potable? | 59 |
| Figura 1.39 ¿Hasta cuanto pagaría por un buen servicio? | 59 |

Figura 2.1 Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por
filtración en múltiples etapas, FiME (Todas las opciones incluyen FGDI 2.0 y FLA
0.15) 73

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 Precipitación/mes (mm) | 9 |
| Tabla 1.2 Rango, área de pendientes y porcentajes de la comunidad de La Enramada | 12 |
| Tabla 1.3 Vías de acceso principales al cantón Pucará..... | 14 |
| Tabla 1.4 Litología del cantón Pucará..... | 18 |
| Tabla 1.5 Parámetros geotécnicos de las muestras tomadas | 28 |
| Tabla 1.6 Capacidad soportante del suelo..... | 29 |
| Tabla 1.7 Resultados de la clasificación del suelo..... | 29 |
| Tabla 1.8 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, requiere únicamente tratamiento convencional | 31 |
| Tabla 1.9 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, requiere únicamente de desinfección..... | 31 |
| Tabla 1.10 Riesgos de la calidad de agua | 35 |
| Tabla 1.11 Interpretación de la calidad (WQI) | 38 |
| Tabla 1.12 Resultado del índice de calidad del agua (WQI)..... | 48 |
| Tabla 1.13 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa | 49 |
| Tabla 1.14 Ocupaciones de la población económicamente activa de la comunidad de La Enramada | 57 |
| Tabla 2.1 Tasa de crecimiento poblacional..... | 63 |
| Tabla 2.2 Niveles de servicios | 64 |
| Tabla 2.3 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio | 64 |
| Tabla 2.4 Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable..... | 66 |
| Tabla 2.5 Datos de parámetros de diseño..... | 67 |
| Tabla 2.6 Resultados de los parámetros de diseño..... | 67 |
| Tabla 2.7 Velocidades máximas recomendadas para el escurrimiento del agua en los distintos tipos de tuberías y coeficientes de rugosidad correspondientes | 72 |
| Tabla 2.8 Rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para guiar a la selección de opciones de FIME | 74 |
| Tabla 2.9 Tratamiento probable | 75 |
| Tabla 2.10 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz de agua..... | 84 |
| Tabla 2.11 Ventajas y desventajas de los materiales | 88 |
| Tabla 2.12 Criterios de selección del material de tuberías y accesorios..... | 91 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Ver Anexo 1. Estudio de suelos. | 29 |
| Ver Anexo 2. Fotografías de la captación. | 29 |
| Ver Anexo 3. Fotografías del aforamiento de la fuente. | 30 |
| Ver Anexo 4. Determinación de caudales de la fuente. | 30 |
| Ver Anexo 5. Estudio de agua. | 48 |
| Ver Anexo 6. Determinación de WQI. | 48 |
| Ver Anexo 7. Tabulación de encuestas socio-económicas. | 50 |
| Ver Anexo 8. Formato de encuesta socio-económica. | 59 |
| Ver Anexo 9. Encuesta socio-económica realizadas a la comunidad de La Enramada. | 59 |
| Ver Anexo 10. Tasa de crecimiento poblacional. | 63 |
| Ver Anexo 11. Memoria de cálculo. | 67 |
| Ver Anexo 12. Áreas de aporte. | 86 |
| Ver Anexo 13. Plano de la captación. | 93 |
| Ver Anexo 14. Plano del tanque rompe presiones. | 93 |
| Ver Anexo 15. Planos de perfiles de la línea de conducción. | 94 |
| Ver Anexo 16. Plano constructivo del sistema de Agua potable. | 94 |
| Ver Anexo 17. Plano de la válvula de aire. | 95 |
| Ver Anexo 18. Plano de la válvula de purga. | 95 |
| Ver Anexo 19. Plano de la planta de tratamiento vista en planta. | 96 |
| Ver Anexo 20. Plano de la planta de tratamiento corte. | 96 |
| Ver Anexo 21. Plano de tanque de reserva de 10 m ³ | 98 |
| Ver Anexo 22. Plano del análisis hidráulico de la red de distribución. | 98 |
| Ver Anexo 23. Análisis hidráulico de la red de distribución. | 98 |
| Ver Anexo 24. Plano de conexión domiciliaria. | 98 |
| Ver Anexo 25. Manual de operación y mantenimiento. | 99 |
| Ver Anexo 26. Cuantificación de las cantidades de obra. | 100 |
| Ver Anexo 27. Determinación de cantidades. | 100 |
| Ver Anexo 28. Agrupado por rubros. | 100 |
| Ver Anexo 29. Análisis de precios unitarios. | 101 |
| Ver Anexo 30. Presupuesto. | 101 |
| Ver Anexo 31. Cronograma valorado. | 101 |
| Ver Anexo 32. Asignación de términos. | 102 |
| Ver Anexo 33. Fórmula polinómica. | 102 |
| Ver Anexo 34. Especificaciones técnicas. | 102 |

Estudió y diseño del sistema de agua potable para la comunidad de La Enramada del Cantón Pucará, Provincia del Azuay

Resumen

El trabajo presenta el diseño de un sistema de agua potable para la comunidad de La Enramada del Cantón Pucará. La información base se recopiló por medio de visitas de campo; se aplicaron encuestas y entrevistas a los miembros de la comunidad. La topografía fue proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón Pucará. Se realizó el análisis de calidad del agua en la fuente y las características del suelo en el lugar donde se construirá la planta de tratamiento. Se diseñaron los diferentes elementos del sistema de agua potable con el empleo de software especializado. Se cuenta con el presupuesto referencial de la obra. El GAD de Pucará cuenta con la herramienta de gestión para su financiamiento y construcción.

Palabras claves: Diseño, agua potable, información base, análisis, gestión.



María Belén Arévalo Durazno

Directora de Tesis



José Fernando Vázquez Calero

Coordinador de Escuela



Gonzalo Andrés Litardo Ochoa

Autor

STUDY AND DESIGN OF THE DRINKING WATER SYSTEM FOR LA ENRAMADA COMMUNITY, PUCARA CANTON, PROVINCE OF AZUAY

ABSTRACT

This paper discussed the design of a drinking water system for the community of *La Enramada* in the Canton of Pucara. The base information was collected through on-sight visits. Surveys and interviews were applied to community members. The topography was provided by the Decentralized Autonomous Government (GAD) of the Pucara canton. Analyses of the quality of water at the source, as well as the characteristics of the soil at the place where the treatment plant will be built, were performed. The different elements of the drinking water system were designed by means of a specialized software. The reference budget of the work was also done. Hence, the GAD of Pucara has the management tool for its financing and construction.

Keywords: design, drinking water, basic information, analysis, management



María Belén Arévalo Durazno
Thesis Director



José Fernando Vázquez Calero
School Director



Gonzalo Andrés Litardo Ochoa
Author



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Gonzalo Andrés Litardo Ochoa

Trabajo de grado

Ing. María Belén Arévalo Durazno. Msc.

Marzo, 2017

ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE LA ENRAMADA DEL CANTÓN PUCARÁ, PROVINCIA DEL AZUAY

INTRODUCCIÓN

El Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pucará con el fin de satisfacer las necesidades de servicios básicos a la comunidad de “La Enramada” ha realizado un convenio con la Universidad del Azuay, a través de la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones con el fin de establecer el estudio y diseño del sistema de agua potable para dicha comunidad.

La comunidad de La Enramada, hoy por hoy no cuenta con un sistema de agua potable, por lo que la población consume el líquido vital proveniente de ciénegas que es conducida por una tubería provisional que ellos han adecuado; por lo cual el agua que se consume es de mala calidad, siendo este el motivo principal para la proliferación de enfermedades en este lugar.

El objetivo principal de este trabajo de grado es realizar el estudio y diseño del sistema de agua potable para la comunidad de La Enramada del cantón Pucará, el mismo que constará de: captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución. Con el fin de mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

Alcance

Con la implementación del diseño y la elaboración del sistema de agua potable, se espera que la comunidad de La Enramada del cantón Pucará disponga del sistema antes mencionado debido a que en la actualidad no poseen agua potable, de esta manera al dotar de este servicio la comunidad se verá beneficiada ya que el agua será apta para el consumo humano y también para el uso domiciliar.

Además con la elaboración del sistema y con un correcto mantenimiento se podrá tener de manera permanente agua de calidad que nos ayudara a preservar la salud y mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad. Teniendo una vida útil de 20 años.

Se determinara el diseño definitivo del sistema de agua potable que constara de captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución. Además también se determinara el presupuesto referencial del proyecto.

Antecedentes

La comunidad de La Enramada del cantón Pucará no cuenta con un sistema de agua potable por lo cual los habitantes consumen agua entubada, proveniente de ciénegas, causándoles constantes enfermedades debido a que esta agua no es potable.

Justificación

En la actualidad la comunidad de La Enramada del cantón Pucará perteneciente a la provincia del Azuay no cuenta con un sistema de agua potable, afectando así las condiciones de vida de los habitantes de dicha zona, razón por la cual el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón Pucará ha visto necesaria la implementación de este sistema que constará de: captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución para que de esta manera poder mejorar las condiciones de vida de los habitantes. Para la elaboración del proyecto el GAD de Pucará ha firmado un convenio con la Universidad del Azuay permitiendo que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones realicen los estudios y diseño del sistema de agua potable.

Objetivos

Objetivo general

Realizar un diseño del sistema de agua potable para la comunidad de La Enramada del cantón Pucará, provincia del Azuay, que constara de: captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución para mejorar la salud de sus pobladores.

Objetivo específicos

- * Levantar y organizar la información básica de campo como es la topografía, análisis de agua cruda, análisis de suelos y encuestas socioeconómicas para la búsqueda de alternativas de solución.
- * Realizar el diseño del sistema, el mismo que cuenta con: captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución para su respectiva construcción.
- * Presentar un presupuesto referencial de la obra y las especificaciones técnicas para presentar ante las autoridades del GAD.

CAPÍTULO 1

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

1.1 Recopilación de información cartográfica

1.1.1 Localización y cobertura

El cantón Pucará se ubica al suroeste de la provincia del Azuay, tiene una superficie de 58508,75 ha. (GAD PUCARÁ, 2012)

La conexión física de Pucará con Cuenca se realiza mediante la red vial: Cuenca – Girón – Pasaje; Santa Isabel – Tablón – Pucará; Tendales – San Rafael de Sharug – Pucará; Girón – La Ramada y las Minas Tablón Pucará. (PDOT PUCARÁ, 2014)

El cantón Pucará está limitado:

Al Norte, con el cantón Camilo Ponce Enríquez

Al Sur, con el cantón Pasaje de la provincia del Oro.

Al Este, con el cantón Santa Isabel.

Al Oeste, con el cantón Pasaje de la provincia del Oro.

Como se observa en la Figura 1.1:

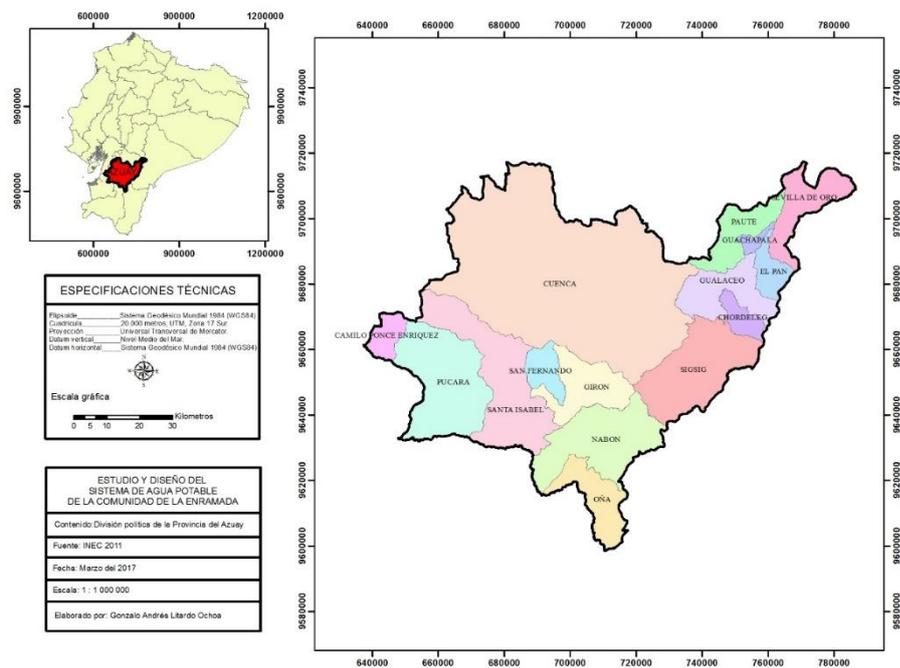


Figura 1.1. División política de la provincia del Azuay

Fuente: (INEC, 2011)

El cantón Pucará está constituido por una cabecera cantonal que lleva el mismo nombre y por una parroquia, tal como se muestra en la Figura 1.2:

- * Pucará
- * San Rafael de Sharug.

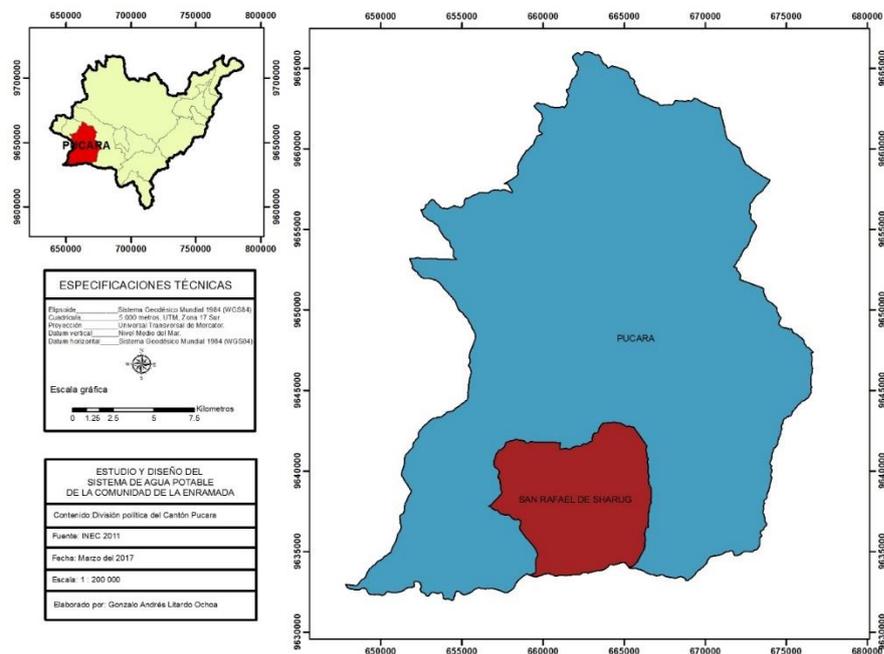


Figura 1.2. División política del cantón Pucará

Fuente: (INEC, 2011)

El cantón Pucará está formado por su cabecera cantonal que lleva su mismo nombre, la cual cuenta con 54 comunidades, cabe mencionar que estas no se encuentran delimitadas; las mismas que son:

- * Manzano
- * Calderón
- * Pungoshina
- * San Francisco
- * Pelincay
- * Betania
- * San José de La Betania
- * Llimbi
- * Las Dolorosa
- * Sta. Marianita
- * Las Nieves
- * Manzanilla
- * Minas Chuqui
- * Sta. Marianita
- * Tucto
- * Patococha
- * San Marcos
- * Huayrapungo
- * Santa Cruz
- * Tipoloma
- * San Luis
- * Quínoas
- * Chiguan
- * La Enramada

- * Caliguiña
- * La Macarena
- * Las Cochas
- * Lluragallpa
- * Deuta – Bellavista
- * La Estancia
- * María Potrero
- * Limón
- * Guaguacorrall
- * San José de Ducu Buri
- * San Miguel de las Palmeras
- * Vivar alto
- * Cerro Negro
- * Peñas de Mollepongo
- * Yungacorrall
- * S. Antonio de Ñugro
- * Huasipamba Mirador
- * Ñugropamba
- * Pingullo
- * Chilcaplaya
- * Sarayunga
- * Tres Banderas
- * Gramalote
- * Rio Blanco
- * Vivar Bajo
- * Unión y Progreso
- * San José Guanduyacu
- * Chonta
- * Sta. Cecilia
- * La Maravilla
- * Las Palmas

(PDOT PUCARÁ, 2014)

1.1.2 Situación geográfica

Las coordenadas UTM se encuentran en el Datum WGS84 en la Zona 17M, para la comunidad de La Enramada como se muestra en la Figura 1.3. (PDOT PUCARÁ, 2014)

- * Coordenada Este: 658033 m E
- * Coordenada Norte: 9649250 m S

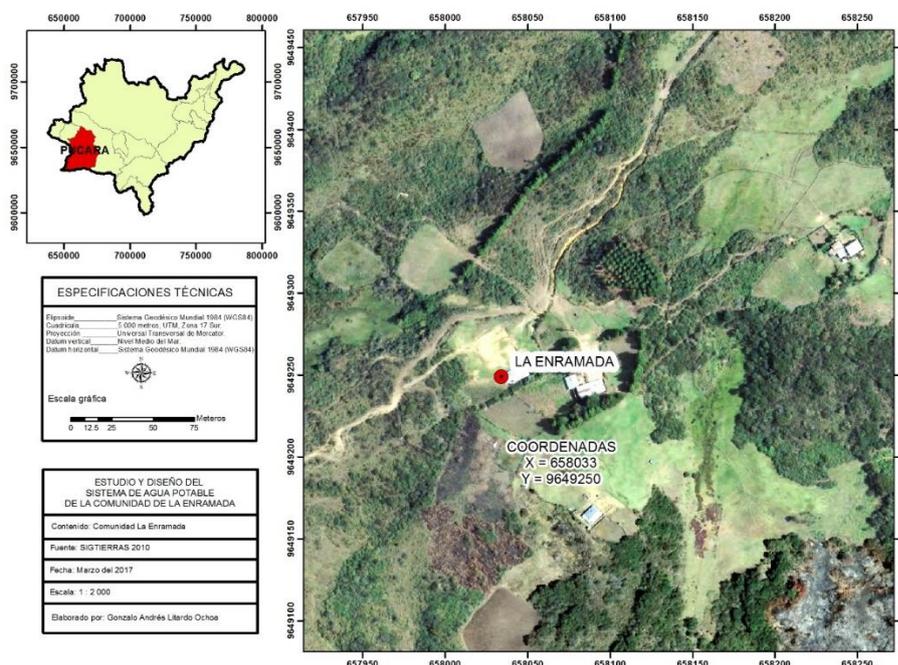


Figura 1.3. Comunidad de La Enramada

Fuente: (SIGTIERRAS, 2010)

1.1.3 Clima

1.1.3.1 Isoyetas

El cantón Pucará presenta un rango de precipitaciones que oscila entre los 500 y 1250 mm y consta con los siguientes rangos de precipitación como se puede observar en la Tabla 1.1 y la Figura 1.4:

- * **De 500 a 750 mm:** Tiene mayor precipitación por la lejanía a la costa, debido al descenso de las masas nubosas desde la zona alta a esto se le conoce como el efecto de FOEHN (masa de aire que es obligada a ascender al encontrar una montaña, esto hace que se enfríe y que el vapor de agua se condense y se produzca la precipitación), posee menor altitud. (PDOT PUCARÁ, 2014)
- * **De 750 a 1000 mm:** Tiene precipitación media debido a que es una zona alta y se da la retención de agua a través de los ecosistemas de páramo y bosques naturales. (PDOT PUCARÁ, 2014)

- * **De 1000 a 1250 mm:** Recibe Influencia directa de las masas nubosas del pacífico, constituyéndose así la mayor precipitación y la vertiente de descarga de agua hasta la zona alta. (PDOT PUCARÁ, 2014)

Tabla 1.1. Precipitación/mes (mm)

| Meses | Pp total mensual | No. De días con precipitación |
|------------|------------------|-------------------------------|
| Enero | 39.2 | 25 |
| Febrero | 88.4 | 18 |
| Marzo | 137.6 | 24 |
| Abril | 119.1 | 21 |
| Mayo | 199.8 | 20 |
| Junio | 66.7 | 6 |
| Julio | 38.4 | 6 |
| Agosto | 52.3 | 6 |
| Septiembre | 22.7 | 3 |
| Octubre | 109.9 | 15 |
| Noviembre | 101.1 | 14 |
| Diciembre | 38.8 | 10 |

Fuente: (PDOT PUCARÁ, 2014)

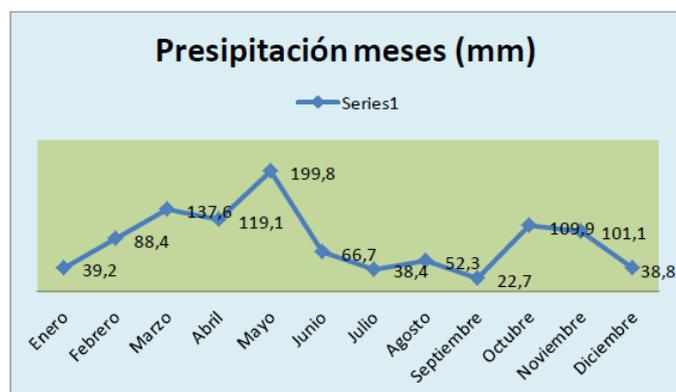


Figura 1.4. Grafica precipitación/mes (mm)

Fuente: (PDOT PUCARÁ, 2014)

Se puede decir que la comunidad de La Enramada cuenta con precipitaciones medias y altas como se observa en la Figura 1.5, al ser un lugar que se encuentra en una zona alta del cantón Pucará. Uno de los principales problemas que se puede dar es cuando se dan precipitaciones bajas ya que esto afecta de manera directa en la agricultura y

ganadería, afectando así también a la economía de la comunidad. (PDOT PUCARÁ, 2014)

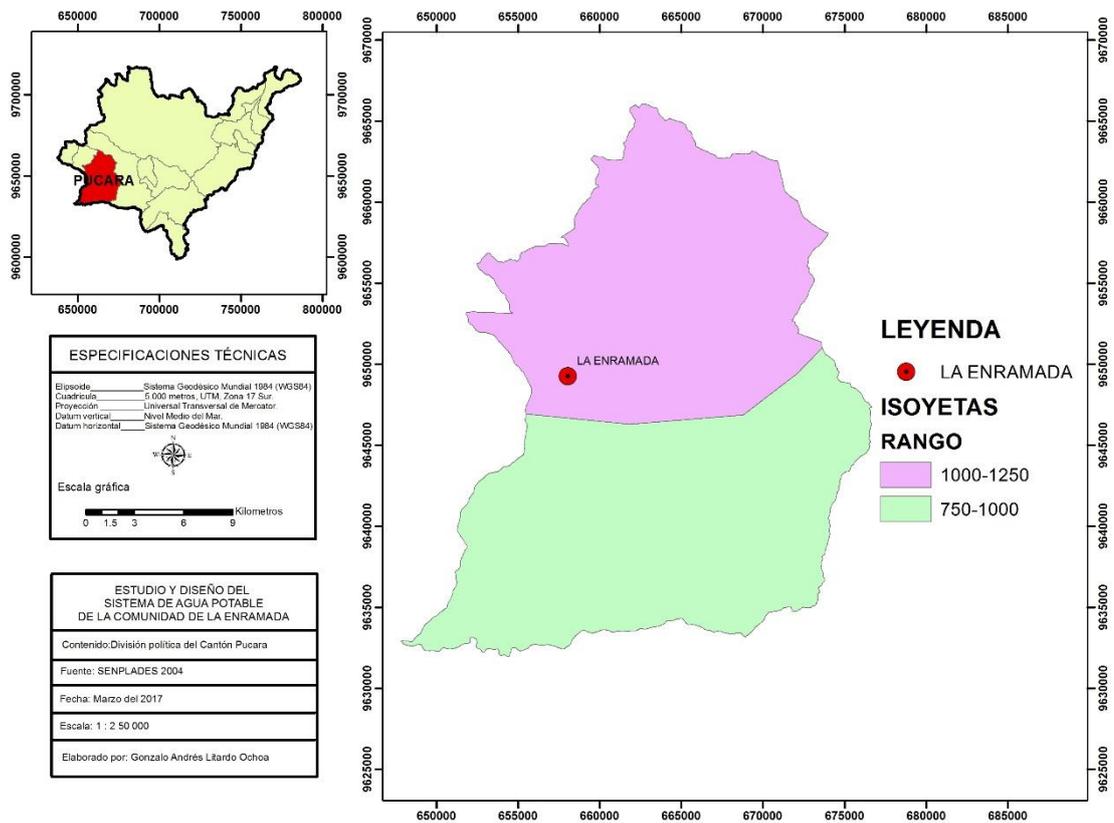


Figura 1.5. Isoyetas Pucará

Fuente: (SENPLADES, 2004)

1.1.3.2 Isotermas

Los rangos de temperatura en el cantón Pucará están determinados por el gradiente altitudinal, la cual va desde los 200 msnm en la parte más baja y 3280msnm en la parte más alta obteniéndose así un rango de temperaturas de 6 – 8 °C en las zonas de páramo y la temperatura mayor se tiene en la zona tropical con un rango de 22 – 24 °C como se observa en la Figura 1.6.

La comunidad de La Enramada tiene un rango de temperatura de 8 – 10 °C esto se da debido a que dicha comunidad se encuentra en la parte alta del cantón Pucará, también cabe mencionar que el viento en esta zona es bastante fuerte. (PDOT PUCARÁ, 2014)

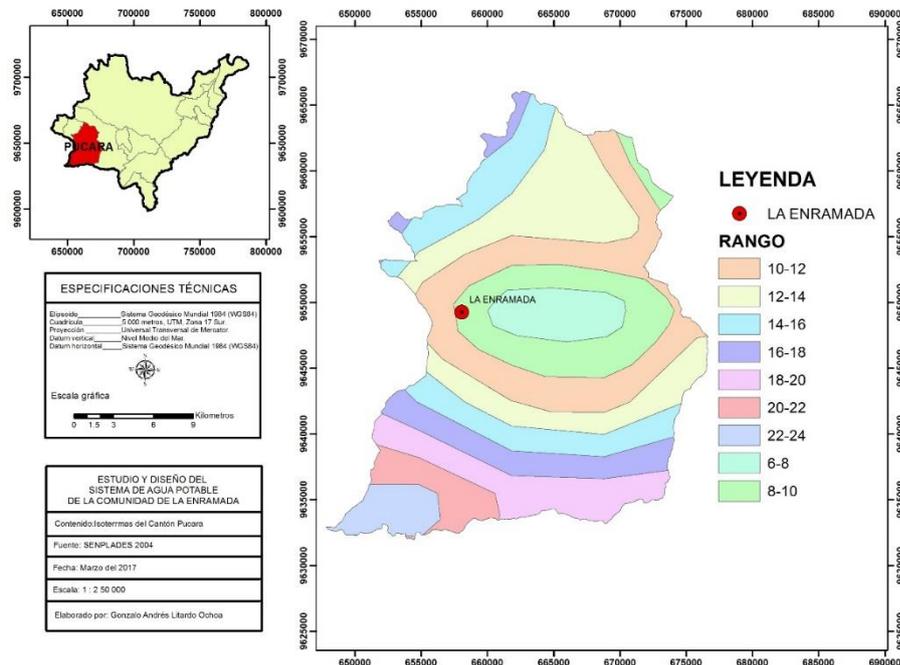


Figura 1.6. Isotermas Pucará

Fuente: (SENPLADES, 2004)

1.1.4 Topografía

La topografía del cantón Pucará es irregular, esto se da debido a que dicho cantón se encuentra en zonas de cotas muy elevadas y pendientes fuertes. Mediante el estudio topográfico, se pudo determinar que se tiene un rango de pendientes como son: media, media a fuerte, fuerte y muy fuerte. La zona montañosa es la que tiene un rango medio con una pendiente entre (12 – 25 %) con un área de 39177.34 ha y con un porcentaje de 84.07% claramente es el porcentaje más alto debido a que la mayoría del cantón forma parte de esta zona, seguido por la zona Escarpada que es de rango medio a fuerte con una pendiente entre el (25 – 50 %) con una extensión de 6839.57 ha y un porcentaje del 14.68%, La zona que es moderadamente ondulada se encuentra en el rango fuerte con una pendiente entre (50 -70 %) con una área de 416.46 ha que representa un porcentaje de 0.89% y por ultimo tenemos las zona de Colinado que se encuentra en un rango muy fuerte con una pendiente mayor al 70%, con una área de 166.14 ha que representa un porcentaje de 0.36% como se muestra en la Tabla 1.2 y la Figura 1.7.

La comunidad de La Enramada se encuentra en una zona Colinada con una pendiente mayor al 70% lo cual es un limitante en la zona para ciertas actividades. (PDOT PUCARÁ, 2014)

Tabla 1.2. Rango, área de pendientes y porcentajes de la comunidad de La Enramada

| Descripción | Área (ha) | Porcentaje (%) |
|------------------------|-----------|----------------|
| Montañosa | 39177.34 | 84.07 |
| Escarpado | 6839.57 | 14.68 |
| Moderadamente ondulado | 416.46 | 0.89 |
| Colinado | 166.14 | 0.36 |

Fuente: (PDOT PUCARÁ, 2014)

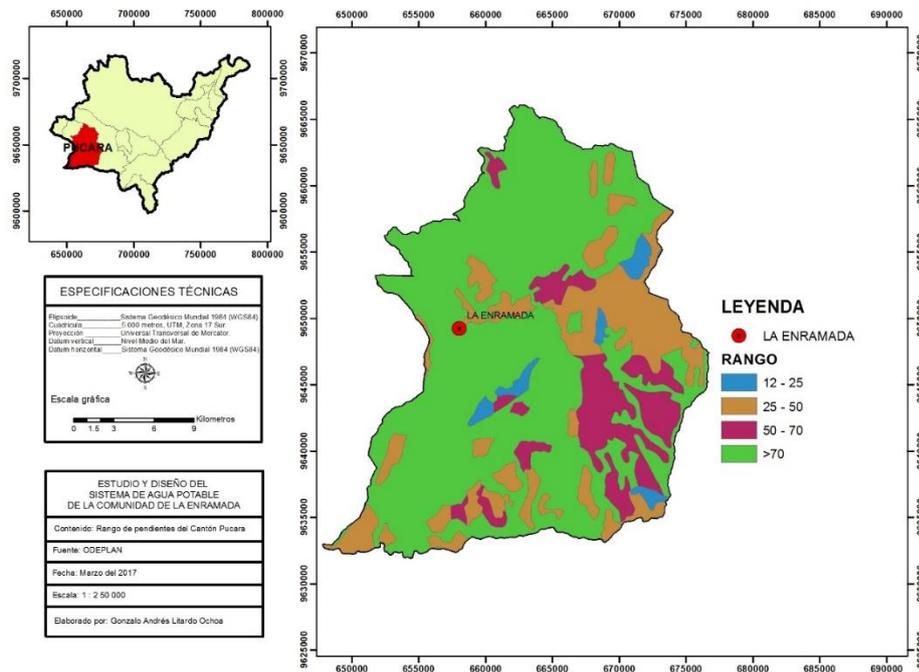


Figura 1.7. Rango de pendientes Pucará

Fuente: (SENPLADES, 2004)

1.1.5 Vialidad

El cantón Pucará cuenta con una red vial de 477.59 Km y la parroquia Pucará cuenta con 392.08 Km de vías representando el 82.1% con respecto a la totalidad de la vía del cantón.

Pucará se encuentra en una zona alta, a una distancia de 19 Km de San Rafael de Sharug, en cuanto a lo que se refiere a niveles regionales se encuentra entre centros poblados muy importantes, al este de la provincia del Azuay está conectado, con los centros poblados de Santa Isabel, Girón, Cuenca, localizados a una distancia de 78 Km, 107 Km, 138 Km respectivamente. Al oeste tenemos lo que es la conexión con la ciudad de Pasaje y Machala. (PDOT PUCARÁ, 2014)

La primera vía que permitió el acceso hacia la cabecera cantonal es la vía colectora Cumbe – Y de Corralitos que es un vía que se le ha dado mantenimiento parcial, estando en mal estado, presenta derrumbos constantes en la zona desértica de Santa Isabel.

La Troncal sierra (E59), más conocida como la vía Girón Pasaje, parte de esta vía se encuentra en óptimas condiciones debido a que esta obra se realizó en el año 2013, sin embargo la mayor parte de la vía se encuentra en malas condiciones, siendo estrecha, vulnerable a derrumbes en algunos de los tramos, siendo así el límite de velocidad en gran parte de los tramos de 60Km/h. (PDOT PUCARÁ, 2014)

El cantón cuenta con vías primarias, secundarias y terciarias las mismas que conectan los cantones y parroquias con las vías colectoras, el cantón Pucará al momento consta con dos vías, una de ellas está siendo intervenida por el MTOP, vía conocida como Minas Tablón Pucará, siendo la única de servicio permanente la vía Tendales – Pucará como se observa en la Tabla 1.3. (PDOT PUCARÁ, 2014)

Tabla 1.3. Vías de acceso principales al cantón Pucará

| Tramo | Longitud | Superficie | Estado |
|---------------------------------|----------|--------------------|------------|
| | Km | | |
| Tendales - San Rafael de Sharug | 12 | Emulsión asfáltica | Regular |
| San Rafael de Sharug - Pucará | 23 | Lastrado | Malo |
| Minas - Pucará | 35 | Carpeta asfáltica | Reparación |

Fuente: (PDOT PUCARÁ, 2014)

El centro cantonal de Pucará cuenta con 14.12 Km de vías urbanas como se muestra en la Figura 1.8, se puede decir que son muy ineficientes debido que apenas existe 883.74m de pavimento rígido, por lo tanto el resto está conformada por vías lastradas. Cabe mencionar que el principal medio de transporte que se da en el cantón Pucará son las motos que tienen una capacidad para dos personas, la UPC de la cabecera cantonal ha informado que por lo menos un 80% de las motos existentes cuentan con una documentación en regla. (PDOT PUCARÁ, 2014)

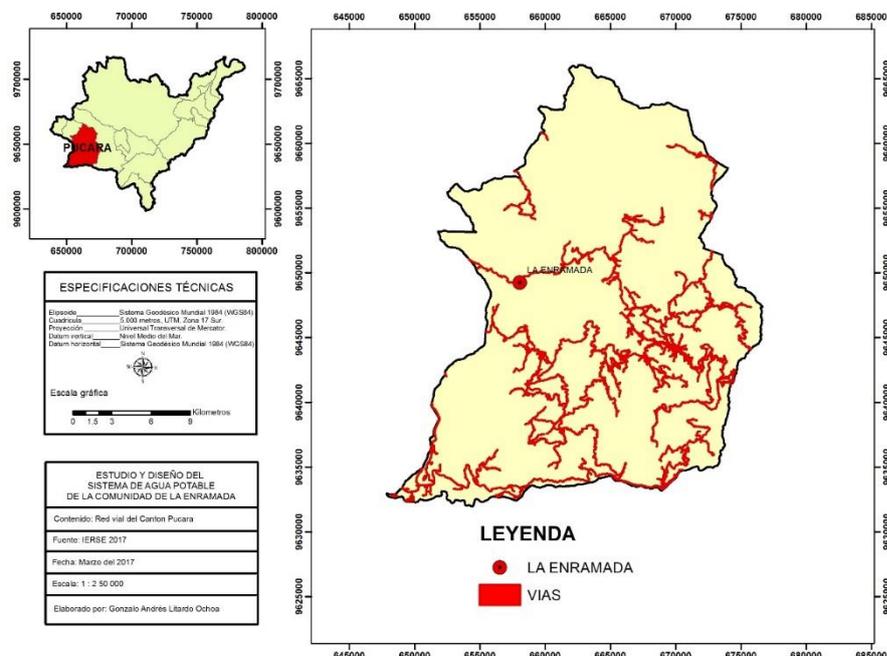


Figura 1.8. Red vial Pucará

Fuente: (IERSE, 2017)

1.1.6 Telecomunicaciones

El cantón Pucará cuenta con tres medios de comunicación los cuales son: radio, televisión e internet. En la cabecera cantonal estos servicios se encuentran al 100% de la cobertura cabe recalcar que la señal telefónica que tiene mayor cobertura es CNT y Claro al poseer antenas en la zona alta de dicho cantón, además se tiene televisión con cable en el cantón. La cobertura en las comunidades es muy débil ya que por ejemplo la de la red móvil en algunas comunidades existe pero la señal es muy baja; la televisión y la radio son sintonizadas a través de antena pero tampoco se tiene una buena cobertura. En las comunidades el internet es muy escaso se puede decir que es casi nulo, excepto en los lugares donde se tienen escuelas.

1.1.7 Uso de suelo

La superficie de Pucará es de 58508,75 ha, donde el 42% de la superficie son pastos y el 17% son vegetación arbustiva, en el sobrante del porcentaje se encuentran lo que es bosques, paramos y las zonas de cultivo de ciclo corto y perennes, como se observa en la Figura 1.9 y la Figura 1.10.

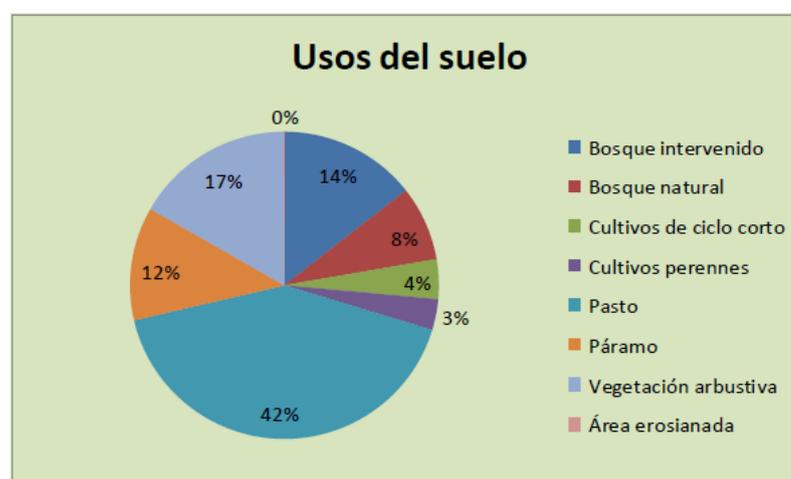


Figura 1.9. Usos de suelo cantón Pucará

Fuente: (PDOT PUCARÁ, 2014)

Las principales actividades socioeconómicas son principalmente la agricultura y la ganadería.

En la agricultura, sus principales cultivos son de papa, melloco, oca, camote, maíz, habas, zanahoria, cebolla, tomates, verduras, etc.

En la ganadería, principalmente están dedicados al ganado vacuno, así como también existen personas que se dedican a la crianza de borregos, cuyes, pollos. (MILLER, 2009)

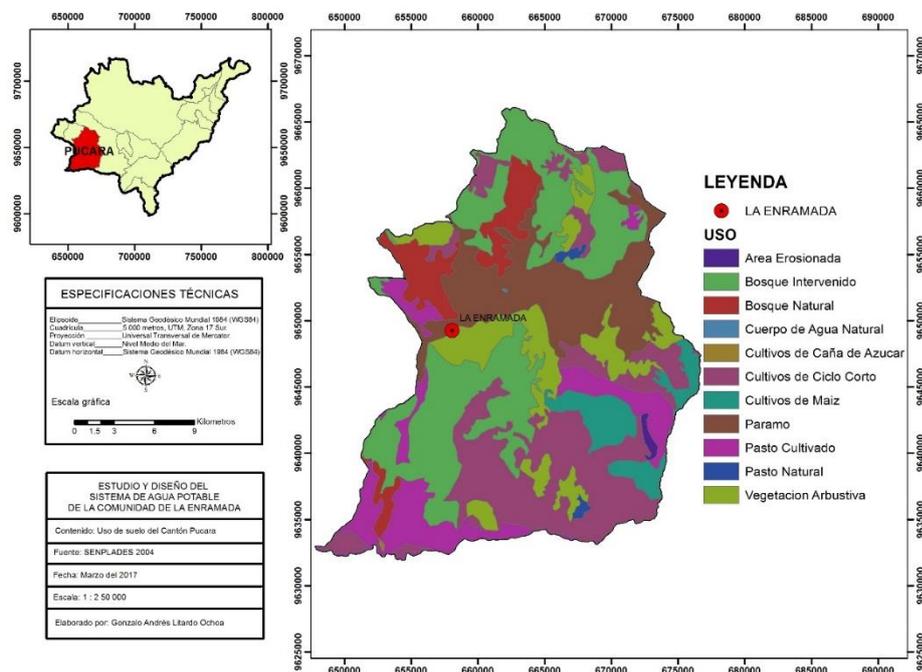


Figura 1.10. Uso de suelo del cantón Pucará

Fuente: (SENPLADES, 2004)

1.1.8 Geomorfología y geología

Gran parte de la geología del cantón Pucará pertenece al oligoceno, donde se encuentra tanto el centro cantonal de Pucará como gran parte de la zona baja, hasta el río Jubones y Guena al norte, al noroeste del cantón, en el río Jubones se encuentra depósitos de la era cuaternaria, así como en la zona alta de Pucará desde La Macarena hasta Patococha y Rambran, donde también existe una extensión de depósitos cuaternarios. (PDOT PUCARÁ, 2014)

En la parte norte de Pucará encontramos materiales cretácicos y en el límite con el cantón Santa Isabel en las cercanías de Pucul y San Jacinto, se encuentran afloramientos de Paleoceno – Eoceno. (PDOT PUCARÁ, 2014)

La mayor parte del cantón Pucará está formado por rocas graníticas indiferenciadas, rocas intrusivas acidas o intermedias indiferenciadas y granodiorita, la que corresponde con materiales del oligoceno como se observa en la Tabla 1.4 y la Figura 1.11. (PDOT PUCARÁ, 2014)

En la zona alta donde corresponde el gran depósito cuaternario, se hallan las rocas de tipo toba riolita. (PDOT PUCARÁ, 2014)

En el rio Jubones, como en rio Mollepungo, se encuentran en la llanura aluvial restos de materiales como son: andesita, basalto, toba, arenisca, sedimentos volcánicos y depósitos coluviales, así como gneis, aplítico, cuarcita. (PDOT PUCARÁ, 2014)

Los afloramientos del Cretácico se encuentran en el norte del cantón y consta con materiales arcillosos conglomerados y areniscas tobaceas.

La zona de derrumbe es límite entre los depósitos cuaternarios y los materiales de Oligoceno. (PDOT PUCARÁ, 2014)

El cantón Pucará presenta diversas formaciones geológicas las mismas que son:

- * Formación Tarqui.
- * Formación Piñón.
- * Volcánicos Saraguro (1000m).
- * Unidad Macuchi.
- * Grupo Tahuin.

Tabla 1.4. Litología del cantón Pucará

| Litología | Área (ha) | % área ha |
|--|-----------------|------------|
| Andesitas a riolitas, piroclastos | 27021.41 | 46.19 |
| Lavas andesíticas, a riolíticas, piroclastos | 25091.12 | 42.88 |
| Granodiorita, diorita, pórfido | 3865.18 | 6.61 |
| Esquistos y gneises semipelíticos | 2424.33 | 4.14 |
| Lavas basálticas, tobas, brechas | 106.74 | 0.18 |
| Total | 58508.78 | 100 |

Fuente: (PDOT PUCARÁ, 2014)

Cabe recalcar que la comunidad está constituida principalmente por andesitas, ariolitas, piroclastos que representa el 46.19% del área de toda la superficie.

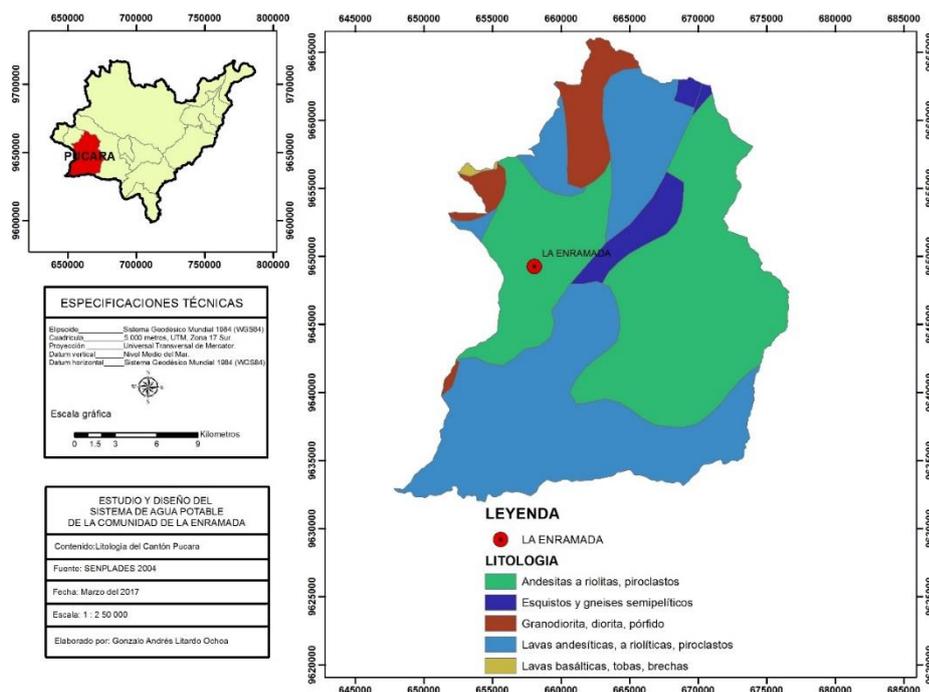


Figura 1.11. Litología del cantón Pucará

Fuente: (SENPLADES, 2004)

1.2 Topografía

1.2.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico fue realizado conjuntamente con el equipo técnico del GAD de Pucará. Dicho levantamiento se realizó en la comunidad de La Enramada,

abarcando la zona de estudio para poder beneficiar a los usuarios de dicha comunidad, determinando así la información necesaria para la ejecución del proyecto. La captación con la cual se pretende dotar de este líquido a todos los usuarios es un ojo de agua ubicado a 700 metros de la comunidad antes mencionada, como se muestra en la Figura 1.12:

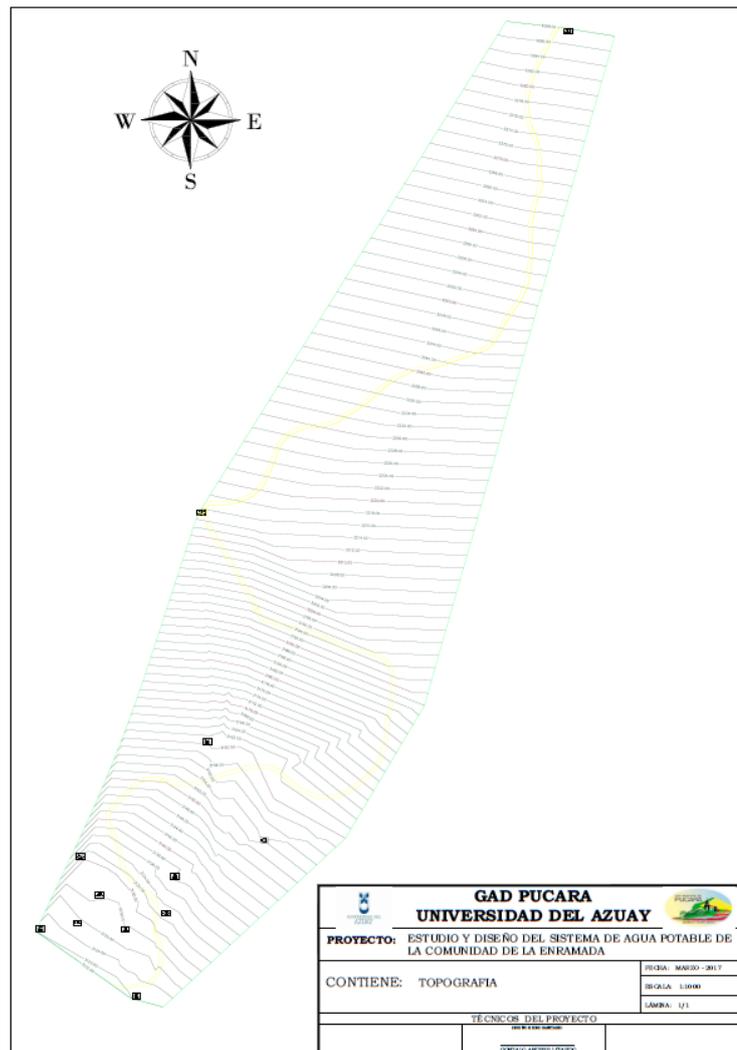


Figura 1.12. Levantamiento topográfico de La Enramada

Fuente: (Litardo Ochoa)

1.2.2 Modelo digital del terreno

Se generó el mapa del Modelo Digital del Terreno (MDT) del área de estudio, a partir del MDT del cantón Pucará realizado por SIGTIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica). Se consideró

que el MDT del área de estudio posee una resolución espacial de 3m tomado en cuenta la relación 1mm=3m; se generaron curvas de nivel a escala 1: 3000, con intervalos de curvas cada 3m, como se observa en la Figura 1.13:

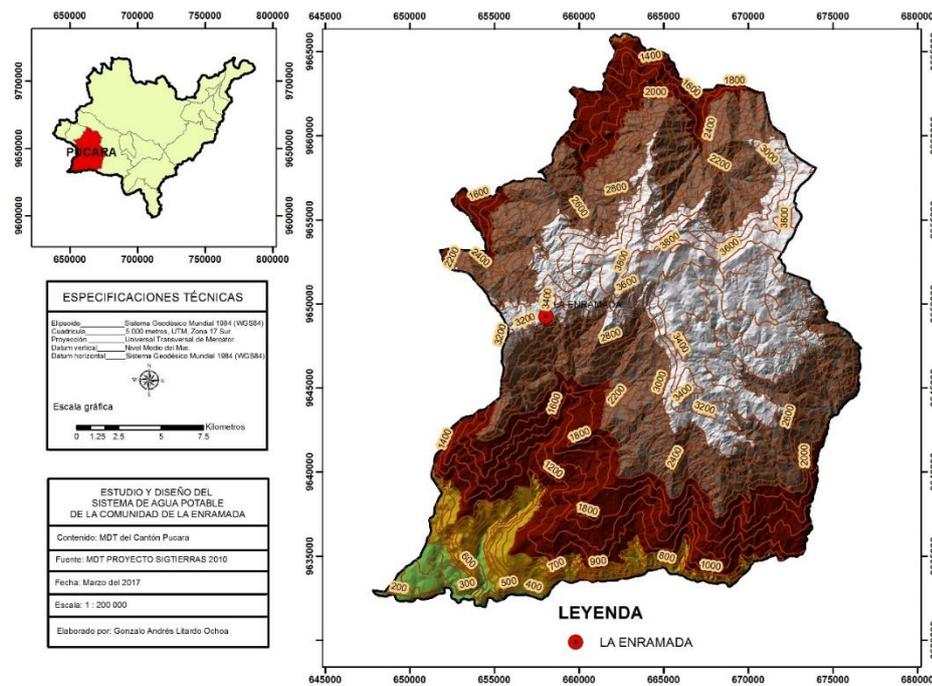


Figura 1.13. Modelo digital del terreno del cantón Pucará

Fuente: (SIGTIERRAS, 2010)

1.3 Análisis de suelos

1.3.1 Parámetros geotécnicos

1.3.1.1 Límites de Atterberg

El científico sueco Albert Atterberg en 1990, desarrollo un método con el cual se podía determinar la consistencia que poseen los suelos de grano fino teniendo contenidos de humedad variables. Se observó que cuando el contenido de humedad es alto este suelo se comporta como un fluido y cuando el contenido de humedad es bajo este se comporta como un sólido frágil. Algunos suelos cambian de consistencia en función al contenido de humedad, el suelo así se define en cuatro estados: solido, semisólido, plástico y líquido.

El contenido de humedad permite que se dé transiciones de un estado a otro como por ejemplo:

- * Estado semisólido a estado plástico se le conoce como Limite plástico.
- * Estado plástico a estado líquido se le conoce como Limite líquido.

1.3.1.2 Limite liquido (LL)

El limite liquido de un suelo es determinado por medio de la copa de Casagrande y consiste en el porcentaje de agua requerido para cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo de la ranura que se le hace a la pasta de suelo, esto se cierra mediante 25 golpes y la copa cae a una altura de 10mm. (DAS, 2001)

Como se muestra en la Figura 1.14:

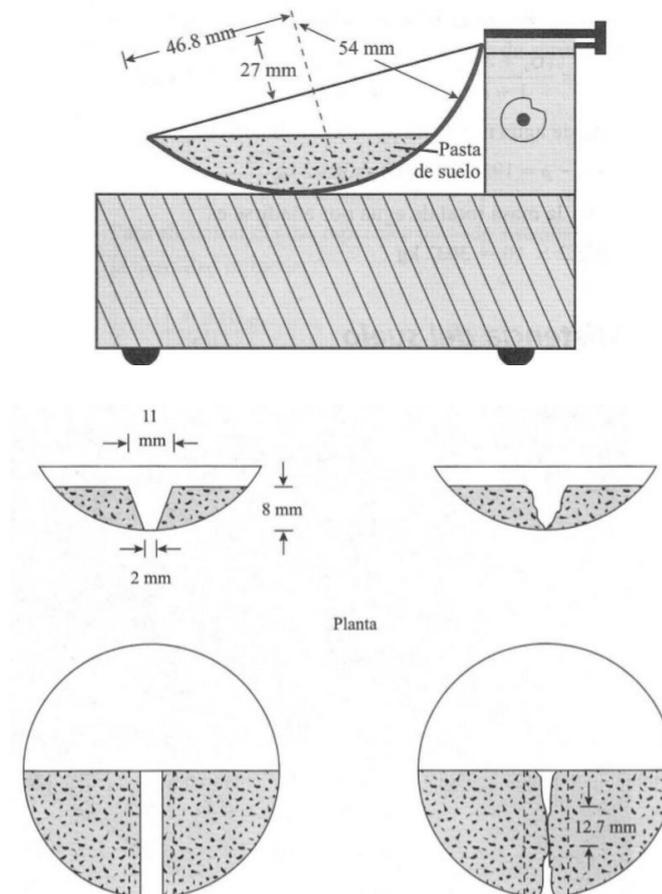


Figura 1.14. Prueba de límite líquido

Fuente: (DAS, 2001).

1.3.1.3 Limite plástico (LP)

El límite plástico se define como el contenido de agua en porcentaje, con el cual el suelo a ser enrollado en rollos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es aquel que es considerado como el límite inferior de la etapa plástica del suelo. La realización de esta prueba es muy sencilla y se lleva a cabo enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio o una mesa de suelo en forma elipsoidal, como se muestra en la Figura 1.15. (DAS, 2001)

El Índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo, como se observa a continuación en la fórmula (1). (DAS, 2001)

$$IP = LL - LP \quad (1)$$

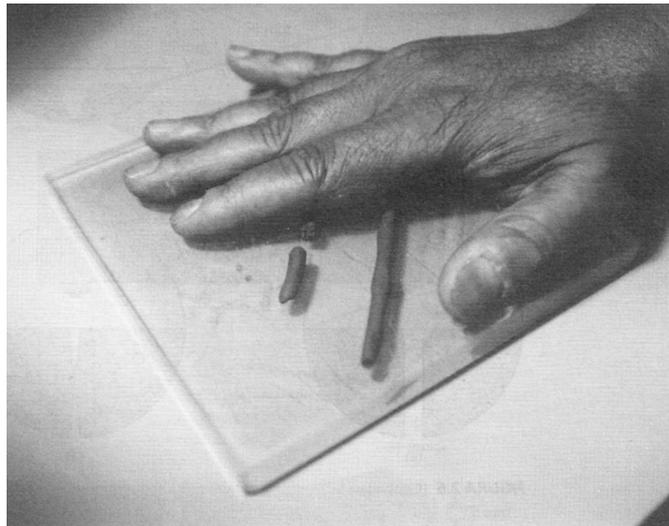


Figura 1.15. Prueba de límite plástico

Fuente: (DAS, 2001)

1.3.1.4 Sistema de clasificación del suelo

Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para poder determinar de manera concisa las características generales del suelo, además es muy importante dividirlos en grupos y subgrupos dependiendo el comportamiento ingenieril que estos suelos presenten. En la actualidad existen dos sistemas de clasificación que se basan en el tamaño del grano y la plasticidad que el suelo posee. (DAS, 2001)

1.3.1.4.1 Sistema de clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación fue elaborado en 1929 y ha sido modificado con el pasar de los años.

Este sistema clasifica al suelo en 7 grupos mayores que van desde el A-1 al A-7. Los suelos A-1, A-2, A-3 son materiales granulares donde el 35% o menos pasan el tamiz No. 200; los suelos que más del 35% pasan por el tamiz No. 200 son los grupos A-4, A-5, A-6, A-7, la mayoría de estos se encuentran formados por materiales tipo limo y arcilla. (DAS, 2001)

Este sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

1. Tamaño del grano:

Grava: Fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenido por el tamiz No. 10 (2mm) de Estados Unidos.

Arena: Fracción que pasa el tamiz No. 10 (2 mm) U.S. y es retenida en el tamiz No. 200 (0.075 mm) U.S.

Limo y arcilla: Fracción que pasa el tamiz No. 200 U.S. (DAS, 2001)

2. Plasticidad:

El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor. (DAS, 2001)

3. Cantos rodados y boleos de tamaños mayores que 75 mm:

Estos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje de tal material se registra. (DAS, 2001)

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un número llamado índice de grupo (IG) junto con los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o de subgrupo. El índice de grupo está dado por la siguiente ecuación (2). (DAS, 2001)

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

Donde:

F = Porcentaje que pasa por el tamiz No. 200

LL = Limite liquido

PI = Índice de plasticidad

1.3.1.4.2 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

El origen de este sistema de clasificación fue propuesto por Casagrande en el año de 1942 para ser utilizado en la construcción de aeropuertos en la segunda Guerra Mundial. Hoy en día dicho sistema es utilizado de manera universal para identificar y caracterizar los suelos. El sistema SUCS clasifica a los suelos en dos grandes categorías:

1. Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por el tamiz No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.
2. Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por el tamiz No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicas. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos. (DAS, 2001)

Otros símbolos también son usados para la clasificación:

- * W: bien graduado
- * P: mal graduado
- * L: baja plasticidad (limite liquido menor que 50)
- * H: alta plasticidad (limite liquido mayor que 50)

1.3.1.5 Cohesión

La cohesión se define como la resistencia máxima del suelo a la tensión. Esta es el resultado de la compleja interacción de muchos factores como la adherencia coloidal de la superficie de las partículas, la tensión capilar de las películas de agua, la atracción

electrostática de las superficies cargadas, las condiciones de drenaje y el historial de esfuerzos. (ESCALANTE, 2012)

Los suelos pueden clasificarse en dos categorías, según tengan o no cohesión. La cohesión desde el punto de vista físico es la propiedad que en caso de una arcilla o una mezcla moldeable, permite dar forma a una muestra que permanece unida. Se llaman suelos no coherentes aquellos que no presentan ninguna cohesión, también se los puede definir como suelos que no tienen resistencia propia a la compresión simple sin la existencia de una presión lateral. (GRAUX, 1975)

1.3.1.6 Capacidad de carga

“La capacidad de carga, que a menudo se llama estabilidad, es la capacidad del suelo para soportar una carga sin que se produzcan fallas dentro de su masa. Es análoga a la capacidad de una viga para soportar una carga sin romperse. La capacidad de un suelo para soportar una carga varía no solamente con la resistencia del suelo, sino también con la magnitud y distribución de la carga. Cuando una carga “V” se aplica a un suelo en forma de incrementos graduales, el suelo se deforma y la curva de carga-asentamiento es similar a las curvas de esfuerzo-deformación. Cuando se alcanza la carga crítica o de falla V, la razón de deformación con respecto a la carga se aumenta. La curva de carga-asentamiento pasa por un punto de máxima curvatura, que indica que se ha producido la falla de la masa de suelo.” (CABRERA, 2005)

1.3.1.7 Asientos admisibles

Los asientos admisibles son los asientos totales y diferenciales que puede soportar una estructura con sus forjados y tabiques, sin que se produzcan daños incompatibles con el servicio de la misma o en un caso extremo su rotura. (LOPEZ GARCIA & LOPEZ PERALES, 1999)

Los asentamientos admisibles se miden en función de la distorsión angular que se produce por la diferencia de asientos totales entre dos cimentaciones separadas a una distancia determinada. Para evitar los asentamientos diferenciales debe procurarse que la tensión del terreno bajo las diferentes cimentaciones sea la misma. No obstante, como el terreno no es homogéneo ni las dimensiones de las cimentaciones son

constantes, siempre se producirán inevitablemente asientos diferenciales. (LOPEZ GARCIA & LOPEZ PERALES, 1999)

1.3.2 Toma de muestras para el análisis del suelo

Se tomó las muestras de suelos en el lugar en el cual se va a construir la planta de tratamiento que posee las siguientes coordenadas:

- * Coordenada Este: 658151 m E
- * Coordenada Norte: 9649673 m S

Para dicho estudio se extrajeron cuatro muestras cada 0.50m hasta una profundidad de 2m. Las muestras fueron sometidas a un análisis de contenido de humedad natural, granulometría, límites de Atterberg, luego de esto se procedió a clasificar el suelo por medio de los sistemas SUCS y AASHTO, así como también se determinó parámetros importantes como lo son: módulo de estabilidad del suelo, cohesión, capacidad soportante, el esfuerzo que presenta el suelo en condiciones húmedas, la capacidad admisible que se da por la limitación de asentamientos. En las siguientes figuras 1.16, 1.17, 1.18, se puede observar lo que es la excavación y las muestras de suelo para los respectivos estudios.



Figura 1.16. Terreno en el cual se tomó las muestras

Fuente: (Litardo Ochoa)



Figura 1.17. Excavación para la obtención de muestras

Fuente: (Litardo Ochoa)



Figura 1.18. Toma de muestras

Fuente: (Litardo Ochoa)

1.3.3 Resultado de los análisis

Mediante los estudios realizados en el laboratorio de suelos se pudo determinar las características que poseen, ya que se realizó un análisis a las cuatro muestras sustraídas a 0.50cm de profundidad cada una hasta llegar a los 2m, tal como se muestra en las Tablas 1.5, 1.6. El suelo básicamente está constituido por limo, suelo orgánico natural y arcilla.

Dicho estudio recomienda que se puede cimentar a partir de una profundidad de 1.50m ya que el suelo es una arena limosa normalmente consolidada, la clasificación SUCS es SM que quiere decir una arena con limo de plasticidad media siendo así de esta manera un suelo con buenas características para la cimentación. A la profundidad de 2m la cual fue la profundidad total alcanzada se pudo ver que las características que este suelo posee es un limo con arena fina y que tiene una clasificación SUCS ML y una clasificación AASHTO A-7 con un índice de grupo 8, como se muestra en la Tabla 1.7, además cabe recalcar también que no se determinó nivel freático hasta la profundidad alcanzada.

En este suelo será necesario la utilización de un drenaje y un subdrenaje, para así de esta manera evitar que el suelo en el cual se va a ensamblar la planta de tratamiento se sature, ya que esta agua influye de manera negativa al esfuerzo cortante del suelo de fundación.

Tabla 1.5. Parámetros geotécnicos de las muestras tomadas

| Profundidad (m) | Cohesión (C) (Kg/cm ²) | Contenido de humedad (%) | Angulo de fricción interna (°) | Peso unitario del suelo (Kg/cm ³) |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|---|
| 0.50 | 0.75 | 20.1 | 37.67 | 1.477 |
| 1.00 | 1.18 | 21.6 | 32.06 | 1.466 |
| 1.50 | 0.58 | 21.4 | 42.13 | 1.459 |
| 2.00 | 0.65 | 19.2 | 38.76 | 1.462 |

Fuente: (RAMIRO BAUTISTA, 2017)

Tabla 1.6. Capacidad soportante del suelo

| Profundidad (m) | Q admisible (Kn/m ²) | Q admisible (Ton/m ²) |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 0.50 | 244.52 | 24.93 |
| 1.00 | 388.34 | 39.60 |
| 1.50 | 208.68 | 21.28 |
| 2.00 | 239.87 | 24.46 |

Fuente: (RAMIRO BAUTISTA, 2017)

Tabla 1.7. Resultados de la clasificación del suelo

| CLASIFICACIÓN | |
|-----------------|--------------------------|
| SUCS | ML (Limo con arena fina) |
| AASHTO | A-7 |
| Color | Café rojizo |
| Limite liquido | 46.6 |
| Limite plástico | 30.5 |

Fuente: (RAMIRO BAUTISTA, 2017)

Ver Anexo 1. Estudio de suelos.

1.4 Abastecimiento actual del agua y análisis de la fuente

1.4.1 Situación actual

La comunidad de La Enramada en la actualidad no posee de un sistema de agua de potable por lo cual dicha comunidad se ve en la necesidad de tomar agua que no es debidamente tratada, el agua que se consume es entubada y proveniente de ciénegas la cual no es apta para el consumo humano causando así enfermedades tanto en niños como en adultos. Razón por la cual es necesario la construcción de una planta de tratamiento y una red de distribución para dar una alternativa de solución al problema y poder proporcionar a toda la población agua potable que permita mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

Ver Anexo 2. Fotografías de la captación.

1.4.2 Análisis de la fuente

1.4.2.1 Evaluación de la fuente

La comunidad de La Enramada del cantón Pucará cuenta con una fuente la cual posee las siguientes coordenadas UTM con Datum WGS84 17S:

- * Fuente La Enramada: Coordenada Este: 658548 m E y Coordenada Norte: 9650196 m S, elevación 3295 m.s.n.m, como se observa en la Figura 1.19.

Dicha captación es un ojo de agua el cual está bajo el poder de la Junta Administrativa de la comunidad de La Enramada, la captación está ubicada a 5 minutos de la comunidad y es de fácil acceso ya que se encuentra a pocos metros de la vía, además con la ayuda de la Junta Administrativa que es precedida por el Sr. Juan Chávez y los miembros de la comunidad se ha cercado el área en el cual se encuentra la captación para de esta manera poder evitar que el agua se contamine.

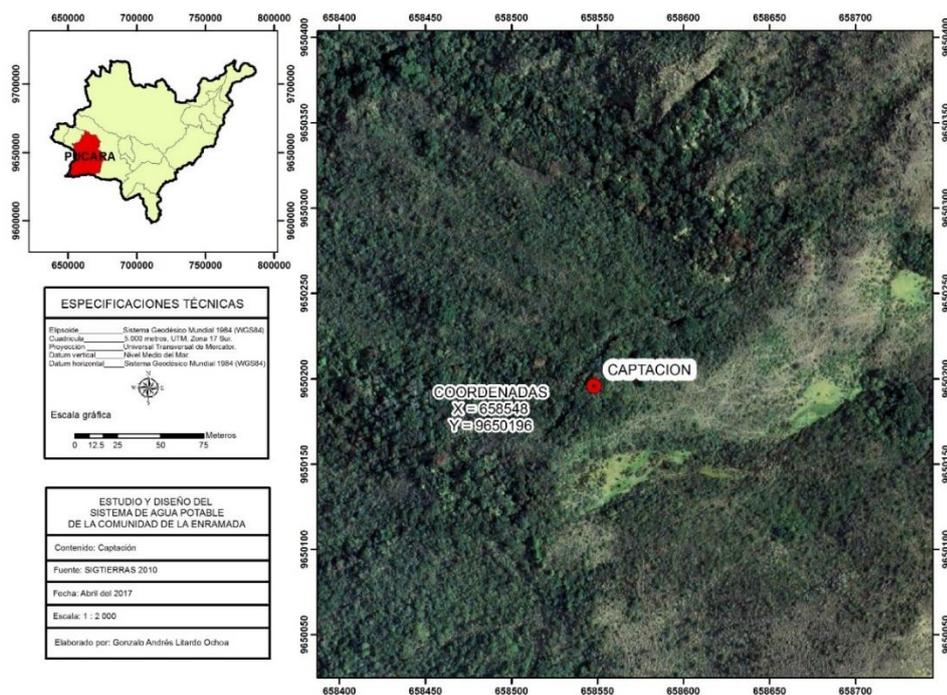


Figura 1.19. Captación de la comunidad de La Enramada

Fuente: (SIGTIERRAS, 2010)

Ver Anexo 3. Fotografías del aforamiento de la fuente.

Ver Anexo 4. Determinación de caudales de la fuente.

1.4.2.2 Calidad de la fuente

La Norma de calidad ambiental y descargas de efluentes de recursos de agua, manifiesta que el agua que es designada para consumo humano y para uso domiciliario es aquella que es utilizada en actividades como:

- * Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como: higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- * Bebida y preparación de alimentos para el consumo.
- * Fabricación o procesamientos en general.

A continuación en la Tabla 1.8 y 1.9 se muestra los límites máximos permisibles que se debe tener para aguas de consumo humano y de uso domiciliario.

Tabla 1.8. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, requiere únicamente tratamiento convencional

| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
|---------------------------|-------------------|--------|--------------------------|
| Coliformes totales | nmp/100ml | - | 3000 |
| Coliformes fecales | nmp/100ml | - | 600 |
| Dureza | CaCO ₃ | mg/l | 500 |
| Sólidos disueltos totales | - | mg/l | 1000 |
| Turbiedad | - | UTN | 100 |
| Potencial de hidrógeno | PH | - | 6 - 9 |

Fuente: (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2002)

Tabla 1.9. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, requiere únicamente de desinfección

| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
|---------------------------|-------------------|--------|--------------------------|
| Coliformes totales | nmp/100ml | - | 50* |
| Dureza | CaCO ₃ | mg/l | 500 |
| Sólidos disueltos totales | - | mg/l | 500 |
| Turbiedad | - | UTN | 10 |
| Potencial de hidrógeno | PH | - | 6 - 9 |

*Cuando se observa que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice del Número Más Probable (NMP), pertenece al grupo coliforme fecal, se aplica tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

Fuente: (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2002)

1.4.2.2.1 Factores que afectan la calidad general del agua

Existen varios factores que afectan la calidad del agua, se clasifican en naturales o humanos y de impacto que a su vez pueden ser puntuales o no puntuales. Las fuentes puntuales son aquellas que de manera común son evacuadas por un punto de descarga o una tubería, mientras que las fuentes que no son puntuales son difíciles de localizar al ser bastante confusas, estas se localizan en lechos fluviales o en cuencas de agua.

Dentro de los factores naturales principales que afectan la calidad del agua tenemos: geología de los lechos de agua, el clima, así como también afectan los nutrientes presentes en el agua, la intrusión de agua minerales, los incendios forestales y la densidad de estratificación presente en los lagos o depósitos.

Mediante la identificación de los factores que afectan la calidad del agua en el área de influencia, se podría gestionar para de esta manera reducir estos impactos que generan un deterioro y de esta manera se minimizaría así los costos de deterioro de la calidad.

“Los factores típicos humanos, según la categoría del origen puntual, incluyen los vertidos de aguas residuales e instalaciones de residuos de riego, fugas y desprendimiento. En la categoría de fuente no puntual, los factores humanos comprenden los ciclos de agua agrícola y urbana, desarrollo temporal, deposición atmosférica y actividades de recreo.” (ANTONIO GARCÍA BRAGE, 2002)

1.4.2.2.2 Impactos sobre la calidad del agua de superficie – factores naturales.

Clima:

“Las condiciones extremadamente húmedas y secas afectan a la calidad del agua. Los periodos de precipitaciones severas pueden volver a poner en suspensión los sedimentos e incrementar la turbidez, carga microbiana, color, metales y otros contaminantes. Las precipitaciones abundantes pueden introducir una acumulación de compuestos orgánicos que podrían formar subproductos de desinfección durante el proceso de desinfección.” (GARCÍA BRAGE, 2002)

“Los climas secos o periodos de sequía pueden producir retención en los depósitos y lagos, contribuyendo al desarrollo de las algas. Las condiciones secas pueden incrementar el impacto de los vertidos o descargas de las fuentes – origen reduciendo

el efecto de dilatación y atenuación natural de la fuente origen. La temperatura puede jugar un importante papel al afectar en la actividad biológica, saturando los niveles de oxígeno y las tasas de transferencia de masas. En las precipitaciones estacionales, se ha observado que se incrementa la concentración.” (ANTONIO GARCÍA BRAGE, 2002)

Características de los causes de agua:

“La topografía, vegetación y vida natural juegan un importante papel en la calidad del agua de la fuente. Durante la escorrentía pesada, los derrames puntuales pueden introducir desechos, sedimentos y nutrientes que pueden afectar al color, turbidez y a las algas. La vegetación puede tener un efecto benéfico sobre la calidad del agua, suministrar un filtro natural para la corriente contaminante de fuente no puntual.” (GARCÍA BRAGE, 2002)

Nutrientes:

“El ciclo de la vida humana de un lago o deposito implica tres etapas o niveles tróficos, donde los factores distintivos son los nutrientes y la actividad biológica. La etapa magrotífica implica una moderada cantidad de nutrientes y de actividad biológica en la etapa eutrófica, los niveles de nutrientes son altos, junto con la actividad microbiológica.” (GARCÍA BRAGE, 2002)

Geología:

“La geología incide en la calidad de las aguas subterráneas y superficiales, las características geológicas del subsuelo se relacionan con los contenidos de calcio, manganeso, y la radioactividad (uranio, radón y radio) en ciertas zonas. La vegetación y el estiércol de los animales aportan beneficiosamente en el taponamiento de las precipitaciones ácidas, su capacidad influye en la actividad biológica de lagos y depósitos, a las tasas de los procesos y corrosión de los sistemas de distribución. Las tasas de erosión están en función de las características climáticas de la geología local, se demuestra que los suelos cohesivos resisten más a la erosión del agua lluvia que los suelos desprendidos.” (ROBBINS, GLICKER, BLOEM, & NISS, 1991)

Vida natural y deforestación:

“En épocas de sequía los incendios forestales son más frecuentes destruyendo la capa o cubierta vegetal esto hace que disminuya el filtrado natural de las corrientes de agua, esto se debe al incremento potencial de la erosión. La calidad del agua de las fuentes se ven beneficiadas por la presencia de cubiertas vegetales en su extensión de aporte, ya que esta influye reduciendo la erosión y filtrando el agua lluvia, promoviendo así la recogida biológica de nutrientes y contaminantes.” (ROBBINS, GLICKER, BLOEM, & NISS, 1991)

Estratificación:

“La densidad estacional o estratificación térmica varía para los lagos y depósitos desde los pozos profundos (menos de 6 metros) a los más profundos (más de 6 metros). En los depósitos poco profundos, la temperatura de agua en verano y las concentraciones de oxígeno dependerán de la cantidad de mezcla inducida por el viento. A medida que las temperaturas del agua superficial aumentan en relación con las del agua de fondo, se formarán capas estratificadas por densidad en el volumen de agua.” (GARCÍA BRAGE, 2002)

1.4.2.2.3 Riesgos de la calidad del agua

Existen múltiples condiciones ambientales, así como también parámetros los cuales afectan la calidad del agua, aquellos parámetros que ponen en riesgo la calidad del agua son las partículas sólidas, nutrientes (nitrógeno, fosforo), carbono orgánico, turbidez, metales, aceites, bacterias coliformes, grasas, algas, sodio, productos químicos tóxicos, oxígeno disuelto y sustancias que degradan la calidad estética del agua.

En la Tabla 1.10 se muestra los riesgos de la calidad del agua; así como se muestran también los aspectos estéticos los cuales incluyen sabor y olor, sedimentos, cobre y turbidez. Dichos parámetros comprenden:

- * Color – metales, materiales orgánicos naturales, algas.
- * Sedimentación – metales.

- * Sabor y olor – productos químicos industriales, algas y metabólicos, materia orgánica natural, urea y otras sustancias que puedan reaccionar con el cloro en el proceso de tratamiento.

Tabla 1.10. Riesgos de la calidad de agua

| PARÁMETROS | ORÍGENES (FUENTES) | EFFECTOS SOBRE EL SUMINISTRADOR DE AGUA |
|---|---|--|
| Sólidos, turbidez | Desagües y alcantarillado doméstico, escorrentía urbanas y agrícolas, actividad constructora y minera. | Procesos que se enfrentan al tratamiento de agua. Reducen la efectividad del tratamiento. Protegen a los microorganismos contra desinfectantes. Reduce la capacidad del depósito |
| Nutrientes | Lixiviados del sistema séptico, vertidos de las plantas residuales, escorrentías de prados y carreteras, granjas de animales, terrenos agrícolas, paisajes erosionados, lixiviados de terrenos, lluvias (especialmente nitrógeno) | Los nitratos pueden ser tóxicos para niños y fetos no nacidos. Aceleran la entronización: alto nivel de algas. Deficiencia de oxígeno disuelto. Incrementa la actividad de algas. Intensifican color y turbidez. Formación de subproductos y desinfectantes. Problemas de sabor y color. |
| Materia orgánica natural (NOM) | Aparición natural; las tierras secas en los cursos de agua tienden a aumentar las concentraciones. | Influye en la disponibilidad de nutrientes. Moviliza los compuestos orgánicos hidrofóbicos. Formulación de subproductos de desinfección. |
| Contaminantes orgánicos sintéticos | Actividades domésticas e industriales, fugas y | Impactos adversos sobre la vida humana y acuática. |

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| | derrames, vertidos de aguas residuales, corrientes urbanas y agrícolas, lixiviados, tratamiento y transición de aguas residuales. | |
| Bacterias coliformes | Vertidos domésticos de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, goteos de aguas de aves y aplicaciones a la tierra de residuos animales. | Los coliformes fecales son indicadores de contaminación fecal que impone tratamiento para la salud humana con los patógenos microbianos como el Giardia, cryptosporidium y virus. |
| Metales | Actividades industriales y aguas residuales. | Efecto adverso para la vida acuática y la salud pública. |
| Aceites y grasas | Corriente de agua contenido queroseno, aceites lubricantes y de automóviles, corrientes de gasolineras, industrias domésticas, alcantarillado comercial e industrial así como alcantarillado institucional, residuos de alimentación y aceite de cocinas. | Interfieren con el tratamiento de residuos biológicos causando problemas de mantenimiento. Interfieren en la vida acuática, impacto estético. Asociados con los hidrocarburos en su impacto con la salud humana. |

| | | |
|--------------------------|---|---|
| Sodio | Tratamiento de heladas y nieves en carreteras y almacenamiento de sal. | Alta presión sanguínea y enfermedades del corazón. |
| Productos tóxicos | Agricultura, cuidado de prados, zonas industriales, carreteras y aparcamientos, aguas residuales. | Tóxicos para el hombre y la vida acuática. |
| Estética | Sabor y olor: productos químicos industriales, algas metabólicas, NOM, urea. Color: metales, NOM, algas AOC. Turbidez: sólidos y algas. Manchas: metales. | Problemas estéticos. Reduce la confianza del público en la seguridad del agua suministrada. |
| Algas | Vertidos de plantas de aguas residuales, sistemas sépticos, lixiviados del terreno y campos, escorrentía urbana y agrícola, precipitaciones. | Sabor y olor. Algunas especies de algas son tóxicas para la vida acuática. |
| Oxígeno disuelto | Materia orgánica, vertidos de aguas residuales, escorrentía, consumo para la vida acuática y por las sustancias químicas. | Problemas de tratamiento de agua. Desprendimiento de hierro y manganeso. Problemas de sabor y olor. Amoníaco. |

Fuente: (GARCÍA BRAGE, 2002)

1.4.2.2.4 Índice de calidad del agua (WQI)

Según el National Sanitation Foundation – USA en 1995 el WQI (Water Quality Índice), resume numéricamente la información de varios parámetros de calidad de agua en un solo valor tal y como se puede ver a continuación en la Tabla 1.11.

Tabla 1.11. Interpretación de la calidad (WQI)

| Rango | Calidad |
|----------|-----------|
| 90 - 100 | Excelente |
| 70 - 90 | Bueno |
| 50 - 70 | Medio |
| 25 - 50 | Malo |
| 0 - 25 | Muy malo |

Fuente: (WATER QUALITY ÍNDEX CALCULATOR, 2016)

1.4.2.3 Parámetros físicos, químicos y biológicos

Los parámetros físicos, químicos, microbiológicos son aquellos que ayudan a determinar la calidad del agua; los métodos que nos ayudaran con la identificación o caracterización de los parámetros dependerá de la forma y el tipo.

1.4.2.3.1 Parámetros físicos

Conductividad:

La conductividad de una sustancia se define como la capacidad de transmitir electricidad, así como también es un indicativo de sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones principalmente de Ca, Mg, Na, P, cloruros, sulfatos y bicarbonatos. Las unidades en las cuales se miden son: Siemens por metro (S/m) en el sistema de medición SI y micromhos por centímetro (mmho/cm) en unidades estándar de Estados Unidos (EEUU). Las aguas que contienen mayores concentraciones de conductividad son corrosivas. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

A la conductividad también se le puede correlacionar con la siguiente expresión (3):

$$\text{Sólidos totales disueltos (mg/L)} = (0.55 \text{ a } 0.7) * \text{conductividad } (\mu\text{mhos/cm}) \quad (3)$$

(SIERRA RAMÍREZ, 2001)

Sólidos totales:

“Los sólidos totales se dividen en sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La cantidad y naturaleza de los sólidos presentes en el agua varía ampliamente. En el agua la mayoría de los sólidos se hayan disueltos (SD) y consisten principalmente en sales y gases.” (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

“Los sólidos disueltos: se calculan pasando la muestra por un papel de filtro y luego determinando los sólidos totales del filtrado. Si se somete la muestra filtrada a evaporación en una mufla a aproximadamente 600°C y se pesa el residuo, se obtienen los sólidos disueltos fijos (SDF). Por diferencia se determinan los sólidos disueltos volátiles (SDV).” (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

“Los sólidos suspendidos (SS): se determinan restando los sólidos disueltos de los sólidos totales. Los SS son, tal vez, el tipo de sólidos más importantes de determinar en los estudios de calidad del agua en nuestro medio, principalmente porque se utilizan para el cobro de las tasas retributivas y el diseño de plantas de tratamiento de agua residuales.” (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

“Los sólidos suspendidos fijos (SSF) y los sólidos suspendidos volátiles (SSV) se determinan de forma análoga a los SDF y SDV.” (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

A continuación en la Figura 1.20, podemos observar las distintas formas de solidos que se encuentran presentes en el agua.

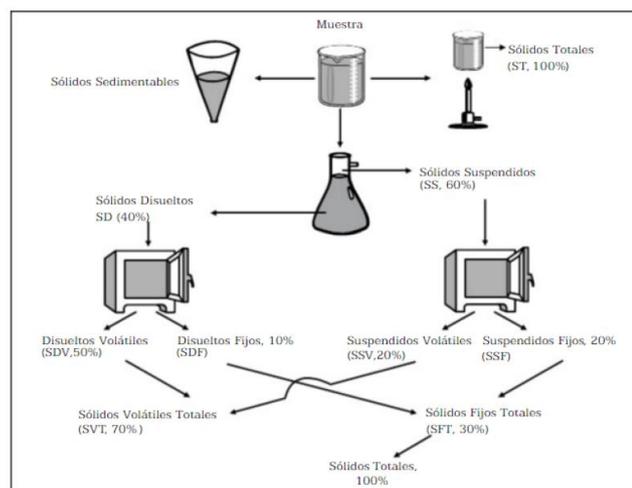


Figura 1.20. Diferentes formas de sólidos presentes en el agua

Fuente: (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

Color:

En la actualidad aún no se sabe muy bien el origen del color del agua aunque muchos investigadores dicen que está íntimamente ligado con la turbiedad, mientras que otros investigadores aseguran que el color del agua se produce por sustancias disueltas en el agua y por coloides. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

El color se clasifica en:

- * Color aparente: es aquel que se produce por el material suspendido en el agua.
- * Color verdadero: se llama de esta manera al color que permanece en el agua después de haber realizado el proceso de remover la turbiedad. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

El color es un parámetro muy importante a la hora de realizar un tratamiento de agua, debido a que genera rechazos por parte de la gente que lo consume porque asocia el color con mala calidad, a pesar de que el color se puede formar por eventos naturales así de esta manera no genera problemas sanitarias, mientras que existe el color que se genera por los desechos industriales y esto se asocia a la existencia de sustancias que son tóxicas. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

Turbiedad:

La turbiedad es una medida de grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a que se encuentran partículas en suspensión; mide la claridad del agua. La turbiedad es generada por varias causas y entre las principales causas tenemos: (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

- * La erosión natural de las cuencas las cuales generan sedimentos a los cauces de los ríos.
- * La contaminación que se genera por los desperdicios domésticos y por la industria. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

La turbiedad es aquella que puede ser generada ya sea desde un origen inorgánico (arenas, arcillas, etc.) la mismas que se genera por la erosión que se genera en el cauce de los ríos, hasta llegar a tener un alto grado de material orgánico (limus, microorganismo, etc.) como la que se genera por medio de las actividades antrópicas. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

La turbiedad es un factor o un parámetro muy importante en el tratamiento del agua potable por las siguientes causas:

- * Selección de los procesos de tratamiento: La turbiedad es un parámetro muy importante para la determinación de los procesos que se debe dar en el agua de abastecimiento; dichos procesos como la coagulación, sedimentación y filtración se diseñan y operan teniendo presente el valor de la turbiedad.
- * Estética: La presencia de turbidez en el agua genera un rechazo en los consumidores. Existen varios procesos industriales en los cuales el agua requiere estar exenta de turbiedad, procesos como la fabricación de alimentos, textiles, etc.
- * Filtración y cloración del agua: La turbiedad puede quebrantar la eficiencia de ciertos procesos de tratamiento de agua. La filtración se vuelve más difícil y costosa cuando la turbiedad es alta, debido a que obstruye los filtros y esto genera problemas en el tratamiento del agua y ocasiona que se genere un aumento en el lavado de los filtros. Cuando la turbiedad es muy alta se necesitan dosis más altas de cloro para así poder desinfectar el agua, esto se debe a que los microorganismos se ocultan entre las partículas de turbiedad por lo que es necesario una mayor cantidad de cloro para así poder ser eliminadas. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

1.4.2.3.2 Parámetros químicos

PH:

El PH es el término el cual es utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Por medio de análisis químicos se sabe que el PH se encuentra en una escala de valores de 0 a 14, como se muestra en la Figura 1.21. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

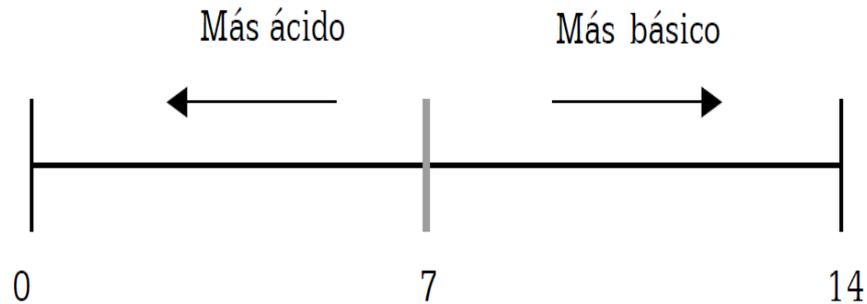


Figura 1.21. Escala del PH

Fuente: (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

El PH de un agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrio de disolución de CO_2 en un agua, y a la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el PH del cualquier agua. Así mismo, la actividad fotosintética reduce el contenido en CO_2 mientras que la respiración de los organismos heterótrofos produce dióxido de carbono causando un efecto contrario con respecto al PH del medio acuático. (MARÍN GALVÍN, 2003)

Por otro lado, el aporte de ácidos que generalmente puede acceder a un medio hídrico lo podría acidificar: así, por ejemplo el HS_2 formado en aguas poco oxigenadas y con fuerte ambiente reductor, o los ácidos húmicos (ácidos débiles) provenientes de la mineralización de la materia orgánica. Tampoco debe olvidarse el fenómeno de la lluvia acida. Efectos de alcalinización natural de un agua de forma opuesta, pueden detectarse vía disolución de rocas y minerales de metales alcalinos y alcalinotérreos del terreno drenado por el agua. En cualquier caso, el valor de PH de las aguas superficiales se encuentran en el intervalo de 6 a 8.5 u. PH, pudiendo las aguas subterráneas presentar más bajos valores que las superficiales. (MARÍN GALVÍN, 2003)

En lagos y embalses, el PH experimenta una evolución espacial y temporal ligada a la dinámica térmica y fisicoquímica del lago, de forma que esta variable disminuye a lo largo de la columna de agua. Además, durante la mezcla la variación es de apenas 0.1 a 0.15 u. PH desde la superficie al fondo, en cambio, durante la estratificación térmica, en las aguas superficiales ricas en fitoplancton (que metaboliza CO_2) se hallan valores

de PH bastante más altos que en profundidad. En estas últimas zonas, pobres en oxígeno y con abundantes microorganismos anaerobios, los valores de PH son más bajos, de orden de 1 u. PH inferiores a los de las aguas de superficie. (MARÍN GALVÍN, 2003)

Con relación al agua de consumo, aguas con valores extremos de PH pueden provocar irritaciones de las mucosas y órganos internos, e incluso procesos de ulceración. Asimismo, aguas con PHs < 7 favorecen procesos corrosivos en la red de distribución de aguas y la aparición de condiciones fisicoquímicas que permiten la formación de HS2 en casos extremos, mediante concurso microbiano. Finalmente, otro efecto asociado al PH de una agua de consumo es que valores altos se encuentren generalmente asociados a aguas coloreadas y/o con presencia de olores/sabores, siendo, por tanto, no agradable para el consumidor. (MARÍN GALVÍN, 2003)

Dureza:

Se llama dureza a la propiedad que poseen ciertas aguas de cortar el jabón, es decir, demanda grandes cantidades de jabón para generar espuma. Las aguas duras tienen la particularidad de que a elevadas temperaturas forman incrustaciones en los equipos mecánicos y las tuberías; dichas aguas duras fuera de las molestias ocasionadas por el jabón, no presenta ningún problema sanitario. Sin embargo, si van a ser utilizadas en la industria es necesario ser tratadas. La dureza ingresa al agua en el proceso natural de disolución de las formaciones rocosas que se encuentran presentes en el suelo; además también el proceso que se utiliza para remover la dureza se le denomina como ablandamiento o suavización. (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

Nitratos:

“Ese parámetro presente en agua puede causar metahemoglobina (color azul de la piel) en los infantes alimentados con leche preparada. La enfermedad es producida por reducción de los nitratos a nitritos dentro del sistema digestivo de estos niños.” (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

Nitritos:

“En aguas superficiales crudas, las huellas del nitrito indican contaminación. Debido a que el nitrito forma el ácido nitroso en solución que es ácida, cuya mezcla con aminas secundarias forma las nitroso-aminas que son cancerígenas, por esta razón se debe tener un especial cuidado y control.” (SIERRA RAMÍREZ, 2001)

1.4.2.3.3 Parámetros biológicos:**Coliformes fecales:**

Los coliformes fecales son un subconjunto que forman parte de los coliformes totales. Estos se pueden distinguir rápidamente en el laboratorio debido a que posee una capacidad de crecer estando a elevadas temperaturas (44.5°C), es el mejor indicador de la presencia de contaminación fecal reciente que los coliformes totales, sin embargo no poseen la capacidad de distinguir entre contaminación humana o animal. Además, la densidad que posee la contaminación fecal es generalmente mucha más baja que la densidad de los coliformes totales, por esta razón no son usados como indicadores de la efectividad del tratamiento y de la contaminación post-tratamiento. (ANTONIO GARCÍA BRAGE, 2002)

Coliformes totales:

Los coliformes totales son un grupo de bacterias relacionadas de cerca (familia de las Entero bacterias), estos coliformes son aquellos que durante décadas han sido utilizados como el indicador eficaz para el agua potable. El grupo se define como aeróbico y anaeróbico facultativamente, gran-negativo, no formador de esporas, bacterias de formas redondeadas que son aquellas que fermentan la lactosa del azúcar lácteo para de esta manera generar ácido y gas en un tiempo de 48 horas y a una temperatura de 35°C. Muy pocas son las bacterias aparte de los coliformes que son capaces de metabolizar lácteos; por esta razón la lactosa es usada como base para la identificación (la hidrólisis de o-nitrofenil-β.d.galactopiranoxido, o ONPG, se usó también en algunas pruebas de coliformes para la identificación). El grupo de los coliformes totales incluye la mayoría de las especies de los géneros Citrobacter, Enterobacter, Websiella y Escheridiacoli. También incluyen algunas especies de Serratia y otros géneros. Aunque todos los géneros fecales se pueden encontrar en los

intestinos de los animales, la mayoría de estas bacterias se pueden encontrar muy dispersas en el medio ambiente, incluyendo también el agua potable y las aguas residuales. Una excepción en la cual tal vez no se puede encontrar estas bacterias es en el agua caliente en los climas tropicales. (GARCÍA BRAGE, 2002)

Los coliformes totales se utilizan para fijar la efectividad del tratamiento y la integridad del sistema de distribución. También son utilizados como test o prueba de cribado para la contaminación fecal reciente. El tratamiento que proporciona el agua libre de coliformes debería también reducir los patógenos a niveles mínimos. Un avance principal para el uso de los coliformes de protozoos patógenos, quistes, ooquistes y algunos virus, porque los coliformes totales bajo ciertas sustancias pueden proliferar en los biofilms de los sistemas de distribución de agua, escurriendo o nublando su uso como indicador de contaminación externa. (ANTONIO GARCÍA BRAGE, 2002)

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

La fuente de agua de la comunidad fue cercada por la junta con la finalidad de evitar actividades que pudiesen contaminar y de esta manera distorsionaría los resultados del laboratorio.

Para la determinación de la calidad del agua de la fuente se realizó un análisis químico, físico y microbiológico de la vertiente. Las muestras de agua fueron tomadas en un envase de plástico esterilizado con una capacidad de 6 litros y dos envases esterilizados de 150 mililitros, las cuales fueron transportadas en un cooler con geles refrigerantes manteniendo así su temperatura y calidad, las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

De las muestras que fueron tomadas se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos, entre los más importantes se destaca la turbiedad, conductividad, color real, sólidos disueltos totales, PH, dureza total, nitritos, nitratos, coliformes fecales y coliformes totales.

A continuación en las siguientes Figuras 1.22, 1.23, 1.24, 1.25, se puede observar la toma de muestras en los diferentes envases, así como también los geles refrigerantes y el cooler para su traslado.



Figura 1.22. Toma de la muestra en el envase de 6 litros

Fuente: (Litardo Ochoa)



Figura 1.23. Toma de la muestra en el envase de 150 mililitros

Fuente: (Litardo Ochoa)



Figura 1.24. Muestras de agua de la comunidad de La Enramada

Fuente: (Litardo Ochoa)



Figura 1.25. Muestras con geles refrigerantes y el cooler para su traslado

Fuente: (Litardo Ochoa)

1.4.4 Resultados de los análisis

Mediante los resultados obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se pudo determinar el estado en el cual se encuentra la fuente de agua, con el índice de calidad de agua Wáter Quality Índex (WQI), así como también dichos resultados serán comparados con la Normativa de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes (recurso de agua en el cual se establece los parámetros permisibles para la determinación de la calidad del agua que es apta para el consumo humano y el uso doméstico).

Índice de calidad de agua (WQI):

Con los datos obtenidos mediante el análisis realizado en el laboratorio, estos se introdujeron en la página oficial del organismo de la Wáter Quality Índex Calculator, con la cual se determinó el índice de calidad del agua (WQI), determinando que la muestra tenía un índice de calidad **Buena** con un valor de **77**, así de esta manera se encuentra en el rango de **70 – 90** que según la (WQI) es bueno, como se muestra en la Tabla 1.12.

Tabla 1.12. Resultado del índice de calidad del agua (WQI)

| Muestra | Resultados | Clasificación |
|-------------|------------|---------------|
| La Enramada | 77 | Buena |

Fuente: (WATER QUALITY ÍNDEX CALCULATOR, 2016)

Ver Anexo 5. Estudio de agua.

Ver Anexo 6. Determinación de WQI.

Análisis físicos, químicos y microbiológicos de acuerdo a la Normativa Nacional:

De acuerdo a la Normativa de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: recurso para aguas de consumo humano y uso doméstico, se puede observar que la muestra que fue estudiada **cumple** con los criterios de calidad establecidos, como se muestra en la Tabla 1.13. Las muestras fueron evaluadas de acuerdo a los límites máximos permisibles para el tratamiento de agua convencional, así se puede observar que existe un valor mínimo de coliformes fecales y totales, cumpliendo con lo establecido en la norma, por otro lado tenemos el color real y la turbiedad con unos valores de 20 UC y 17.5 NTU respectivamente, siendo el máximo un valor de 100 en cada uno de los

casos; además que el nivel de PH es de 6.04 indicando que se encuentra en el rango permisible que establece la norma.

Tabla 1.13. Evaluación de los parámetros respecto a la normativa

| LA ENRAMADA | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|
| Parámetros | Resultados | Unidades | Criterio de calidad | Evaluación |
| FÍSICOS | | | | |
| Turbiedad | 17.5 | UNT | 100 | CUMPLE |
| Color real | 20 | UC | 100 | CUMPLE |
| Sólidos totales | 40 | mg/l | 1000 | CUMPLE |
| QUÍMICOS | | | | |
| PH | 6.04 | u. pH | 6-9 | CUMPLE |
| Dureza total | 28.2 | mg/l CaCO ₃ | 500 | CUMPLE |
| Hierro total | 0.14 | mg/l Fe | 1 | CUMPLE |
| Manganeso | 0 | mg/l Mn | 0.1 | CUMPLE |
| Cobre | 0.02 | mg/l Cu | 1 | CUMPLE |
| Fluoruros | 0.16 | mg/l F | 1.5 | CUMPLE |
| Cloruros | 3.2 | mg/l Cl | 250 | CUMPLE |
| Sulfatos | 6.53 | mg/ | 400 | CUMPLE |
| N. Nitritos | 0.00576 | mg/l N-Nitrito | 1 | CUMPLE |
| N. Nitratos | 0.18 | mg/l N-Nitrato | 10 | CUMPLE |
| BIOLÓGICOS | | | | |
| Colif. Totales | 16 | NMP/100ml | 3000 | CUMPLE |
| Colif. Fecales | 4 | NMP/100ml | 600 | CUMPLE |

Fuente: (LABORATORIO DE SANITARIA UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2017)

1.5 Distribución de la población, características socioeconómicas

1.5.1 Población

Mediante el censo poblacional realizado en el año 2010 en el parroquia Pucará se obtuvo como información que posee una población de 8215 habitantes, distribuidos entre las respectivas comunidades que conforman el cantón; donde el mayor porcentaje de habitantes son mujeres con un 51,49% del total de habitantes del cantón, mientras que los hombres poseen el 48.51% restante. (INEC, 2010)

Por otra parte y mediante las encuestas socio-económicas realizadas a los habitantes de la comunidad de La Enramada, se pudo visualizar que 28 personas entre niños y adultos habitan en dicha comunidad; los adultos realizan diferentes actividades como: agricultura, ganadería, jornaleros y obreros de la construcción.

La población de mujeres existentes en la comunidad es mayor a la de hombres como se puede ver en la Figura 1.26.



Figura 1.26. Porcentaje de hombres y mujeres

Fuente: (Litardo Ochoa)

Ver Anexo 7. Tabulación de encuestas socio-económicas.

1.5.1.1 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento de la parroquia Pucará conseguida en el último periodo intercensal (2001 – 2010) es negativo por la cual mediante los rangos de crecimiento poblacional según el INEC en la región sierra es del 1% anual.

Ver Anexo 8. Tasa de crecimiento poblacional

1.5.2 Vivienda

La comunidad de La Enramada presenta un solo tipo de edificación que consta de una sola planta y son edificaciones de tipo vivienda, el 100% de estas viviendas son propias, el material de la vivienda puede variar pero en el mayoría de los casos es una construcción mixta de madera y bahareque como se puede observar en las Figuras 1.27, 1.28, 1.29.



Figura 1.27. Tipo de vivienda

Fuente: (Litardo Ochoa)



Figura 1.28. Número de pisos

Fuente: (Litardo Ochoa)

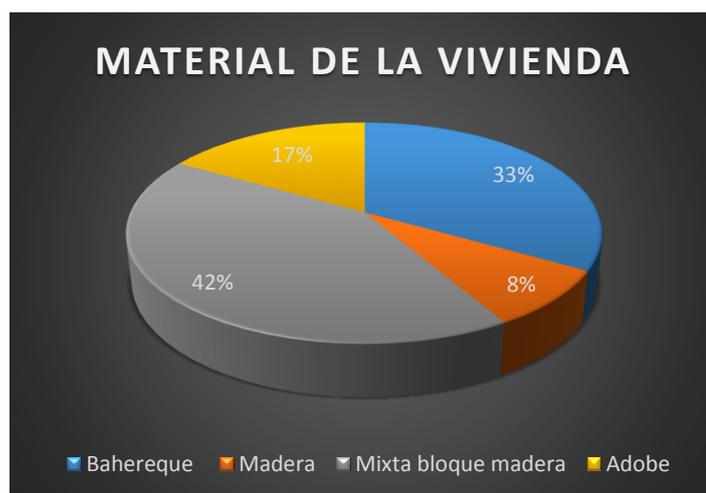


Figura 1.29. Materiales de las viviendas

Fuente: (Litardo Ochoa)

Ver Anexo 7. Tabulación de encuestas socio-económicas.

1.5.3 Servicios e infraestructura existente

1.5.3.1 Abastecimiento de agua potable

En la actualidad la comunidad de La Enramada no consta con infraestructura en cuanto a lo que es referente al servicio de agua potable, por lo tanto, no cuenta con dicho servicio, razón por la cual los habitantes de la comunidad han adaptado tuberías provisionales para poder abastecerse del líquido vital siendo así esta agua de mala calidad debido a que no es tratada y provocando enfermedades en los habitantes.

La encuesta realizada en la población el 100% de está consume agua entubada como se observa en la Figura 1.30.

El GAD municipal mediante la elaboración de este proyecto de dotación de agua potable abastecerá a toda la comunidad y a la población futura que se presentase en los próximos 20 años.



Figura 1.30. Tipo de abastecimiento de agua

Fuente: (Litardo Ochoa)

Ver Anexo 7. Tabulación de encuestas socio-económicas.

1.5.3.2 Energía eléctrica y servicio de telefonía

La empresa eléctrica Centro Sur es la encargada de brindar el servicio de energía eléctrica, en el cantón Pucará si cuentan con el servicio de energía y alumbrado público, la comunidad de La Enramada al encontrarse a una distancia considerable no cuentan con dichos servicios, como se puede observar en la Figura 1.31.

La comunidad no cuenta con servicio de telefonía pública, y en cuanto a lo que es telefonía celular existe señal de Claro en casi toda la comunidad y CNT la señal es limitada; tal y como se muestra en la Figura 1.32.



Figura 1.31. Energía eléctrica en la comunidad

Fuente: (Litardo Ochoa)

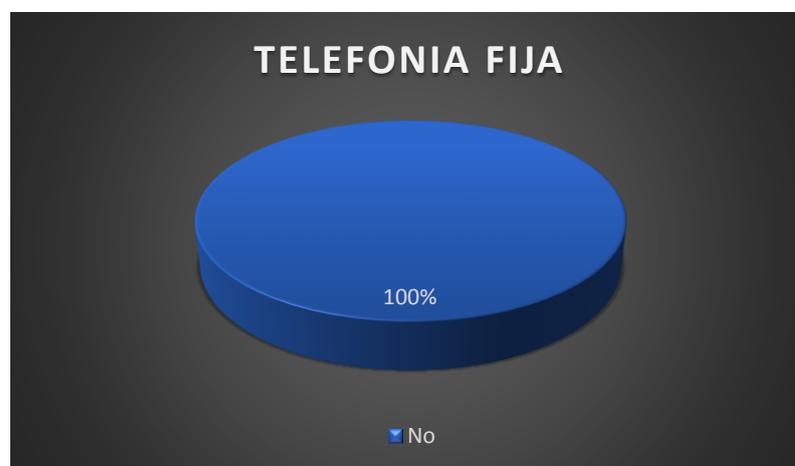


Figura 1.32. Telefonía fija en la comunidad

Fuente: (Litardo Ochoa)

1.5.3.3 Establecimientos educativos y de salud

La comunidad carece de servicios de salud, para abastecerse de este servicio la población se traslada al centro de salud que se encuentra en la cabecera cantonal, el cual brinda servicios de consulta externa, consulta odontológica, hospitalización,

laboratorio clínico, residencia médica, estación de vacunación y farmacia; tal y como se muestra en la Figura 1.33.

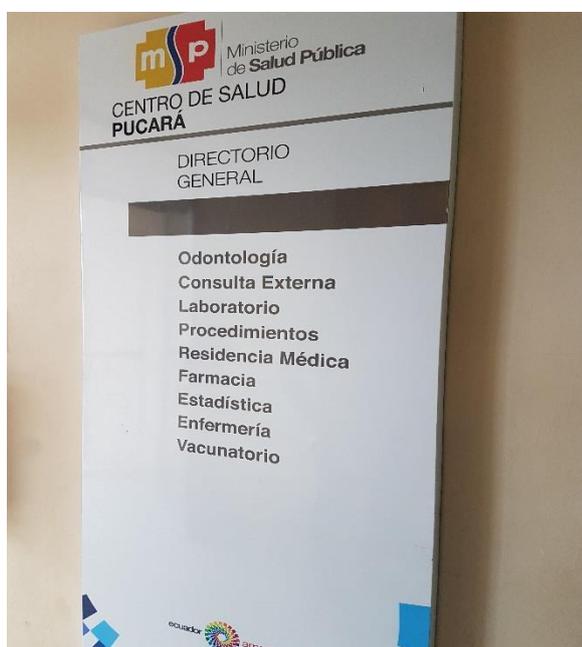


Figura 1.33. Servicios del centro de salud de Pucará

Fuente: (Litardo Ochoa)

La comunidad de La Enramada consta solo con una escuela fiscal “Jaime Roldos Aguilera” que dispone de educación básica, ubicada en el centro de la comunidad, dicha escuela consta de su propia edificación, la escuela es unidocente y cuenta con 10 niños de los cuales son 7 mujeres y 3 hombres.

1.5.3.4 Servicio de transporte

El mayor medio de movilización dentro de la comunidad es a pie, seguido del uso de motos y camionetas, por último la movilización en animales como caballos o burros, cabe recalcar que dentro de la comunidad no existe el servicio de alquiler de camionetas. En relación al transporte público de buses existen dos empresas, la Cooperativa Santa Isabel que tiene un recorrido Cuenca – Pucará está presta su servicio de lunes a domingo y la Cooperativa Pasaje que realiza un recorrido Pasaje – Pucará con un servicio de lunes a sábado.

1.5.3.5 Sistema de riego

El sistema de riego de la comunidad básicamente está constituido por canales de tierra y tuberías que sirven para abastecer a la zona ganadera y agrícola, la población es aquella que ha construido este sistema y por lo tanto la misma comunidad es aquella que realiza mantenimiento y reparaciones si son necesarias.

1.5.3.6 Sistema de recolección de basura

La comunidad de La Enramada al ser muy alejada y a su vez pequeña no poseen de un carro recolector de basura, razón por la cual los habitantes de la comunidad queman la basura que se genera en su hogar, así como se observa en la Figura 1.34.



Figura 1.34. Sistema de recolección de basura

Fuente: (Litardo Ochoa)

Ver Anexo 7. Tabulación de encuestas socio-económicas

1.5.3.7 Vialidad

La comunidad de La Enramada solo posee una vía de acceso la cual es de lastre, la comunidad en cuestión se encuentra a 25.8 km, aproximadamente a una hora de la cabecera cantonal, esto se debe a que la vía no se encuentra en buen estado. En la Figura 1.35 podemos ver la red vial de la comunidad que se comunica con la cabecera cantonal.

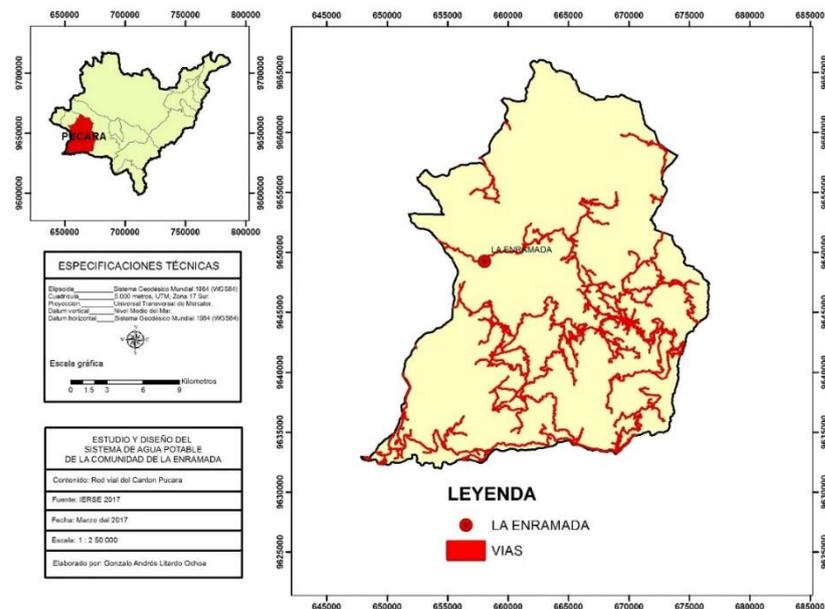


Figura 1.35. Red vial de la comunidad de La Enramada

Fuente: (IERSE, 2017)

Ver Anexo 7. Tabulación de encuestas socio-económicas.

1.5.3.8 Infraestructura sanitaria

La comunidad de La Enramada no posee el servicio de alcantarillado público, razón por la cual el 100% de la población utilizan fosas sépticas para de esta manera eliminar las excretas, tal como se muestra en la Figura 1.36.



Figura 1.36. Disposición de excretas

Fuente: (Litardo Ochoa)

Ver Anexo 7. Tabulación de encuestas socio-económicas.

1.5.4 Características socioeconómicas

1.5.4.1 Oficios y actividades de los habitantes

Mediante el censo de población y vivienda realizado en la comunidad de La Enramada en el año 2010, se pudo determinar que la principal actividad que desempeña la población económicamente activa es la rama de la agricultura y la ganadería dando así un 54.5% del total, este porcentaje se debe a que la comunidad se encuentra en una zona agrícola y al estar alejada de centros comerciales la población se dedica a estas actividades para así poder abastecerse de estos productos, que también son comercializados en la cabecera cantonal, seguido de la actividad de jornalero con un 27.3% siendo los hombres quienes realizan el 100% de esta actividad y como última actividad la de obreros de la construcción con un 18.2%, así como se muestra en la Tabla 1.14 y la Figura 1.37.

Tabla 1.14. Ocupaciones de la población económicamente activa de la comunidad de La Enramada

| OCUPACIÓN | | |
|---------------------------|-----------|----------------|
| Descripción | Número | Porcentaje (%) |
| Agricultura y ganadería | 6 | 54.5 |
| Obrero de la construcción | 2 | 18.2 |
| Jornalero | 3 | 27.3 |
| Total | 11 | 100 |

Fuente: (INEC, 2010)



Figura 1.37. Ocupaciones de los habitantes de la comunidad de La Enramada

Fuente: (Litardo Ochoa)

1.5.4.2 Salud

La parroquia de Pucará dispone de un centro de salud que se encuentra a cargo Ministerio de Salud Pública, este al encontrarse en la cabecera cantonal es el sitio en el cual la gente de las comunidades cercanas asiste, el cual brinda servicios de consulta externa, consulta odontológica, hospitalización, laboratorio clínico, residencia médica, estación de vacunación y farmacia.

1.5.4.3 Educación

La parroquia Pucará cuenta con la Unidad Educativa Pucará, cada una de las comunidades que conforman la cabecera cantonal tienen centros educativos, por ejemplo: la comunidad de La Enramada posee la escuela Jaime Roldos Aguilera la misma que cuenta con una educación básica unidocente, con su propia edificación que acoge a 10 estudiantes, 7 mujeres y 3 hombres.

1.5.5 Encuesta – adquisición del servicio

En las encuestas socioeconómicas realizadas en la comunidad de La Enramada se formuló dos preguntas muy importantes como son:

- * ¿Actitud hacia el proyecto de agua potable?
- * ¿Hasta cuanto pagaría por un buen servicio?

La comunidad al no poseer un sistema de agua potable tiene una actitud positiva hacia el servicio de agua potable ya que es un servicio básico, por la cual el 100% de la población apoya el proyecto.

Los habitantes de la comunidad de La Enramada han manifestado estar de acuerdo en el pago por los servicios de agua potable, los mismos que no tengan valores altos debido a que los habitantes son de escasos recursos económicos.

A continuación en la Figura 1.38 y Figura 1.39 se muestra la aceptación que posee estas dos preguntas importantes.

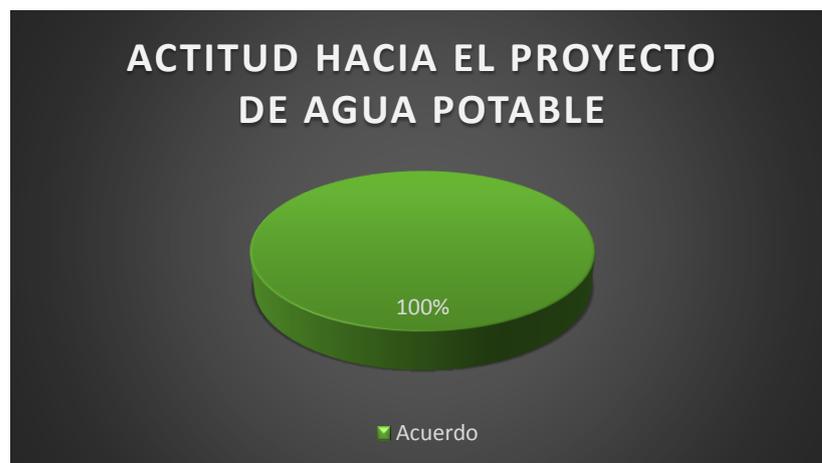


Figura 1.38. ¿Actitud hacia el proyecto de agua potable?

Fuente: (Litardo Ochoa)



Figura 1.39. ¿Hasta cuanto pagaría por un buen servicio?

Fuente: (Litardo Ochoa)

Ver Anexo 7. Tabulación de encuestas socio-económicas.

Ver Anexo 8. Formato de encuesta socio-económica.

Ver Anexo 9. Encuesta socio-económica realizadas a la comunidad de La Enramada.

1.6 Revisión de la normativa a utilizar

De acuerdo con las características físicas, poblacionales y socio-económicas propia de la comunidad de La Enramada se empleó el Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias Norma CO 10.7- 602 sistemas de abastecimiento de

agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural; la guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas de la Organización Panamericana de la Salud en el año 2005 para el diseño de abastecimiento de agua potable.

En la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua analizadas se utilizó la Normativa de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua Anexo IV, criterios de calidad del agua para el consumo humano y uso doméstico. Así como para la obtención del índice de calidad de agua Water Quality Index (WQI) se empleó la página oficial del organismo del Water Quality Index Calculator la cual se basa en la Normativa de la Environmental Protection Agency.

Para la determinación de la cantidad de cloro en el proceso de desinfección del agua se basó en el Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias Norma CO 10.7- 601 sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área urbana.

CAPITULO 2

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1 Parámetros de diseño

Un sistema de agua potable es muy importante y prioritario en la actualidad, debido a que el agua es un líquido vital, razón por la cual es necesario que todas las personas cuente con una agua de calidad y que cumplan los parámetros establecidos en la norma, para que así se pueda mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la comunidad. Para el desarrollo de este sistema de agua potable de la comunidad de La Enramada del Cantón Pucará se regirá en el CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS SANITARIAS, NORMA CO 10.7-602 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL.

2.1.1 Definiciones generales

Periodo de diseño: Tiempo durante el cual la obra cumple su función satisfactoriamente sin necesidad de ampliaciones.

Vida útil: Periodo en el cual la obra o equipo ha cumplido correctamente con la función para el cual ha sido creada y debe ser reemplazada por uno nuevo.

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

Dotación media actual: Cantidad de agua potable, consumida diariamente en promedio por cada habitante, al inicio del periodo de diseño.

Dotación media futura: Cantidad de agua potable, consumida diariamente en promedio por cada habitante, al final del periodo de diseño.

Caudal medio anual: Caudal de agua, incluyendo pérdidas por fugas, consumido en promedio por la comunidad.

Caudal máximo diario: Caudal medio consumido por la población en el día de máximo consumo.

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

Nivel de servicio: Grado de factibilidad y comodidad con el que los usuarios acceden al servicio que les brindan los sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas o residuos líquidos.

Fugas: Cantidad no registrada de agua perdida por escape en el sistema.

Factor de mayoración máximo diario (KMD): Es la relación existente entre el caudal máximo diario y el caudal medio.

Factor de mayoración máximo horario (KMH): Es la relación existente entre el caudal máximo horario y el caudal medio.

2.1.2 Periodo de diseño

De acuerdo a la Norma Co 10.7 602 establece un periodo de 20 años para obras civiles de sistemas de agua potable en zonas rurales. Sin embargo, se puede asumir un periodo de diseño diferente al mencionado siempre y cuando el sistema de agua lo requiera y se justifique su utilización, también se debe considerar que la población futura no debe exceder a 1.25 veces la población existente. Por otra parte los equipos a emplearse en el sistema se diseñan para el periodo de vida útil especificado por los fabricantes.

2.1.3 Población de diseño

La población de diseño que se empleara en el estudio será calculada en función a la población presente determinada mediante las encuestas socio-económicas realizadas a la comunidad de La Enramada.

Para el cálculo de la población futura, se empleara el método geométrico, como se muestra a continuación en la siguiente ecuación (4):

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad (4)$$

En donde:

P_f = Población futura (habitantes).

P_a = Población actual (habitantes).

r = Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal.

n = Periodo de diseño (años).

2.1.4 Tasa de crecimiento

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censo del Ecuador cuenta con una base de datos estadísticos del crecimiento poblacional existente en las provincias, cantones y parroquias, en el caso de no contar con los datos para el área de estudio la Norma Co 10.7 602 establece índices de crecimiento geométrico, como se muestra en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1. Tasa de crecimiento poblacional

| REGION GEOGRAFICA | r% |
|----------------------------|-----|
| Sierra | 1 |
| Costa, Oriente y Galápagos | 1.5 |

Fuente: (MIDUVI)

Ver Anexo 10. Tasa de crecimiento poblacional.

2.1.5 Niveles de servicio

El nivel de servicio que va a tener el proyecto depende directamente de las características de la comunidad, nivel de vida y las actividades laborales predominantes, como se observa en la Tabla 2.2:

Tabla 2.2. Niveles de servicios

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

Fuente: (MIDUVI)

2.1.5 Dotaciones

Teniendo presente el nivel de servicio que se quiere dar y el clima que posee la comunidad se establece las siguientes dotaciones recomendadas, como se muestra en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3. 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: (MIDUVI)

La Dotación es aquella que expresa la cantidad de litros de agua que un habitante consume al día teniendo en cuenta el clima y el nivel de servicio.

2.1.6 Variaciones de consumo

Caudal medio

El caudal medio Q_m nos habla acerca del consumo promedio diario que se encuentra en función del factor de fugas, población proyectada y dotación, su fórmula es (5):

$$Q_m = \frac{f(P*D)}{86400} \quad (5)$$

Donde:

Q_m = Caudal medio (l/s)

f = Factor fugas

P = Población

D = Dotación (l/hab*día)

Caudal máximo diario

El caudal máximo diario Q_{MD} es aquel que expresa el consumo máximo, se obtiene multiplicando el caudal medio por el factor de mayoración de consumo máximo diario K_{MD} , su fórmula es (6):

$$Q_{MD} = K_{MD} * Q_m \quad (6)$$

Donde:

Q_{MD} = Caudal máximo diario (l/s).

K_{MD} = Factor de mayoración máximo diario.

K_{MD} = 1.25 Área rural

K_{MD} = 1.25 Área urbana

Caudal máximo horario

El caudal máximo horario Q_{MH} expresa el consumo máximo horario durante un día, su fórmula es (7):

$$Q_{MH} = K_{MH} * Q_m \quad (7)$$

Donde:

Q_{MH} = Caudal máximo horario (l/s)

KMH= Factor de mayoración máximo horario.

KMH= 3 Área rural

Fugas

El porcentaje de fugas corresponde directamente al nivel de servicio del proyecto, este porcentaje se toma en cuenta debido a las pérdidas que se ocasionan en la red de distribución, como se muestra en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4. 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: (MIDUVI)

Caudal unitario

El caudal unitario expresa el consumo por casa, este se calcula dividiendo el caudal máximo horario para el número de casas del proyecto, cuya fórmula es (8):

$$Q_{unitario} = \frac{Q_{MH}}{N_{casas}} \quad (8)$$

Donde:

Q unitario= Caudal unitario (l/s * casa)

QMH= Caudal máximo horario (l/s)

N casas= Número de casas del proyecto

Resumen de resultados

Los datos y los resultados obtenidos se muestran en las Tablas 2.5 y 2.6 respectivamente.

Tabla 2.5. Datos de parámetros de diseño

| DATOS | |
|-----------------------------|------|
| Pa (hab.) | 28 |
| Numero de casas | 10 |
| r (%) | 1 |
| n (años) | 20 |
| Nivel de servicio | IIb |
| Dotación (l/hab*día) | 75 |
| f (%) | 20 |
| KMD | 1.25 |
| KMH | 3 |

Fuente: (Litardo Ochoa)

Tabla 2.6. Resultados de los parámetros de diseño

| RESULTADOS | |
|-------------------------------|-------|
| Pf (hab) | 35 |
| Qm (l/s) | 0.04 |
| QMD (l/s) | 0.05 |
| QMH (l/s) | 0.12 |
| Q unitario (l/s *casa) | 0.012 |

Fuente: (Litardo Ochoa)

Ver Anexo 11. Memoria de cálculo.

2.1.7 Parámetros de diseño para la captación

La Norma Co 10.7 602 establece que la capacidad mínima de la estructura de captación sea aquella que permita dar al sistema de agua potable un caudal equivalente a 1.2 veces el caudal máximo diario al final de su periodo de diseño.

Mediante la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la fuente se determinó que las características de agua cumplen con los criterios de calidad para el consumo humano y uso doméstico, se valoró la capacidad del tanque en la vertiente, por un tiempo de recolección de 5 minutos, además en la captación de la vertiente se propone un dique pequeño de hormigón con tubería de perforada.

Volumen requerido del tanque de captación

Para el cálculo del volumen requerido para el tanque de captación se empleara la siguiente ecuación (9):

$$Vr = Q * t \quad (9)$$

Donde:

Vr = Volumen requerido del tanque de captación (m^3)

Q = Caudal (m^3/s)

t = Tiempo de retención (s)

t = 5 min

Volumen del tanque de captación real

Para el cálculo del volumen del tanque de captación real se empleara la siguiente ecuación (10):

$$V = A * h \quad (10)$$

Donde:

* V = Volumen del tanque de captación real (m^3)

* A = Área del fondo (m^2)

* h = Altura desde el fondo del tanque hasta el tubo de desagüe (m)

Comprobación

La comprobación se realizara por medio de la siguiente ecuación (11):

$$V > Vr \quad (11)$$

Donde:

V = Volumen del tanque de captación real (m^3)

Vr = Volumen requerido del tanque de captación

Caudal del orificio

Para el cálculo del caudal del orificio se empleara la siguiente ecuación (12):

$$q_o = V_o * A_o \quad (12)$$

Donde:

q_o = Caudal del orificio (m^3/s)

V_o = Velocidad del orificio (m/s)

$V_o \leq 1m/s$

A_o = Área del orificio (m^2)

Número de orificios

Para el cálculo del número de orificios se empleara la siguiente ecuación (13):

$$N_o = \frac{Q}{q_o} \quad (13)$$

Donde:

N_o = Numero de orificios

Q = Caudal de diseño (m^3/s)

q_o = Caudal de un orificio (m^3/s)

Área de la tubería principal

Para el cálculo del área de la tubería principal se empleara la siguiente ecuación (14):

$$\frac{A_o}{A_p} = (0.3 - 0.5) \quad (14)$$

Donde:

A_o = Área de los orificios

A_p = Área de la tubería principal

2.1.8 Parámetros de la línea de conducción

Por medio de las condiciones topográficas propias de la comunidad se permite la realización de la línea de conducción a gravedad para la cual se utilizó la Norma Co 10.7 602 Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural.

Los parámetros fundamentales que se toman en cuenta en el diseño de la línea son:

Caudal, cotas, presión, pérdidas unitarias, velocidad, diámetros, tipo de material y longitudes.

Caudal de diseño:

Cuando la conducción no requiera de bombeo, por lo tanto, el caudal de diseño será 1.1 veces el caudal máximo diario y será calculado al final del periodo de diseño.

Perdidas unitarias:

Son aquellas pérdidas de presión considerables que se producen por la fricción de un fluido entre si y en contacto con las paredes de la tubería, por lo que se determina el valor de las pérdidas unitarias con el fin de garantizar que el agua llegue a su destino en óptimas condiciones.

Formula de Hazen – Williams:

La ecuación o la fórmula de Hazen-Williams (15) permite determinar las pérdidas de un fluido que circula por una tubería que trabaja a presión, es decir es un conducto cerrado en temperaturas ordinarias (5 °C – 25 °C) tomando en cuenta el diámetro de la tubería, caudal de circulación, rugosidad del material y la longitud del tramo analizado.

$$hf = \frac{10.667 L}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \quad (15)$$

Donde:

hf= Pérdida por fricción (m).

D= Diámetro de la tubería (m).

L= Longitud de la tubería (m).

Q= Caudal (m³/s).

C= Valor de la rugosidad.

C= 140 para tuberías de PVC.

Ecuación de Bernoulli:

La ecuación de Bernoulli (16) muestra el comportamiento que tiene un fluido en movimiento a lo largo de un conducto cerrado, manteniendo su energía constante.

$$Z1 + \frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} = Z2 + \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + hf \quad (16)$$

Donde:

Z= Cota del punto de evaluación (m).

P= Presión (kg/m²).

γ = Peso específico del fluido

γ = 1000 (kg/m³).

g= Gravedad (9.81 m/s²).

hf= Perdida de carga que existe de un punto a otro (m).

Velocidad

La velocidad de circulación de un fluido es un factor muy importante debido a que si no se tiene un control sobre la velocidad que lleva el fluido este puede ocasionar daños a la tubería por lo que es necesario calcular la velocidad y la haremos por medio de la fórmula de Manning (17):

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (17)$$

Donde:

V= Velocidad (m/s).

R= Radio hidráulico.

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

D= Diámetro útil de la tubería.

S= Perdida de carga de la línea de alturas piezométricas (perdida de carga por unidad de longitud del conducto m/m).

$$S = \frac{hf}{L}$$

hf= Perdida por fricción (m).

L= Longitud de la tubería (m).

n= Coeficiente de rugosidad de Manning.

Las velocidades máximas permisibles van a depender del tipo de tubería que se tenga, como se muestra en la Tabla 2.7:

Tabla 2.7. Velocidades máximas recomendadas para el escurrimiento del agua en los distintos tipos de tuberías y coeficientes de rugosidad correspondientes

| Tubería | Velocidades máximas permisibles (m/s) | n Coeficiente de rugosidad de Manning |
|---|--|--|
| Concreto simple hasta 0.45m de diámetro | 3,00 | 0,011 |
| Concreto reforzado de 0.60m de diámetro o mayor | 3,50 | 0,011 |
| Fibro-cemento | 5,00 | 0,010 |
| Acero galvanizado | 5,00 | 0,014 |
| Acero sin revestimiento | 5,00 | 0,014 |
| Acero con revestimiento | 5,00 | 0,011 |
| Poliétileno de alta densidad | 5,00 | 0,009 |
| PVC (policloruro de vinilo) | 5,00 | 0,009 |

Fuente: (VALDEZ, 1993)

2.1.9 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:

- * La capacidad de la planta de potabilización será de 1.1 veces del caudal máximo diario correspondiente al final del periodo de diseño.
- * En cualquier tipo de agua se considerara la desinfección como tratamiento mínimo.

2.1.9.1 Tratamiento a emplear

Para la determinación del tipo de tratamiento a emplearse se debe analizar la calidad de la fuente basándose principalmente en los parámetros de turbiedad, color real y coliformes fecales.

2.1.9.1.1 Alternativas de tratamiento de filtración en múltiples etapas (FiME)

El mínimo tratamiento que se recomienda en la Organización Panamericana de la Salud consiste en un tratamiento con un filtro grueso dinámico y un filtro lento de arena; como se observa en la Figura 2.1. También un punto muy importante a considerar en el tipo de tratamiento son los parámetros de calidad del agua, eficiencia del proceso y primordialmente los costos del proyecto.

| | Turbiedad (UNT) | < 10 | 10-20 | 20-50 | 50-70 (*) |
|---------------------------------|----------------------|------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Color Real (UC) | < 20 | 20-30 | 30-40 | 30-40 (*) |
| Coliformes Fecales (UFC/100 ml) | | | | | |
| < 500 | Sin FGA | | FGAC _{0,6} | FGAC _{0,45} | FGAS _{3,0,3} |
| 500 - 10000 | FGAC _{0,6} | | FGAC _{0,6} | FGAC _{0,45} | FGAS _{3,0,3} |
| 10000 - 20000 (*) | FGAC _{0,45} | | FGAC _{0,45} | FGAC _{0,45} | FGAS _{3,0,3} |

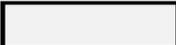
Figura 2.1. Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME (todas las opciones incluyen FGDI 2.0 y FLA 0.15)

Fuentes: (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2005)

(*) Para valores superiores a 70 UNT; 20000 UFC/100 ml o 40 UC, se recomienda realizar estudio en planta piloto.

(El subíndice indica la velocidad de filtración recomendada en m/h)

Clasificación de fuentes según el rango de calidad:

| | |
|---|-------|
|  | Bajo |
|  | Medio |
|  | Alto |

FGDI – FILTRO GRUESO DINAMICO

FGAC – FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN CAPAS

FGAS3 – FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN SERIE (3 ETAPAS)

FGH3 – FILTRO GRUESO HORIZONTAL (3 ETAPAS)

FLA – FILTRO LENTO ARENA

Fuentes: (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2005)

Para la selección de opciones de FiME existen rangos de calidad de agua en fuentes superficiales, como se muestra en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para guiar a la selección de opciones de FIME

| RANGO | NIVEL DE PROMEDIO |
|-------------------|--|
| Bajo | Turbiedad < 10 UNT Coliformes fecales < 500 UFC/100 ml Color real < 20 UPC |
| Intermedio | Turbiedad 10 - 20 UNT Coliformes fecales 500 - 10000 UFC/100 ml Color real 20 - 30 UPC |
| Alto | Turbiedad 20 - 70 UNT Coliformes fecales 10000 - 20000 UFC/100 ml Color real 30 - 40 UPC |

Fuente: (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2005)

2.1.9.1.2 Alternativas de tratamiento según la Norma Ecuatoriana

La Norma Co 10.7 601 sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área urbana, posee cinco clasificaciones de aguas naturales según las características de las fuentes, la cuales son:

- * Tipo A: Aguas subterráneas libres de contaminación, y que satisface a las normas de calidad de agua potable.
- * Tipo B: Aguas superficiales provenientes de cuencas protegidas, en características físicas y químicas que satisfacen las normas de calidad para agua potable, y con un NMP medio mensual máximo de 50.
- * Tipo C: Aguas subterráneas o superficiales provenientes de cuencas no protegidas, que pueden encuadrarse dentro de las normas de calidad para agua potable mediante un proceso que no exija coagulación.
- * Tipo D: Aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas, y cuyas características exigen coagulación y los procesos necesarios para cumplir con las normas de calidad para agua potable.
- * Tipo E: Aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas sujetas a contaminación industrial, y que por tanto exigen métodos especiales de tratamiento para cumplir con las normas para agua potable.

También se muestra la preselección de algunas alternativas de tratamiento en función a los tipos de aguas que anteriormente se mencionaron y de las normas de calidad de agua potable, algunas guías para este proceso de preselección son:

- * Todas las aguas deberán ser desinfectadas antes de su distribución.
- * Las aguas Tipo C podrá requerir además pre tratamiento, sedimentación simple y/o filtración lenta, según los siguientes criterios que se muestra en la Tabla 2.9:

Tabla 2.9. Tratamiento probable

| Características de agua | Tratamiento probable |
|---|---|
| Turbiedad media < 10 UNT NMP < 1000 col/100ml | Filtración lenta |
| Turbiedad media < 50 UNT NMP < 1000 col/100ml | Filtración lenta con pre tratamiento |
| Turbiedad media < 150 UNT NMP < 5000 col/100ml | Filtración lenta con sedimentación simple y pre tratamiento |

Fuente: (MIDUVI)

2.1.9.2 Factores de la selección del proceso de tratamiento

La elección de un proceso de tratamiento de agua es una labor muy compleja debido a que se presentan circunstancias que suelen ser distintas para cada tipo de instalación de agua y tal vez sean distintas para cada fuente usada por una instalación. La selección de uno o más procesos a utilizar en una determinada situación se ve influenciado por la necesidad de cumplir con los objetivos de calidad reglamentarios, tanto en la instalación como en sus clientes se da el deseo de cumplir con los objetivos de calidad de agua y proporcionar el servicio de agua al más bajo costo y que sea razonable. En cuanto en las decisiones de los procesos de tratamiento de agua se debería incluir factores como: (GARCÍA BRAGE, 2002)

- * Calidad de la fuente original del agua.
- * Compatibilidad ambiental.
- * Condiciones existentes.
- * Capacidades de la instalación.
- * Calidad del sistema de distribución de agua.

- * Renovación de contaminantes.
- * Flexibilidad del proceso.
- * Fiabilidad.
- * Costos.
- * Realización del proceso a escala.

2.1.9.2.1 Remoción de contaminantes

Uno de los principales propósitos para el tratamiento de una fuente de agua es la remoción de contaminantes, principalmente las aguas de superficie. Cuando los consumidores de la instalación de agua y la gerencia de la instalación pongan un énfasis fuerte en la excelente calidad del agua, los máximos niveles de contaminantes de las regulaciones o normativas del agua potable pueden contemplarse como un nivel superior de los contaminantes de agua que raramente o nunca debería acercarse como una guía o línea de guía de calidad tratadas. Varias instalaciones de agua toman la decisión de producir el agua que es de mucha mejor calidad que el agua que tan solo cumple con las regulaciones. Estas instalaciones que producen agua pueden utilizar tratamientos para obtener un agua de calidad y que cumpla con la normativa, pero estos procesos trabajan con una mayor efectividad; así como también se pueden buscar tratamientos adicionales que permita alcanzar una elevada calidad de agua. (GARCÍA BRAGE, 2002)

2.1.9.2.2 Calidad del agua original

Es muy importante realizar una comparación de la calidad de las fuentes de agua con la calidad de un agua tratada, para así poder realizar la elección del proceso de tratamiento adecuado. Conociendo los cambios que deben alcanzarse en la calidad del agua, el ingeniero puede identificar uno o más procesos de tratamientos que podrían ser capaces de conseguir una mejora o un incremento de la calidad del agua. Conocer la fuente u origen del agua bruta es de vital importancia para así poder determinar la naturaleza de los posibles problemas de calidad que se pueden presentar y así como también elaborar un programa de monitorización para definir la calidad del agua. Para aguas de superficie, la información acerca de la fuente puede ayudar a revelar agentes contaminantes, ya sea de origen natural o producidos por el hombre; así como también puede ser útil conocer la calidad de agua que se posee aguas arriba, aguas abajo y el

acuífero específico del agua, especialmente si otras instalaciones de agua próximas están utilizando el mismo acuífero. (GARCÍA BRAGE, 2002)

La capacidad de una planta de agua para dotar de agua consistente tratada y de calidad que cumpla con los requisitos regulatorios y los objetivos de agua de la instalación, está fuertemente acrecentada cuando el rango de claridad del agua origen está siempre dentro del rango de calidad que la planta puede tratar con éxito. (GARCÍA BRAGE, 2002)

2.1.9.2.3 Fiabilidad

La fiabilidad de un proceso es una consideración importante ya que en algunos de los casos puede ser un aspecto clave al decidir qué proceso seleccionar. La desinfección del agua de superficie es obligatoria, por esto es un proceso de tratamiento que podría ser esencialmente seguro y a prueba de fallos. La única acción que es aceptable a tomar para un fallo de desinfección que se presente en una planta de tratamiento es " hervir el agua ", de esta manera los usuarios no beberán agua superficial no desinfectada, esta medida se tomara solo hasta que se solucione el problema y se proporcione una desinfección adecuada. (GARCÍA BRAGE, 2002)

La fiabilidad del proceso es un factor muy importante para evaluar alternativas a los sistemas de desinfección así como también a otros sistemas cuyos fallos pueden tener consecuencias inmediatas para la salud pública. (GARCÍA BRAGE, 2002)

2.1.9.2.4 Condiciones existentes

Los condicionamientos locales pueden ser de vital importancia al momento de la selección del proceso, de manera especial en el pre tratamiento cuando existen disponibles varias alternativas a los procesos de clarificación, algunos de los cuales solo necesitan una pequeña fracción del espacio necesario para darle un tratamiento de sedimentación convencional. Las restricciones hidráulicas suelen ser de gran importancia cuando se efectúan las plantas con ozono o absorción con carbono granular (GAC). La extra columna o también conocida como extra presión es necesaria para algunos procesos de tratamiento, ya que puede surgir la necesidad de aumentar el bombeo in situ para de esta manera adaptarse a las necesidades hidráulicas del proceso, debido a que esto incrementa las mejoras al coste total de la planta, y en algunos de

los casos consigue como resultado un proceso diferente al que está siendo seleccionado. (GARCÍA BRAGE, 2002)

La filtración a presión puede ser seleccionada como un tratamiento de aguas subterráneas, después de la oxidación para la eliminación de hierro o manganeso. En esta situación, el uso de la filtración por gravedad implicaría romper la columna y bombear después de la filtración, mientras que con los filtros de presión debe ser posible bombear directamente desde el pozo a través de los filtros de almacenamiento. (GARCÍA BRAGE, 2002)

2.1.9.2.5 Flexibilidad de proceso

Los ingenieros deben tener presente que existen factores naturales y humanos que inciden sobre la calidad del agua, así como también los medios para controlar, reducir o eliminar aquellos impactos donde sea posible. Los riesgos de calidad que se presenta para los abastecedores que proporcionan y utilizan agua superficial, son la turbidez, eutrofización y contaminación provenientes de microbios, pesticidas y precursores de trihaometano. (GARCÍA BRAGE, 2002)

2.1.9.3 Filtro lento de arena (FLA)

El tratamiento de agua realizado por medio de un filtro lento de arena (FLA) es el resultado de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, los cuales interactúan de manera compleja para así poder mejorar la calidad microbiológica del agua. Este tratamiento consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que llega a ser el soporte de la arena, a cual a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolecta el agua filtrada. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada y que preferiblemente esta es controlada al ingreso del tanque. (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2005)

Caudal de diseño

Para el cálculo del caudal de diseño se empleara la siguiente ecuación (18):

$$Qd = 1.1 QMD \quad (18)$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (m^3/s)

Q_{MD} = Caudal máximo diario (m^3/s)

Caudal filtrante en un filtro

Para el cálculo del caudal filtrante en un filtro empleara la siguiente ecuación (19):

$$Q_f = \frac{Q_d}{N} \quad (19)$$

Donde:

Q_f = Caudal filtrante en un filtro (m^3/s)

Q_d = Caudal de diseño (m^3/s)

N = Número de filtros

$N = 2$ mínimo

Área de filtración

Para el cálculo del área de filtración se empleara la siguiente ecuación (20):

$$A = \frac{Q_f}{CH} \quad (20)$$

Donde:

A = Área de filtración (m^2)

Q_f = Caudal filtrante en un filtro (m^3/s)

CH = Carga Hidráulica (m/d)

$CH = 2 - 5$ m/d

Velocidad máxima del filtro

Para el cálculo de la velocidad máximo del filtro se empleara la siguiente ecuación (21):

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{Q_f}{A_f} \quad (21)$$

Donde:

$V_{m\acute{a}x}$ = Velocidad máxima de filtración (m/s)

Q_f = Caudal filtrante en un filtro (m^3/s)

$A_f = \text{Área del filtro (m}^2\text{)}$

Caudal del orificio

Para el cálculo del caudal del orificio se empleara la siguiente ecuación (22):

$$q_o = V_o * A_o \quad (22)$$

Donde:

$q_o = \text{Caudal del orificio (m}^3\text{/s)}$

$V_o = \text{Velocidad del orificio (m/s)}$

$A_o = \text{Área del orificio (m}^2\text{)}$

Número de orificios

Para el cálculo del número de orificios se empleara la siguiente ecuación (23):

$$N \text{ orificios} = \frac{Q_f}{q_o} \quad (23)$$

Donde:

$N \text{ orificios} = \text{Número de orificios}$

$Q_f = \text{Caudal filtrante de un filtro (m}^3\text{/s)}$

$q_o = \text{Caudal de un orificio (m}^3\text{/s)}$

Relación A_o/A_{lat}

Para el cálculo de la relación existente entre el área del orificio y el área de la tubería se empleara la siguiente ecuación (24):

$$(0.3 - 0.5) = \frac{\# A_o}{A_{lat}} \quad (24)$$

Donde:

$A_o = \text{Área de un orificio (m}^2\text{)}$

$\# = \text{Número de orificios en una lateral}$

$A_{lat} = \text{Área de una tubería lateral (m}^2\text{)}$

Relación A lat/ A prin

Para el cálculo de la relación existente entre el área lateral de la tubería y el área de la tubería principal se empleara la siguiente ecuación (25):

$$(0.3 - 0.7) = \frac{A_{lat}}{A_{prin}} \quad (25)$$

Donde:

- A lat = Área de un tubería lateral (m²)
- A prin = Área de la tubería principal (m²)

Perdidas de lecho durante el filtrado

Para el cálculo del número de orificios se empleara la siguiente ecuación (26):

$$hf = \frac{1.067 * cd * L * V^2}{e^4 * d * g} \quad (26)$$

Donde:

hf = Pérdida (m)

d = Diámetro medio de la arena (m)

d = 0.225 mm

L = Altura del lecho filtrante (m)

V = Velocidad máxima del filtro (m/s)

e = Porosidad

cd = Coeficiente de arrastre (27)

$$cd = \frac{24}{Re} \quad Si \quad Re < 1 \quad (27)$$

$$cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad Si \quad 1 \leq Re \leq 3200$$

$$cd = 0.34 \quad Si \quad Re > 3200$$

Re = Número de Reynolds (28)

$$Re = \frac{V_{max} * d}{\nu} \quad (28)$$

ν = Viscosidad cinemática (1.31x10⁻⁶ m³/s a una temperatura de 10°)

Pérdidas en tuberías

Para el cálculo de las pérdidas en las tuberías se empleara la siguiente ecuación (29):

$$hf = \frac{10.667 * L}{D^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \quad (29)$$

Donde:

hf = Perdida en tubería (m)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro de la tubería principal (m)

Q = Caudal de un filtro (m³/s)

C = Coeficiente de rugosidad

C = 140 tubería de PVC

Pérdidas en los orificios

Para el cálculo del número de orificios se empleara la siguiente ecuación (30):

$$hf = \frac{1}{2g} * \left(\frac{V}{\alpha * \beta}\right)^2 \quad (30)$$

Donde:

V = Velocidad del filtro (m/s)

α = Coeficiente de orificio

$\alpha = 0.61$

$$\beta = \frac{\# Ao}{Af}$$

Ao = Área del orificio (m²)

Af = Área del filtro (m²)

Pérdidas en los accesorios

Para el cálculo de las pérdidas en los accesorios se empleara la siguiente ecuación (31):

$$hf = \sum k * \frac{v^2}{2g} \quad (31)$$

Donde:

k = Sumatoria de accesorios

$k = 1.5$

v = Velocidad en la tubería principal (m/s)

g = Gravedad (m^2/s)

2.1.9.4 Cloración

El agua la cual va a ser destinada para el consumo humano y para el uso domiciliario, como mínimo esta requiere de un proceso de desinfección según la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua del Ecuador, además la Norma Co 10.7 – 601 Sistemas de abastecimientos de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área urbana establece que todas las aguas con fines de consumo deberán ser desinfectadas antes de su distribución, además presenta un tabla de concentración en donde se indica la cantidad de cloro en función a la concentración de PH que posee el agua a tratarse, como se muestra en la Tabla 2.10.

El agua proveniente de la caja de aguas claras, que anteriormente paso por los filtros lentos de arena serán sometidas al proceso de desinfección en la caseta de cloración y a continuación esta agua será almacenada en el tanque de reserva para la respectiva distribución a las comunidades.

El cloro que es utilizado para el proceso de desinfección es fabricado por la junta de agua potable la cual se encargara de la dosificación de acuerdo a lo establecido por el fabricante del cloro, en el cual formula que un 1Kg de sal se disuelve en 14.2 litros de agua potable y posteriormente a la colocación en la maquina cloradora, dicho proceso de fabricación para la obtención de cloro dura aproximadamente 24 horas.

De acuerdo al análisis de agua realizado en la fuente se obtuvo un rango de PH de 6.2 a 7.1, en cual se obtuvo un promedio de 6.6 PH, basándose en la tabla se puede ver que la concentración de cloro es de 1 mg/l con un tiempo de contacto de 60 minutos.

Tabla 2.10. Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz de agua

| MÍNIMAS CONCENTRACIONES RESIDUALES DE CLORO REQUERIDAS PARA UNA DESINFECCIÓN EFICAZ DEL AGUA | | |
|--|---|---|
| PH del agua | Cloro libre residual mg/l, tiempo mínimo de contacto 10 minutos | Cloro residual combinado mg/l, 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 | 0.5 | No se recomienda |
| más de 10 | 0.8 (con mayor periodo de contacto) | No se recomienda |

Fuente: (MIDUVI)

2.1.10 Parámetros de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento o más conocidos como tanques de reserva desempeñan la función una función importante como es el almacenar agua tratada para posteriormente ser distribuida por medio de la red, en la Norma CO 10.7 – 602 establece que la capacidad de almacenamiento en la red de distribución será del 50% del volumen medio diario futuro, así como el volumen mínimo de almacenamiento es de 10 m³.

Volumen de almacenamiento

Para el cálculo del volumen de almacenamiento se empleara la siguiente ecuación (32):

$$V = 0.5 Vm \quad (32)$$

Donde:

V = Volumen de almacenamiento (m³)

Vm = Volumen medio diario (m³) (33)

$$Vm = QMD * t \quad (33)$$

QMD = Caudal máximo diario (m³/s)

t = Tiempo de almacenamiento (s)

t = 1 día

2.1.11 Parámetros de la red de distribución

La Norma Co 10.7 – 602 para obras civiles de sistemas de agua potable en zonas rurales, indica que para cualquier nivel de servicio la red de distribución debe ser diseñada para el caudal máximo horario y que la red podrá estar conformada por ramales abiertos, mallas o un sistema combinado entre ellas. Así también el tipo de red que se va a seleccionar debe disponer de válvulas que permitan independizar sectores para su correcto mantenimiento y operación, sin verse en la necesidad de suspender el servicio en toda la localidad.

La Norma también señala parámetros de presiones:

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

Red ramificada

El sistema ramificado consiste en una tubería principal o una arteria maestra, de la cual se derivan arterias secundarias, que a su vez parten a otras de tercer o cuarto orden, cada vez menores y de forma análoga a los nervios de una hoja. Este tipo de red recibe el agua por un solo camino que es la arteria principal y conforme el agua va pasando por sus ramificaciones va perdiendo velocidad, así como también las ramificaciones van a tener diámetros de tubería menores.

Este tipo de red no es muy recomendable debido a que cada vez se va perdiendo velocidad y se presentan estancamientos, que a su vez pueden alterar la calidad del agua debido a que los sedimentos que se generan pueden ser arrastrados. Además el momento en que se genera un daño o taponamiento el sistema aguas debajo de dicho daño quedara sin servicio hasta que el daño sea solucionado. En el diseño de este sistema se debe incluir llaves de desagüe, para de esta manera realizar limpiezas frecuentes o instalar fuentes para mantener una circulación continua en la conducción terminal.

Esta red es recomendable o muy común en zonas rurales con población pequeña y grandes distancias entre las casas o con un desarrollo poblacional casi lineal.

Red mallada

En este sistema los ramales se unen formando una malla o retículos, el agua puede llegar a un punto determinado por varios caminos. Uno de los principales problemas es la indeterminación del sentido que el agua posee, pero la ventaja que este sistema tiene es que en el momento en el que se genere un daño en la tubería el resto del sistema funciona con normalidad, debido a que el tramo dañado puede ser aislado por medio de válvulas, emplazadas de modo que formen pequeños polígonos cerrados independientes.

2.2 Análisis de alternativas de tratamiento

Luego de que la fuente de agua ha sido analizada, se concluye que el proceso de tratamiento a seguir según el tratamiento FiME es un filtro grueso dinámico, un filtro lento de arena y un proceso de desinfección. Cumple también con los criterios de límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente lo que necesitan es de un tratamiento convencional y desinfección por lo cual se optó por la evaluación de los filtros de arena, ya que la planta de tratamiento cuenta con 2 filtros lentos de arena.

2.3 Sectorización de la red de distribución

La red de distribución de la comunidad de La Enramada surge desde la planta de tratamiento y está constituido por una red ramificada, por lo que se divide en dos sectores, el primero que se denomina la vía de acceso a la comunidad y la segunda que es la comunidad, cada una de ellas esta subdividida por áreas de aporte, topografía, ubicación y distancias a la tuberías.

Ver Anexo 12. Áreas de aporte.

2.4 Análisis de alternativas de materiales y accesorios a utilizar

En la actualidad al momento de realizar diferentes proyectos de agua potable se muestran diversos tipos de materiales de tuberías, válvulas, accesorios, etc. Al tener una variedad de materiales es necesario utilizar elementos que sean apropiados para el

proyecto, ya que cada proyecto posee de características propias como la topografía, caudales, condiciones climáticas, ubicación, población, entre otros.

2.4.1 Criterios de selección

Al momento de elegir los materiales, la calidad juega un papel fundamental en el proyecto, ya que interviene de manera directa en el presupuesto, diseño, en la operación y mantenimiento del sistema, entre otros. Un punto muy importante a tomar en cuenta es que la comunidad no posee los materiales de construcción, por lo cual se ven en la necesidad de trasladarse a diferentes lugares para la obtención de los mismos.

Todo material de construcción tiene una finalidad y por ello poseen características que los relacionan a distintas condiciones de instalación.

Condiciones de servicio

- * Debido a problemas de corrosión en tuberías, válvulas de aire, purga y tanques rompe presiones anteriores, se debe considerar el análisis de estos parámetros.
- * Como la tubería trabaja a presión se debe considerar la presión que va a resistir este elemento.
- * Considerar la capacidad soportante del suelo en la planta de tratamiento ya que este se encuentra sometido a cargas considerables.

Aplicabilidad

- * Es necesario un control adecuado en la instalación de las tuberías y de los accesorios, para que de esta manera se garantice una correcta unión entre ellos, evitando de esta manera la presencia de fugas.

Propiedades de la tubería

- * El diámetro de la tubería tiene que ser directamente proporcional a la capacidad de circulación del fluido.
- * Considerar el tipo de material adecuado para el diseño hidráulico a emplearse, debido a la fricción que existe entre el fluido y la pared de la tubería.
- * Al momento de emplazar una tubería en el terreno, debido a las pendientes que varían en el sitio, la flexibilidad de la tubería juega un papel crucial.

Costos

- Es importante considerar el costo de instalación o colocación de las tuberías y accesorios, ya que su precio varía dependiendo el tipo de material y la calidad del material.
- El costo de los materiales influyen en el análisis económico del proyecto.
- El periodo de vida útil real de los materiales dependerá de la operación y el mantenimiento que se realicen a los mismos.

2.4.2 Ventajas y desventajas de los materiales

Al momento de la elección de los materiales a emplearse en un sistema de agua potable para una correcta selección, que esté acorde al proyecto se debe considerar las ventajas y las desventajas que presenta cada material, como se muestra en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Ventajas y desventajas de los materiales

| Tipo de tubería | Ventajas | Desventajas |
|----------------------|--|--|
| Hierro dúctil | Tensión de fluencia = 42.000 PSI. | El costo es alto. |
| | Módulo de elasticidad E = 166xE6 PSI. | No se puede soldar fácilmente. |
| | Elongación hasta de un 10% | Pueden requerir protección catódica. |
| | Se tiene variedad de diámetros y accesorios. | Requiere de envolturas en suelos corrosivos. |
| | Se tiene variedad de espesores. | - |
| | Tiene buena resistencia a golpe de ariete. | - |
| | Tiene gran resistencia a cargas externas. | - |

| | | |
|--------------|--|--|
| Acero | Tensión de fluencia entre 30.000 - 60.000 PSI. | Tiene poca resistencia a la corrosión. |
| | Módulo de elasticidad $E = 207 \times 10^6$ PSI. | Los costos son elevados en diámetros pequeños. |
| | Elongación entre 17 - 35 % | Protección catódica o envolturas en suelos corrosivos. |
| | Presión de trabajo hasta 2500 PSI. | - |
| | Se tiene variedad de diámetros y accesorios. | - |
| | Se tiene variedad de espesores. | - |
| | Excelente resistencia a golpe de ariete. | - |
| | Gran resistencia a cargas externas. | - |
| | Los accesorios se fabrican fácilmente. | - |
| PVC | Esfuerzos de tensión acorde al diseño. | Presiones máximas de 350 PSI. |
| | Módulo de elasticidad $E = 4 \times 10^5$ PSI. | Pueden existir sobrepresiones. |
| | Bajo peso, durable, rugosidades bajas. | Limitada resistencia a cargas cíclicas. |
| | No existen problemas de corrosión. | Problemas con exposición a la atmosfera. |
| | 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 acorde al diseño. | Presiones máximas de 250 PSI. |
| | Módulo de elasticidad $E = 8.96 \times 10^5$ PSI. | Producto relativamente nuevo. |
| | Bajo peso, durable, rugosidades bajas. | Pueden existir sobrepresiones. |
| | No existen problemas de corrosión. | Limitada resistencia a cargas cíclicas. |
| | Pueden acoplarse accesorios de HF. | Problemas con exposición a la atmosfera. |
| | Diámetros en el mercado nacional hasta 225 mm. | Las juntas por termo fusión requieren personal calificado. |
| | Costo relativamente bajo pero más alto que PVC. | - |
| Concreto reforzado | Se adaptan a diferentes condiciones. | Pueden sufrir ataques químicos. |
| | Gran resistencia a cargas por rellenos. | Sobrepresiones, pueden causar serios daños a la tubería. |
| | Gran variedad de diámetros. | Presiones máximas de 200 PSI. |

Fuente: (ETAPA-EP, 2017)

2.4.3 Selección de material de tuberías y accesorios

Con el análisis de los criterios antes mencionados se optó por la utilización de tubería de PVC en la línea de conducción y la red de distribución, mientras que el hierro galvanizado se utilizara tanto en tuberías, accesorios, válvulas de purga, aire, tanques rompe presiones y de reserva; los criterios de selección se muestran a continuación en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12. Criterios de selección del material de tuberías y accesorios

| CRITERIOS DE SELECCIÓN | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| Criterio | Características | Calificación |
| Presión | Respuesta de la tubería a presiones estáticas, dinámicas y sobrepresiones. | 1 a 5 |
| Condiciones de carga | Respuesta de la tubería cargas externas como rellenos y asentamientos. | 1 a 5 |
| Corrosión | Respuesta de la tubería a suelos corrosivos y aguas agresivas. | 1 a 5 |
| Capacitación | 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 del terreno. | 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, 2017)

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEFINITIVO

3.1 Diseño de la captación

Para el diseño de la captación de este sistema se realizó un muro de hormigón simple de 210 Kg/cm^2 que posee las siguientes dimensiones: 0.10m de espesor, 0.85m de alto, 1.10m largo y ancho 0.80m; consta con una tubería de PVC de 110 mm con perforaciones de 40 mm cada 10 cm con una longitud total de tubería de 1 m; el agua de la captación tiene un acceso directo hacia el tanque de captación y se encuentra a una altura de 0.65m del nivel de la losa del tanque.

En los costados de la planta de captación se colocará piedra y geotextil para de esta manera evitar la obstrucción de la tubería con el paso de ramas, hojas, basura, etc.

Ver Anexo 13. Plano de la captación.

Ver Anexo 11. Memoria de cálculo.

En cuanto a lo que es la recolección del agua que proviene de la captación se realizó el diseño de un tanque para almacenar dicha agua, dicho tanque está diseñado a manera de un cajón de hormigón simple de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y posee una capacidad de 0.46 m³. También se consideró el paso directo del agua que proviene de la captación hacia los tanques, además tiene una cámara de salida la cual permite el paso del agua hacia la línea de conducción, así como también posee un sistema de desagüe, que consta de varios accesorios hidráulicos como son: tuberías, tees, codos, universales y válvulas para de esta manera evitar inundaciones y que se realice un mantenimiento constante al tanque.

Ver Anexo 14. Plano del tanque rompe presiones.

3.2 Diseño de la línea de conducción

La línea de conducción empieza en el tanque de captación de agua y termina en la planta de tratamiento, además esta línea posee tanques rompe presiones así como también válvulas de aire y de purga.

La línea de conducción está constituida por un solo ramal el cual nace en el tanque de captación y termina en la planta de tratamiento, está conformado por un diámetro de tubería de PVC, en el primer tramo del ramal está formado por una tubería de 110 mm de diámetro con una longitud de 10m y en el segundo tramo está formado por una tubería de 40mm de diámetro con una longitud de 752.54m.

Para el análisis de lo que se refiere a la línea piezométrica se tomó en cuenta el caudal aforado en épocas de invierno y verano. Adicional a esto también fue considerado la topografía del terreno, diámetro y calidad de la tubería de PVC de 1MPA, longitudes y la ubicación de los tanques rompe presiones.

Ver Anexo 11. Memoria de cálculo.

Ver Anexo 15. Planos de perfiles de la línea de conducción.

Ver Anexo 16. Plano constructivo del sistema de agua potable.

3.2.1 Válvulas de aire

En este diseño se consideró 9 válvulas de doble acción, las cuales se encuentran ubicadas en los puntos más altos de la línea de conducción y la red de distribución, dichas válvulas cumplen un papel muy importante y estratégico ya que su función principal es evitar la acumulación de aire en las tuberías y que de esta manera no se produzca una reducción del área útil de la tubería.

La caja de la válvula de aire está conformado de hormigón simple de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, y las dimensiones de la caja es $1 \times 1 \times 1.25 \text{ m}$, y posee una válvula automática con collarines de derivación que van desde los 40mm, en la cual se ha considerado un relleno compactado con material de mejoramiento de 20cm y además un replantillo de piedra de 15cm, para la posterior construcción de la losa de la válvula.

Dichas válvulas serán pintadas de un color específico (cajón blanco, tapa azul), con el fin de identificar y realizar mantenimiento periódico y reparación de las mismas.

Ver Anexo 16. Plano constructivo del sistema de agua potable.

Ver Anexo 17. Plano de la válvula de aire.

3.2.2 Válvulas de purga

Este diseño será conformado por medio de 8 válvulas de purga las cuales van a ser ubicadas en los puntos más bajos de la línea de conducción y de la red de distribución, dichas válvulas desempeñan el trabajo de eliminar los sedimentos que se encuentran en la tubería, evitando de esta manera que se generen obstrucciones, además también nos permite que realizar mantenimientos y limpiezas de un tramo de la tubería cuando esta así lo requiera.

La caja de la válvula de purga está conformado de hormigón simple de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, y las dimensiones de la caja es $1.10 \times 0.90 \times 0.90 \text{ m}$, y posee una tubería de desagüe de $\frac{1}{2}''$.

Las válvulas de purga están conformadas por tuberías y accesorios de PVC y hierro galvanizado (HG), que va desde $\frac{1}{2}''$ hasta $4''$.

Ver Anexo 16. Plano constructivo del sistema de agua potable.

Ver Anexo 18. Plano de la válvula de purga.

3.2.3 Tanque rompe presión.

Se contará con 2 tanques, el primero se encuentra en la línea de conducción y el otro en la red de distribución, los cuales serán ubicadas en lugares en los cuales se vea la necesidad de romper la presión ya sea en la línea de conducción como en la red de distribución, evitando de esta manera que se genere presiones altas en el sistema, posee también una cámara de entrada, un tanque y una cámara de salida, lo que es referente a la tubería y a los accesorios estos son de hierro galvanizado (HG) y con tubería de desagüe de PVC con diámetros de 40 y 50mm. Asimismo la regulación del nivel del caudal se da por medio de una válvula flotadora de 1pulg.

El área total que posee el tanque rompe presión es de 2.30 m^2 de superficie y la altura se encuentra en un rango de 0.65 a 1.05 m.

Dicho tanque está constituido por un vertedero, una tubería de rebose y una válvula flotadora. Debido a la importancia que esta posee para el correcto funcionamiento y operación del sistema se debe realizar mantenimientos periódicos de tal manera que se evite la sobre presión diseñada para las tuberías.

Ver Anexo 14. Plano de tanques rompe presión y tanques de captaciones.

Ver Anexo 16. Plano constructivo del sistema de agua potable.

3.3 Planta de tratamiento

3.3.1 Diseño del pre tratamiento

El diseño del pre tratamiento se realiza debido a que en épocas de crecida los sedimentos aumentan y esto puede ocasionar taponamientos en las tuberías, razón por la cual este sistema de agua potable constara de:

- * Cámara de entrada.
- * Filtro grueso dinámico (FGDi).
- * Filtro grueso ascendente.
- * Filtro lento de arena 1.
- * Filtro lento de arena 2.
- * Caja de aguas claras
- * Caseta de cloración.
- * Tanque de reserva (10m³).
- * Cámara de salida.

Ver Anexo 11. Memoria de cálculo.

Ver Anexo 19. Plano de la planta de tratamiento vista en planta.

Ver Anexo 20. Plano de la planta de tratamiento corte.

3.3.2 Filtro grueso dinámico (FGDi)

El filtro grueso dinámico tiene unas dimensiones de 2.40m de ancho por 1.00m de alto, formado por un hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, dicho filtro consta de una cámara de ingreso, tiene un borde libre con altura de 0.25m, 3 lechos filtrantes de 0.20m cada uno y con diferente tamaño de grava que va desde los 3mm hasta los 25mm, además una capa soportante de grava de 0.15m de altura.

Ver Anexo 11. Memoria de cálculo.**3.3.3 Filtro grueso ascendente**

Este filtro tiene unas dimensiones de 2.40m de diámetro y un alto de 2.70m, además posee una caja de entrada de hormigón de 210 kg/cm^2 a manera de un vertedero, un borde libre de 0.20m de alto, también una altura sobrenadante de 0.85m, dos lechos filtrantes de 0.45m de alto y con diferente tamaño de grava que va desde los 6mm hasta los 19mm, una capa soportante de grava de 0.20m de alto, cuenta también con un vertedero y una caja de salida que tiene válvula de control para su funcionamiento y operación.

Ver Anexo 11. Memoria de cálculo.**3.3.4 Filtro lento de arena (FLA)**

El filtro lento de arena (FLA) tiene una dimensión de 2.40m de diámetro y un alto de 2.70m, formado por un hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, dicho filtro consta de una cámara de entrada y salida para su correcto funcionamiento y mantenimiento, tiene una altura libre de 0.15m, también una altura de sobrenadante de 1.00m de alto, además un lecho de arena de 1.20m de altura, posee una capa de soporte de 0.35m de alto, una tubería de caudal de rebose de 2", también cuenta con drenes con una pendiente de 1% y está constituido por una tubería principal de PVC de 110mm y una tubería secundaria de PVC de 40 mm con orificios cada 15cm.

Ver Anexo 11. Memoria de cálculo.**3.3.5 Caja de aguas claras**

La caja de aguas claras tiene un flujo ascendente, está constituido por un vertedero, una cámara de salida y una tubería de rebose, dicha caja cuenta con dimensiones de $1.75 \times 0.65 \text{ m}$ y una altura total de 2.15m.

3.3.6 Caseta de cloración

Esta caseta de cloración posee un Equipo Clorid L 10, un tanque hipoclorador que es de 250 litros de capacidad, además posee una tubería de inyección que va desde el tanque hipoclorador hasta al vertedero y del vertedero hacia al tanque de reserva.

3.3.7 Tanque de reserva

Para el diseño de este sistema de agua potable se determinó que el tanque de reserva debe tener una capacidad de 10 m³ de agua, tomando en cuenta un modelo de tanque tipo, el cual consta de una cámara de entrada y de salida, así como también se consideró un solo diámetro en la tubería y accesorios de 50 mm, además posee una válvula de salida y una de desagüe.

Ver Anexo 11. Memoria de cálculo.

Ver Anexo 21. Plano de tanque de reserva de 10 m3.

3.4 Red de distribución

La red de distribución de este sistema consta con una longitud de 984.61m. La red de distribución se realizó en el programa “EPANET 2.0”, la cual para su elaboración se tomó en cuenta la topografía del terreno, área de aporte, demandas, tipo de material y los puntos en los cuales se da la rotura de presión.

Para el diseño se colocaron válvulas de purga y aire que van a ser los puntos de control en este sistema.

Las tuberías que son utilizadas en la red de distribución son de PVC, el diámetro de la red principal es de 40 mm y para las secundarias de 25mm.

Por medio de la herramienta informática “AUTOCAD CIVIL 3D”se generaron los planos constructivos y análisis hidráulico del sistema.

Ver Anexo 15. Plano del sistema de agua potable.

Ver Anexo 22. Plano del análisis hidráulico de la red de distribución.

Ver Anexo 23. Análisis hidráulico de la red de distribución.

Ver Anexo 24. Plano de conexión domiciliaria.

3.4.1 Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento que se realizó para este sistema de agua potable y cuenta con imágenes que ayudaran a entender de mejor manera cada uno de los procesos y las actividades presentadas en el manual, además consta de 13 capítulos, los cuales son:

1. Introducción.
2. Definiciones y responsabilidades.
3. Captación.
4. Línea de conducción y red de distribución.
5. Plata de tratamiento.
6. Tanque de almacenamiento.
7. Válvula de purga y válvula de aire.
8. Tanque rompe presión.
9. Conexiones domiciliarias.
10. Calendario de actividades de mantenimiento.
11. Materiales, herramientas y equipo de trabajo.
12. Problemas y soluciones frecuentes.
13. Reporte de mantenimiento.

Ver Anexo 25. Manual de operación y mantenimiento.

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO

4.1 Cuantificación de las cantidades de obra

Mediante cada uno de los rubros ocupados para el desarrollo de este diseño se pudo determinar las cantidades de obra, para el cálculo de estas cantidades fue necesario especificaciones técnicas y actividades constructivas y planos. Concluyendo así con la determinación de los recursos necesarios para la puesta en marcha de la obra.

Para la determinación de las cantidades de obra de los distintos rubros, es muy importante conocer la unidad con la que se manejan dichos rubros, como por ejemplo:

- * Kilogramo (Kg) unidad para los aceros.
- * Metro lineal (m) para longitudes.
- * Metro cuadrado (m²) para superficies.
- * Metro cúbico (m³) para volúmenes.
- * Galones para aditivos y pintura.
- * Sacos para cemento.
- * Unidad (u) para accesorios.

Además también se consideró un parámetro muy importante que es el transporte, debido a que la comunidad se encuentra alejada y en el centro cantonal no existe las provisiones necesarias, razón por la cual el material es transportado desde el cantón Santa Isabel, este rubro de transporte esta expresado en m³ – Km.

Ver Anexo 26. Cuantificación de las cantidades de obra.

Ver Anexo 27. Determinación de cantidades.

Ver Anexo 28. Agrupado por rubros.

4.2 Análisis de precios unitarios

Mediante el análisis de precios unitarios de cada uno de los rubros podemos determinar el presupuesto del proyecto, para dicho presupuesto se considera dos tipos de costos que son:

- Costo directo.- Mano de obra, materiales, costo de equipos, transporte, herramientas.
- Costo indirecto.- Se consideró el 25% del total del costo directo.

El análisis se fundamentó en la base de datos de precios unitarios perteneciente al GAD de Pucará, para obras de sistemas de agua potable y alcantarillado.

Ver Anexo 29. Análisis de precios unitarios.

4.3 Presupuesto

El presupuesto fue determinado por medio de la herramienta informática llamada “INTERPRO 2010 OFERTAS”, de esta manera se pudo determinar que el costo total del proyecto es de ochenta y dos mil novecientos quince con 52/100 dólares, para este valor se tomó en cuenta el 25% de costos indirectos y también el IVA del 12%.

Se pudo estipular que el presupuesto está conformado por 8 capítulos los cuales son: captación, línea de conducción, red de distribución, válvula de aire, válvula de purga, tanque rompe presión, conexiones domiciliarias y planta de tratamiento.

Ver Anexo 30. Presupuesto.

4.4 Elaboración de cronograma valorado

Mediante la elaboración del cronograma valorado se puede mejorar de muchas maneras el aspecto con el cual se va a llevar a cabo la obra, debido a que facilita y mejora la forma de cómo se va a desarrollar la obra, ya que nos ayuda a gestionar los recursos como son tiempo, dinero, materiales y personal.

Este cronograma se estableció para un periodo de cinco meses, realizando análisis mensuales de cantidades, inversión y porcentajes. Para el cronograma valorado se utilizó el software “INTERPRO 2010”.

Ver Anexo 31. Cronograma valorado.

4.5 Elaboración de la fórmula polinómica

La fórmula polinómica es la representación matemática de la estructura de costos de un presupuesto y para la determinación de la misma se asignó términos para cada recurso.

- A = Tubos y accesorios de PVC – Para presión.
- B = Mano de obra.
- D = Cemento Portland tipo I – sacos.
- E = Equipo y maquinaria de construcción vial.
- F = Acero en barras.
- H = Tubos y accesorios de hierro o acero.
- L = Ladrillos comunes de arcilla.
- M = Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada.
- P = Materiales pétreos.
- X = Sistema de agua potable (planta de tratamiento y redes) – zona rural.

La mano de obra es el coeficiente más representativo con un 55% del presupuesto total, este se debe ya que dicho coeficiente es el indispensable para la realización de la obra.

Ver Anexo 32. Asignación de términos.

Ver Anexo 33. Fórmula polinómica.

4.6 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas sirven como una guía para la construcción de este proyecto así como también para la formulación de la oferta económica.

En el caso de no disponer de alguna especificación técnica, que se realicen en el proceso constructivo del proyecto se deberá regir en el Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado (ACI318-83) y Comentarios, especificaciones técnicas de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental. Si existiesen contradicciones entre las especificaciones del proyecto y las del ACI318-83 los responsables de la obra se deberán regirse netamente en las especificaciones propias del proyecto.

Ver Anexo 34. Especificaciones técnicas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- * Mediante el levantamiento de información de campo, se pudo conocer las condiciones en las cuales se encuentra la comunidad de La Enramada. Mediante encuestas socio-económicas se determinó las costumbres, hábitos y los servicios que tiene la comunidad. La información de campo, como la topografía y los análisis de agua y suelo, fue utilizada para los diseños definitivos del proyecto. Mediante el análisis de agua realizado en la fuente se obtuvo que el agua cumple con las condiciones para el consumo humano y uso doméstico y con los análisis de suelo se determinó que éste cumple para una cimentación desde 1.5m de profundidad. Toda aquella información se encuentra plasmada en el Capítulo 1.

- * La comunidad de La Enramada no dispone de un sistema de agua potable, por lo que se ha realizado el diseño de dicho sistema para que se dote de este servicio básico a la comunidad, mejorando así las condiciones de vida de cada uno de los habitantes. En el Capítulo 2 y 3 se desarrolló el diseño del proyecto que va a tener un periodo de diseño de 20 años. El sistema cuenta de captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución. Para la planta de tratamiento se ha optado por utilizar la tecnología de filtración en múltiples etapas, la cual consta de un filtro grueso dinámico, caja de distribución, filtro lento de arena, caja de aguas claras, caseta de cloración, tanque de reserva de 10m³ y por ultimo una caja de válvulas, para que de esta manera pase el agua a ser distribuida a cada uno de los beneficiarios para su uso. Para la elaboración de este sistema se utilizó herramientas informáticas como EPANET Y AUTOCAD CIVIL 3D facilitando así el diseño del proyecto.

- * En el Capítulo 4 se pudo determinar el costo total del proyecto, por medio de INTERPRO que con la cuantificación de las cantidades de obras de cada uno de los rubros y los precios unitarios se obtuvo la propuesta económica del proyecto. Además también se determinó el cronograma valorado, fórmula polinómica y las especificaciones técnicas con la finalidad de que se pueda gestionar los recursos para la construcción del sistema.

Recomendaciones:

- * Concientizar a la población sobre la importancia de las fuentes de agua, para que de esta manera se pueda proteger y evitar la contaminación de la misma. La zona de captación de agua se encuentra cercada para evitar el ingreso tanto de personas como de animales evitando la contaminación de la fuente.
- * Se debe realizar un monitoreo periódico de la calidad de la fuente y del agua tratada. Además, debido a la gran responsabilidad que requiere la operación y mantenimiento del sistema, se recomienda capacitar al personal, tanto operadores como miembros de la junta de agua potable para poder asegurar la vida útil del proyecto. Para mayor eficacia de esta actividad se anexa un manual de operación y mantenimiento del sistema.
- * La ejecución de la obra deberá regirse a las especificaciones técnicas y los planos establecidos en el documento, en el caso de que se presentaran cambios al momento de la construcción, dichos cambios deberán tomar en cuenta los criterios establecidos en la presente memoria del proyecto, además deberán ser aprobados tanto por el fiscalizador de la obra como las autoridades respectivas del GAD de Pucará.

Bibliografía:**Bibliografía**

- ANTONIO GARCÍA BRAGE. (2002). CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA: MANUAL DE SUMINISTROS DE AGUA COMUNITARIA. MADRID: MCGRAW-HILL.
- CABRERA, T. (2005). CARGA, HUNDIMIENTO Y ZAPATAS. MADRID: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID.
- DAS, B. (2001). FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTECNICA. MEXICO: THOMSON EDITORES.
- ESCALANTE, T. (DICIEMBRE de 2012). COHESION DEL SUELO. ARQHYS. Obtenido de <http://www.arqhys.com/construccion/cohesion-suelo.html>
- ETAPA-EP. (2017). CUENCA: ETAPA-EP.
- GAD PUCARÁ. (2012). GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN PUCARÁ. Obtenido de <http://www.municipiopucara.gob.ec/index.php/pucara/division-politica>
- GARCÍA BRAGE, A. (2002). CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA: MANUAL DE SUMINISTROS DE AGUA COMUNITARIA. MADRID: MCGRAW-HILL.
- GRAUX, D. (1975). FUNDAMENTOS DE MECANICA DEL SUELO, PROYECTO DE MUROS Y CIMENTACIONES. BARCELONA: EDITORES TECNICOS ASOCIADOS, S.A.
- IERSE. (2017). INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES UDA. CUENCA: UNIVERSIDAD DEL AZUAY.
- INEC. (2010). INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- INEC. (2011). INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/geoportal/>
- LABORATORIO DE SANITARIA UNIVERSIDAD DE CUENCA. (2017). RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA. CUENCA: UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERÍA.
- LEÓN GIL, C. A. (2009). ESTANDARIZACION Y VALIDACIÓN DE UNA TÉCNICA PARA MEDICIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO POR EL MÉTODO RESPIROMÉTRICO Y LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO POR EL MÉTODO COLORIMÉTRICO. PEREIRA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- LOPEZ GARCIA, L., & LOPEZ PERALES, J. A. (1999). ELEMENTOS DE CONSTRUCCION. CIUDAD REAL: UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA.
- MARÍN GALVÍN, R. (2003). FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA DE LOS MEDIOS ACUÁTICOS. TRATAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS. MADRID: DÍAZ DE SANTOS, S.A.

- MIDUVI. (s.f.). CODIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS. QUITO, ECUADOR: MIDUVI. Obtenido de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/>
- MILLER, P. (15 de DICIEMBRE de 2009). REVISTA CUENCA ILUSTRE - ECUADOR. Obtenido de <https://patomiller.wordpress.com/2009/12/15/pucara-uno-de-los-cantones-mas-hermosos-del-azuay/>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. (2002). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGAS DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. QUITO.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2005). GUIA PARA DISEÑO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTROS DE MULTIPLES ETAPAS. LIMA.
- PDOT PUCARÁ. (14 de NOVIEMBRE de 2014). GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADOMUNICIPAL DE PUCARÁ. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/DIAGN%C3%93STICOGAD_14-11-2014.pdf
- RAMIRO BAUTISTA. (2017). REGISTRO DE EXCAVACIÓN - PERFIL ESTRATIGRAFICO. CUENCA.
- ROBBINS, R. W., GLICKER, J. L., BLOEM, D. M., & NISS, B. M. (1991). EFFECTIVE WATERSHED MANAGEMENT FOR SURFACE WATER SUPPLIES. PORTLAND: AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUNDATION.
- SANCHEZ, I. M. (1994). CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO). MONTERREY: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON.
- SENPLADES. (2004). SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO. Obtenido de <http://www.planificacion.gob.ec/sistema-de-informacion-para-los-gobiernos-autonomos-descentralizados/>
- SIERRA RAMÍREZ, C. A. (2001). CALIDAD DEL AGUA: EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO. MEDELLÍN: UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN.
- SIGTIERRAS. (2010). SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE TIERRAS RURALES E INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA. Obtenido de <http://ortofotos.sigtierras.gob.ec/GeoserverViewer/>
- VALDEZ, E. C. (1993). ABASTECIMIENTO DE AGUA. MEXICO: FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.
- WATER QUALITY ÍNDEX CALCULATOR. (10 de JULIO de 2016). WATER RESEARCH CENTER. Obtenido de <HTTP://WWW.WATER-RESEARCH.NET/INDEX.PHP/WATER-TREATMENT/WATER-MONITORING-THE-QUALITY-OF-SURFACEWATERS>

ANEXOS

Ver CD