

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PIJAL,
CANTÓN OTAVALO”**

**PLAN DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORA

Sandy Gabriela De La Cruz Bautista

DIRECTOR

Msc. Santiago Cabrera

Noviembre de 2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PIJAL,
CANTÓN OTAVALO”

Plan de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del título de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Santiago Cabrera.

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Jorge Granja.

ASESOR

FIRMA

Ing. Iván Vaca.

ASESOR

FIRMA

Ing. Elizabeth Velarde.

ASESORA

FIRMA

IBARRA- ECUADOR

NOVIEMBRE, 2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	100404993-6	
APELLIDOS Y NOMBRES	De La Cruz Bautista Sandy Gabriela	
DIRECCIÓN	González Suárez- Otavalo	
EMAIL	gabylu1291@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0990511992

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PIJAL, CANTÓN OTAVALO
AUTORA:	De La Cruz Bautista Sandy Gabriela
FECHA:	14 de Noviembre de 2018

PROGRAMA:	Pregrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Santiago Cabrera

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, SANDY GABRIELA DE LA CRUZ BAUTISTA, con cédula de identidad Nro. 100404993-6, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIA

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 14 de noviembre de 2018.

LA AUTORA



Sandy Gabriela De La Cruz Bautista

ACEPTACIÓN



Ing. Betty Mireya Chávez Martínez

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Sandy Gabriela De La Cruz Bautista, con cédula de identidad Nro. 100404993-6; manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra de trabajo de grado denominada **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PIJAL, CANTÓN OTAVALO**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



Sandy Gabriela De La Cruz Bautista

CI. 1004049936

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte y la vez a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales por haber inculcado durante estos años la formación académica, ética y moral.

Mis agradecimientos a todos los Docentes que han compartido sus conocimientos con tolerancia y responsabilidad para formarme profesionalmente en el campo ambiental y así contribuir al desarrollo de nuestra comunidad local, regional y nacional.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Gonzales Suarez y a la Comunidad Pijal, por haber estado constantemente proporcionándonos de apoyo logístico para realizar y culminar con éxito el trabajo investigativo.

Sandy De La Cruz

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a toda mi familia por su apoyo incondicional, y con mucho cariño a mi Madre que ha constituido para mí el pilar fundamental para mi formación y la base primordial de uno más de mis triunfos.

Sandy De La Cruz

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
RESUMEN.....	1
1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.2 PREGUNTAS DIRECTRICES.....	5
2. CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 NORMATIVA LEGAL APLICABLE Y MARCO INSTITUCIONAL	6
2.1.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO	6
2.1.2 CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN.	7
2.1.3 LEY ORGÁNICA DE SALUD.....	7
2.1.4 LEY DE RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA	8
2.1.5 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108:2011	12
2.1.6 TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA	13
2.2 ANTECEDENTES	13
2.3 AGUA POTABLE.....	14
2.3.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO	15
2.4 CAPTACIÓN.....	16
2.5 CONDUCCIÓN.....	17
2.6 TRATAMIENTO DE AGUA	17
2.7 PLANTA DE TRATAMIENTO.....	18
2.8 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	20
2.8.1 ALMACENAMIENTO.....	21
2.9 MANEJO COMUNITARIO DE SISTEMAS DE AGUA	21
2.9.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	22
2.9.2 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	22
2.9.3 PROCESOS DE ADMINISTRACIÓN	22
2.10 CALIDAD DEL AGUA POTABLE.....	24
2.10.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PARA AGUA POTABLE	24
2.10.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS PARA AGUA POTABLE	25
2.10.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS PARA AGUA POTABLE.....	26

2.10.4 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO.	27
3. CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
3.2 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	28
3.3 MATERIALES Y EQUIPOS.	28
3.4 METODOLOGÍA.	29
3.4.1 CARACTERIZACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO	29
3.4.2 INFORMACIÓN RELATIVA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN	32
3.4.3 PONDERACIÓN DE VULNERABILIDAD DE REDES VITALES	33
3.4.4 POBLACIÓN SERVIDA	33
3.4.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.	34
3.4.6 PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA	38
4. CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 CARACTERIZACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO	41
4.1.1 UBICACIÓN.....	41
4.1.2 COMPONENTE ABIÓTICO	41
4.1.3 COMPONENTE SOCIAL.	42
4.2 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PIJAL Y LA DEMANDA POBLACIONAL.	47
4.2.1 CAPTACIONES Y FUENTES DE AGUA.....	47
4.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA RED VITAL.....	48
4.2.3 VULNERABILIDAD DE LA RED VITAL DE AGUA	55
4.2.4 VULNERABILIDAD FÍSICA POR EXPOSICIÓN DE LA RED VITAL	60
4.2.5 DEMANDA DE LA POBLACIÓN	62
4.3 DETERMINACIÓN LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.....	64
4.3.1 PARÁMETROS FÍSICOS	65
4.3.2 PARÁMETROS QUÍMICOS	68
4.3.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	75
4.4 ELABORACIÓN DEL PLAN DE MEJORAS PARA LA OPERACIÓN Y MANEJO EFICIENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	77
4.4.1 ANTECEDENTES	77

4.4.2	OBJETIVOS DEL PLAN DE MEJORAS PARA LA OPERACIÓN Y MANEJO EFICIENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN QUE GARANTICEN LA CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA.	78
4.4.3	RESPONSABLES	79
	ELABORADO POR: LA AUTORA.....	79
4.4.4	PROPUESTAS PARA EL PLAN DE MEJORAS PARA LA OPERACIÓN Y MANEJO EFICIENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN QUE GARANTICEN LA CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA.	79
5.	CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
5.1	Conclusiones.....	105
5.2	Recomendaciones	92
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	93
	ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Captación de aguas superficiales, comunidad Pijal.....	16
Figura 2.2 Rejilla sumergida de captación de la comunidad de Pijal	17
Figura 2.3 Planta de tratamiento de agua de la Comunidad Pijal	20
Figura 2.4 Tubería de conducción tipo PVC.....	20
Figura 2.5 Tanque de reserva, comunidad Pijal.....	21
Figura 3.2 Visita a la zona de estudio	30
Figura 3.3 Identificación de frecuencia de limpieza de las instalaciones	32
Figura 3.4 Toma de muestras	34
Figura 3.5 Socialización con directiva de la junta de agua.	39
Figura 3.6 Socialización a los miembros de la comunidad.....	40
Figura 4.1 Acceso alcantarillado en la comunidad de Pijal	45
Figura 4.2 Enfermedades frecuentes que afectan a la población de la comunidad Pijal	46
Figura 4.3 Acceso a centros médicos de la comunidad de Pijal	47
Figura 4.4 Verificación de cerramiento en la captación	49
Figura 4.5 Verificación del estado de la captación	49
Figura 4.6 Tubería de conducción descubierta	50
Figura 4.7 Sistema de distribución.....	52
Figura 4.8 Deslizamiento en línea de conducción	54
Figura 4.9 Índice de crecimiento detallado por sectores en la comunidad de Pijal	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Límites máximos permisibles para agua potable	27
Tabla 3.1 Ubicación Geográfica del área de estudio.....	28
Tabla 3.2 Materiales.....	28
Tabla 3.3 Cadena de custodia.....	37
Tabla 3.4. Análisis físico químicos y microbiológicos	38
Tabla 4.1 Número de familias beneficiarias del agua	43
Tabla 4.2 Sistema de captación de agua	56
Tabla 4.3 Sistema de tratamiento de agua.....	57
Tabla 4.4 Sistema de distribución de agua.....	58
Tabla 4.5 Vulnerabilidad funcional de la red de agua	59
Tabla 4.6 Calificación de vulnerabilidad por exposición del sistema de captación de agua	61
Tabla 4.7 Calificación de vulnerabilidad por exposición del sistema de tratamiento de agua	61
Tabla 4.8 Calificación de vulnerabilidad por exposición del sistema de tratamiento de agua	62
Tabla 4.9 Índice de crecimiento por sectores.....	63
Tabla 4.10 Demanda de agua	64
Tabla 4.11 Resultados de pH	65
Tabla 4.12 resultados de color	66
Tabla 4.13 Resultados de turbiedad	67
Tabla 4.14 Resultados de conducción.....	67
Tabla 4.15 Resultados de sólidos disueltos.....	68
Tabla 4.16 Resultados de alcalinidad.....	69
Tabla 4.17 Resultados de Carbonatos	69
Tabla 4.18 Resultados de cloruros	70
Tabla 4.19 Resultados de Hierro	71
Tabla 4.20 Resultados de Nitratos	72
Tabla 4.21 Resultaos de los Nitritos	73

Tabla 4.22 Resultados de sulfatos.....	73
Tabla 4.23 Resultados de Fosfatos.....	74
Tabla 4.24 Resultados de dureza total.....	75
Tabla 4.25 Resultados de coliformes totales.....	76
Tabla 4.26 Resultados de coliformes fecales	77
Tabla 4.27 Responsables de aplicación del plan.....	79
Tabla 4.28 Plan de mejoras para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución que garanticen la calidad y cantidad de agua.....	80
Tabla 4.29 Costos referenciales para el Plan de mejoras, para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución que garanticen la calidad y cantidad de agua.....	81

RESUMEN

El agua es uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de las sociedades y en las comunidades rurales del Ecuador el acceso es limitado. En la comunidad de Pijal del Cantón Otavalo la incidencia de enfermedades gastrointestinales y de la piel es atribuible a la calidad del agua que consumen. Para este estudio se realizó la evaluación del estado actual de las estructuras de la captación, el sistema de tratamiento y la red de tuberías, mediante el análisis de vulnerabilidad de redes vitales. Además de la determinación de la cantidad y calidad agua. La red de agua de Pijal, presenta una vulnerabilidad baja en cuanto al funcionamiento y estructura, sin embargo existen cambios que se deben realizar en la planta de tratamiento principalmente de las piscinas de filtración, en el área de captación y en la red de distribución, para mejorar su funcionamiento. Además es imprescindible optimizar la desinfección del agua para el consumo de la población. La proyección realizada del consumo de agua para 335 familias en 25 años resalta la insuficiencia de agua en el futuro, recomendándose tomar medidas necesarias para la conservación de las fuentes de agua y búsqueda de fuentes nuevas. Con base a los aspectos mencionados se propone el Plan de Mejoramiento y Aprovechamiento

Palabras clave: Agua de consumo, calidad de agua, tratamiento de agua.

ABSTRACT

Water is one of the fundamental pillars for the development of societies, in rural communities of Ecuador access is limited. In the community of Pijal in Otavalo, the incidence of gastrointestinal and skin diseases is attributable to the quality of the water that they consume. For this study has been made the evaluation of the current state of the catchment structures, the treatment system and the pipe network, through the vulnerability analysis of vital networks. Also, determination of water quantity and quality. The water system of Pijal, presents a low vulnerability in terms of operation and structure, however there are changes that must be made in the treatment plant mainly of the filtration pools, in the catchment area and in the distribution network, to improve its operation. It is also essential to optimize the disinfection of water for the consumption of the population. The projection made of water consumption for 335 families in 25 years highlights the insufficiency of water in the future, recommending taking necessary measures for the conservation of water sources and search for new sources. Based on the results obtained, it was propose the Improvement and Use Plan for the appropriate use of the system.

Key words: Drinking water, water treatment, water quality.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El agua forma parte de todos los procesos naturales de la tierra, teniendo un impacto en la mayoría de los aspectos de la vida. Por otra parte constituye un recurso limitado, vulnerable y escaso, sumado a esto el inadecuado manejo de los recursos, ha originado crisis por el uso del agua. Esto provoca enfermedades de origen hídrico, desnutrición, crecimiento económico reducido, inestabilidad social, conflictos por su uso y desastres ambientales (Ki-moon, 2010). Es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y conocer el uso de tecnologías o factores que afectan su calidad. De acuerdo Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (2016) en las áreas rurales del Ecuador un 43.6 % de la población carece de agua completamente potable para su consumo.

La Comunidad de Pijal no carece de un adecuado sistema de tratamiento de agua potable y los habitantes se han visto obligados a consumir agua de mala calidad, evidenciándose la proliferación de enfermedades gastrointestinales y de la piel (PDOT González Suárez, 2015). La comunidad gracias a los denominados “Proyectos de rápido Impacto” realizados por las autoridades encargadas del Proyecto Pesillo Imbabura, a manera de compensación por la demora de dicho proyecto, cuenta desde hace 2 años con la infraestructura para realizar el tratamiento básico del agua, sin embargo al no haberse realizado una capacitación para su uso adecuado, al momento este se encuentra inhabilitado (Roldán, 2012).

El agua que necesita una persona tanto para su uso personal como doméstico debe ser salubre, es decir, estar libre de microorganismos, sustancias químicas que constituyan un peligro para la salud, un agua potable segura y un saneamiento adecuado son importantes para la reducción de la pobreza, para un desarrollo sostenible y para lograr todos los Objetivos de Desarrollo del Milenio. (Ki-moon, 2010)

El presente estudio plantea un análisis del sistema de tratamiento y la red de distribución de la comunidad de Pijal además de análisis del agua desde su origen en las vertientes hasta los hogares. Este análisis es importante para determinar la calidad

y cantidad existente, caracterizar qué tipo de contaminantes están causando los problemas, para poder recomendar medidas de mitigación. Teniendo como objeto mejorar la calidad del agua de consumo para la comunidad, considerando de una parte las expectativas e intereses de los usuarios, el aporte técnico para mejorar la cobertura, continuidad, cantidad y calidad del suministro de agua y por otra parte las relaciones del sistema de tratamiento y distribución de agua con los ecosistemas que existen en la zona, para que de esta manera se logre un impacto positivo sobre el ambiente.

El presente trabajo se encuentra inmerso dentro de los Objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir como son: Objetivo 3, Política 3.6 **Literal c.** Identificar, explotar y usar de manera sostenible y sustentable las fuentes de agua mejoradas, para el abastecimiento y la provisión de agua para consumo humano, de manera articulada entre niveles de gobierno”. Finalmente la Constitución Política del Ecuador 2008 en el Capítulo segundo, Sección Art. 12 señala que “El derecho al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el sistema de tratamiento y distribución del agua para consumo humano de la comunidad de Pijal, cantón Otavalo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar el análisis de las condiciones actuales del sistema de tratamiento y distribución de agua para consumo humano de la comunidad de Pijal y la demanda poblacional.
- Determinar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, en la captación, al ingreso y salida del sistema de tratamiento, tanque reserva y domicilios.
- Elaborar un plan de mejoras para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución.

1.2 Preguntas Directrices.

- ¿El agua para consumo humano de la comunidad de Pijal cumple con las normativas de la norma INEN 1108?
- ¿La planta de tratamiento es el adecuado para obtener agua de buena calidad para el consumo de la población?

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Normativa Legal Aplicable y marco institucional

Constituye las leyes establecidas articuladas por las diferentes instituciones del estado sobre el recurso hídrico

2.1.1 Constitución Política del Estado

La Constitución Política del Estado (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2008) promulga los deberes y derechos de los ciudadanos con respecto al recurso hídrico y atribuye las respectivas competencias a las diferentes instituciones públicas, para alcanzar el buen vivir, mediante los siguientes artículos:

En el **Art. 3** del TÍTULO I ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL ESTADO - Capítulo primero Principios fundamentales. Son deberes primordiales del Estado: (1) Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución, en particular el agua para sus habitantes.

En el **Art. 12** del Capítulo segundo - Derechos del buen vivir Sección primera Agua y alimentación. Declara: El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable.

En el **Art. 264** del Capítulo cuarto Régimen de competencias. Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: (2) Prestar los servicios públicos de agua potable.

El **Art. 314** del Capítulo quinto - Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas. Establece que: El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

El **Art. 318** del Capítulo quinto - Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas. Determina que: El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público. La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria.

El **Art. 375** del TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR. Capítulo primero Inclusión y equidad. Sección cuarta - Hábitat y vivienda. Declara que: El Estado: Garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable.

En el **Art. 412** del TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR. Capítulo segundo. Biodiversidad y recursos naturales. Sección sexta - Agua. Indica que: La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control.

En el **Art. 415** del TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR. Capítulo segundo. Biodiversidad y recursos naturales. Sección sexta - Agua. Expone que: Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua.”

2.1.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.

En el capítulo III del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal. Sección Primera
Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones.

En el Artículo 55. Determina: Las competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. En el literal (d) Prestar los servicios públicos de agua potable.

2.1.3 Ley Orgánica de Salud

Establece los siguientes artículos para garantizar la calidad del agua para consumo humano: El **Art. 6**. Establece que: Es responsabilidad del Ministerio de Salud Pública. Numeral (15) Regular, planificar, ejecutar, vigilar e informar a la población sobre actividades de salud concernientes a la calidad del agua, aire y suelo. (Pág., 3).

En el TÍTULO ÚNICO CAPÍTULO I Del agua para consumo humano, **Art. 96.-** Declárase de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano. Es obligación del Estado, por medio de las municipalidades, proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano. (Pág., 21).

2.1.4 Ley de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua

El estudio es realizado en una comunidad que maneja sus captaciones mediante la junta de agua con base a los siguientes artículos:

En el **Artículo 1** del Título I disposiciones preliminares. Capítulo I de los principios, menciona que los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza.

Artículo 4.- Principios de la Ley. Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios:

- a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, en el ciclo hidrológico con los ecosistemas;
- b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad;
- c) El agua, como bien de dominio público, es inalienable, imprescriptible e inembargable;
- d) El agua es patrimonio nacional y estratégico al servicio de las necesidades de las y los ciudadanos y elemento esencial para la soberanía alimentaria; en consecuencia, está prohibido cualquier tipo de propiedad privada sobre el agua;
- e) El acceso al agua es un derecho humano;
- f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua;
- g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua; y,
- h) La gestión del agua es pública o comunitaria.

Del TÍTULO II RECURSOS HÍDRICOS CAPÍTULO I: DEFINICIÓN, INFRAESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS para el estudio se hace mención al **Artículo 11.-** Infraestructura hidráulica. Se

consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público. Las obras o infraestructura hidráulica podrán ser de titularidad pública, privada o comunitaria, según quien las haya construido y financiado, aunque su uso es de interés público y se rigen por esta Ley.

Además de hace mención a la Sección Tercera Gestión y Administración de los Recursos Hídricos, específicamente al **Artículo 32.-** Gestión pública o comunitaria del agua. La gestión del agua es exclusivamente pública o comunitaria. La gestión pública del agua comprende, de conformidad con lo previsto en esta Ley, la rectoría, formulación y ejecución de políticas, planificación, gestión integrada en cuencas hidrográficas, organización y regulación del régimen institucional del agua y control, conocimiento y sanción de las infracciones así como la administración, operación, construcción y mantenimiento de la infraestructura hídrica a cargo del Estado. La gestión comunitaria la realizarán las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y juntas de organizaciones de usuarios del servicio, juntas de agua potable y juntas de riego. Comprende, de conformidad con esta Ley, la participación en la protección del agua y en la administración, operación y mantenimiento de infraestructura de la que se beneficien los miembros de un sistema de agua y que no se encuentre bajo la administración del Estado.

Artículo 43.- Define que las juntas administradoras de agua potable son organizaciones comunitarias, sin fines de lucro, que tienen la finalidad de prestar el servicio público de agua potable. Su accionar se fundamenta en criterios de eficiencia

económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y equidad en el reparto del agua. Los requisitos y el procedimiento para la creación de nuevas juntas administradoras de agua potable se desarrollarán reglamentariamente por la Autoridad Única del Agua. Las juntas administradoras de agua potable y saneamiento, formarán parte del consejo de cuenca a través de sus representantes sectoriales, según lo establezca el Reglamento de la presente Ley.

Artículo 44.- Deberes y atribuciones de las juntas administradoras de agua potable. Constituyen deberes y atribuciones de las juntas administradoras de agua potable comunitarias, los siguientes:

Establecer, recaudar y administrar las tarifas por la prestación de los servicios, dentro de los criterios generales regulados en esta Ley y el Reglamento expedido por la Autoridad Única del Agua;

1. Rehabilitar, operar y mantener la infraestructura para la prestación de los servicios de agua potable;
 2. Gestionar con los diferentes niveles de gobierno o de manera directa, la construcción y financiamiento de nueva infraestructura. Para el efecto deberá contar con la respectiva viabilidad técnica emitida por la Autoridad Única del Agua;
 3. Participar con la Autoridad Única del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable, evitando su contaminación;
 4. Remitir a la Autoridad Única del Agua la información anual relativa a su gestión así como todo tipo de información que les sea requerida;
 5. La resolución de los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En caso de que el conflicto no se pueda resolver internamente, la Autoridad Única del Agua decidirá sobre el mismo, en el ámbito de sus competencias; y, Participar en los consejos de cuenca de conformidad con esta Ley.
- Artículo 45.-** Prestación de servicios comunitarios del agua. Se realizará exclusivamente a través de juntas de agua potable- saneamiento y juntas de riego, las mismas que deberán inscribirse en el registro público del agua en cumplimiento de lo establecido en esta Ley.

Artículo 46.- Servicio comunitario de agua potable. En la localidad rural en donde el gobierno autónomo descentralizado municipal no preste el servicio de agua potable que por ley le corresponde, podrá constituirse una junta administradora de agua potable. Para la conformación de una junta se requerirá la presentación de la solicitud a la Autoridad Única del Agua suscrita por al menos el 60% de las jefas o jefes de familia de la localidad susceptible a hacer uso del servicio comunitario de agua potable. La Autoridad Única del Agua autorizará el caudal que corresponda luego de la verificación respectiva, de conformidad con la Ley.

Artículo 47. Definición y atribuciones de las juntas de riego. Las juntas de riego son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua. Son atribuciones de la junta de riego, en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales:

- a) Gestionar la infraestructura del sistema, sea propia de la junta o cedida en uso a ella por el Estado, a través de los diferentes niveles de gobierno;
- b) Tramitar con los diferentes niveles de gobierno o de manera directa, la construcción de nueva infraestructura, pudiendo recabar para ello ayuda financiera. Para el efecto deberá contar con la respectiva viabilidad técnica emitida por la Autoridad Única del Agua;
- c) Realizar el reparto equitativo del agua que le sea autorizada entre los miembros del sistema siguiendo las regulaciones que emita la Autoridad Única del Agua;
- d) Resolver los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En caso de que el conflicto no se pueda resolver, recurrirán ante la Autoridad Única del Agua;
- e) Establecer, recaudar y administrar las tarifas por la prestación del servicio a partir de los criterios técnicos regulados por la Autoridad Única del Agua;
- f) Imponer las sanciones sobre los usuarios correspondientes a las infracciones administrativas establecidas en sus estatutos u ordenanzas conforme al régimen general previsto en esta Ley;

- g) Entregar a la Autoridad Única del Agua, la información que le solicite, siempre que esté relacionada con el ejercicio de sus competencias;
- h) Colaborar con la Autoridad Única del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento de agua del sistema de riego evitando su contaminación;
- i) Participar en los consejos de cuenca a través de su representante sectorial; y,
- j) Todas las demás que se establecen en el Reglamento a esta Ley.

2.1.5 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011

Norma técnica ambiental dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, con aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

En el numeral (1.1) Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. (Pág. 1). Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

2.1.2. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida

Es el instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y la asignación de los recursos públicos; y coordinar las competencias exclusivas entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados.

El eje 1: Derechos para todos durante toda la vida.- Promueve mejorar la calidad de vida de la población, posiciona al ser humano como sujeto de derechos a lo largo de todo el ciclo de vida, y promueve la implementación del Régimen del Buen Vivir, establecido en la Constitución

Dentro de las intervenciones emblemáticas para el eje 1:

5. Agua segura para todos, procura desarrollar en la población una cultura adecuada para el cuidado del agua. Este es el paso más importante, ya que comprende la difusión imperativa de información sobre el manejo y el cuidado del recurso hídrico,

además del desarrollo de estrategias para lograr sostenibilidad de las infraestructuras relacionadas con el manejo de agua. Por otro lado, esta intervención aporta a la consecución de soberanía alimentaria en el país y al crecimiento adecuado de la productividad de la agroindustria en todos sus niveles.

2.1.6 Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria

La norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua del LIBRO VI ANEXO 1 establece: en los literales: (b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, (c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. (Pág., 286). El numeral (4.1) Establece las: Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios. La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua: El literal (a) Establece que el: Consumo humano y uso doméstico.

El numeral (4.1.20). Define los: Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico. Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como: los literales (a) Bebida y preparación de alimentos para consumo, y (b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.

2.2 Antecedentes

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida, cada día disminuye poniendo en riesgo el bienestar de los seres vivos. A pesar de que las tres cuartas partes del planeta es agua, la disponibilidad para el uso por parte del ser humano es muy poca, solo el tres por ciento de agua dulce se encuentra concentrada mayormente en los glaciares y casquetes y apenas el 0.01 % es aprovechable para el ser humano (Cajas, 1999)

En un estudio realizado por (Varón Palacio, 2014), en el departamento de Medellín-Colombia sobre el uso de sistemas de tratamiento de agua potable en sectores rurales menciona que el factor económico es un limitante en el uso adecuado de las instalaciones, seguido del factor tecnológico en cuanto a la falta de información sobre el mantenimiento adecuado. Siendo esta información importante para la investigación que se propone para la elaboración del plan de mejoras.

2.3 Agua potable

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, mediante un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales (Wysocki, 2000).

El acceso al agua potable y saneamiento es un derecho fundamental para los seres humanos, gozar de agua de calidad y de abundancia suficiente para cubrir sus necesidades, es primordial para mantener un estilo de vida saludable y digna. En la actualidad el acceso al agua de calidad ha ido en aumento sin embargo existen lugares donde aún se consume agua si el mínimo tratamiento.

Disponer de agua potable es también un elemento básico para el cumplimiento de los derechos humanos y de la dignidad personal de todos los seres humanos del mundo, sean mujeres, hombres, niñas y niños. Sin embargo 2,600 millones de personas, la mitad del mundo en desarrollo, no disponen siquiera de letrinas mejoradas. Una persona de cada seis solo dispone de suministros de agua potencialmente peligrosos. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2004).

El acceso al agua potable en el Ecuador es equitativo en gran parte de la población. La mayoría de esta población se encuentra en el área urbana, siendo las personas que habitan de los sectores rurales a nivel de todo el país quienes aún se encuentran en la lucha por un acceso a agua de calidad que les garantice un estilo de vida digno, libre de enfermedades.

El Ecuador tiene una población de 14 840 000 habitantes aproximadamente según el censo 2010. Su población se encuentra distribuida un 63% en el sector urbano y 37% en el sector rural. A nivel de país el 30,3% obtiene el agua de la red pública, el 30,8 % se abastece de otras fuentes por tubería, el 15, 6% de pozos, el 13.7% de ríos, vertientes o acequias y el 9.6% lo hace del carro repartidor, triciclo, pila, pileta, llave publica u otro (INEC CPV 2010).

2.3.1 Fuentes de abastecimiento

El origen o fuente de abastecimiento y suministro de agua para consumo humano es muy importante, tanto en lo referente a su calidad como composición. Se pueden dividir las fuentes de abastecimiento en: fuentes subterráneas y fuentes superficiales (Rocha, 2010). Para la investigación la fuente de abastecimiento del agua para la comunidad de Pijal es una fuente superficial proveniente de escorrentías del pajonal

2.3.1.1 Fuentes superficiales

El agua que se encuentran en ríos, lagos y lagunas son susceptibles de emplearse con o sin tratamiento previo, para su consumo como agua potable. Hasta fines del siglo XIX, era común tener una fuente de suministro de este tipo y era posible consumir agua de una manera segura sin ningún tratamiento previo y sin requerir siquiera desinfección ya que el agua estaba libre de microorganismos patógenos (Rocha, 2010).

El crecimiento de la población con el consiguiente incremento en la producción de desechos que se integraban a estas fuentes superficiales, y la revolución industrial tuvieron como consecuencia el deterioro de la calidad del agua más inmediata que eran las aguas superficiales (Rocha, 2010).

En caso de la utilización de aguas superficiales para abastecimiento, además de conocer las características físico químicas y bacteriológicas de la fuente, será preciso definir el tratamiento requerido en caso que no atiendan a los requerimientos de calidad para consumo humano (Barrios Napurí y Torres Ruiz , 2009).

La captación de agua para Pijal es de aguas superficiales provenientes de la escorrentía de los páramos del mojanda, el área de captación se puede observar en la figura 2.1.



Figura 2.1 Captación de aguas superficiales, comunidad Pijal

2.4 Captación

La obra de captación es una estructura colocada directamente en la fuente a fin de captar el caudal deseado y llevarlo a la línea de conducción. Para captar caudales pequeños, es recomendable implementar pozos filtrantes, galerías de infiltración, toma lateral, que aseguren la cantidad y continuidad del agua necesaria para un abastecimiento adecuado de la población. Seguida de la captación, cuando se trata de una fuente superficial, está un desarenador (Idrovo y Barrera, 1999).

Se utiliza de preferencia en cursos naturales a través de una estructura, generalmente construida en concreto, con rejillas para impedir la entrada de material grueso, la cual desvía el agua hacia un canal abierto o por medio de tuberías hacia el desarenador o directamente hacia la planta de tratamiento (Benito Velásquez, 2015), en la captación de agua para la comunidad de Pijal se observa una estructura de hormigón armado con malla sumergida, como se observa en la figura 2.2, por la cual pasa el agua directamente a la tubería de conducción hacia la planta de tratamiento.



Figura 2.2 Rejilla sumergida de captación de la comunidad de Pijal

2.5 Conducción

La línea de conducción liga las estructuras de captación, la planta de tratamiento y la reserva. Se debe tener un análisis cuidadoso de su dimensionamiento hidráulico, trazado en planta y perfil, colocación de accesorios entre otros. etc. Dependiendo de la topografía y de las condiciones locales se puede conducir el agua a través de canales a flujo libre, en conductos a presión o una combinación de ambos. Con la finalidad de facilitar la operación y mantenimiento de las líneas de conducción, es necesario que se coloque algunos accesorios en la infraestructura como son válvulas de control, válvulas de purga, válvulas de aire y tanques rompe presión (Idrovo y Barrera,1999),

Una línea de conducción transporta el agua desde el punto de captación hasta la planta de tratamiento, debe seguir, en lo posible, el perfil del terreno y debe ubicarse de manera que pueda inspeccionarse fácilmente, éstas pueden ser empleadas para conducción por gravedad como en el caso de esta investigación o para bombeo (Gutierrez De Velasco, 2006).

2.6 Tratamiento de agua

De acuerdo a Crespo Coello, Carrasco y Casamen (2013), en el Ecuador no se cuenta con un diagnóstico o línea de base que permita conocer con detalle la situación de los

sistemas de agua potable y saneamiento a nivel comunitario. Tampoco se conoce en detalle las condiciones en que desarrollan su trabajo las organizaciones que gestionan el agua en el nivel comunitario.

El proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Suele consistir en un desprendimiento de los compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono (Mynor, 2013), los procesos de potabilización son muy variados, y van desde una simple desinfección, para eliminar los patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, de rayos ultravioletas, aplicación de ozono, entre otros. Estos procedimientos se aplican a aguas que se originan en manantiales naturales o para las aguas subterráneas. Si la fuente del agua es superficial, agua de un río arroyo o de un lago, ya sea natural o artificial, el tratamiento suele consistir en un desprendimiento de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono. El caso extremo se presenta cuando el agua en las fuentes disponibles tiene presencia de sales y/o metales pesados (Cajas, 1999).

El primer paso para obtener un agua adecuada para consumo humano es que ésta esté tratada de manera correcta y con los procesos adecuados (Idrovo y Barrera, 1999) mencionan que en función de las características que tiene el agua captada, se seleccionará el método de tratamiento y por ende el diseño de la planta estará sujeto a las necesidades del método de tratamiento. Las necesidades de tratamiento y los procesos exigidos deberán ser determinados de acuerdo a la normativa legal vigente y a normas de calidad.

2.7 Planta de tratamiento

Se denomina estación de tratamiento de agua potable (ETAP) al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. Si no se cuenta con un volumen de almacenamiento de agua potabilizada, la capacidad de la planta debe ser mayor que la demanda máxima diaria en el periodo de diseño (DISEPROSA, 2014).

Existen varios tipos de plantas de tratamiento los cuales se implantan de acuerdo a las posibilidades económicas de la población, siendo en los sectores rurales escasas las plantas construidas y de éstas en su mayoría son filtros de arena, el cual da al agua el tratamiento más básico, el cual en varios casos es completado con la implementación de cloro, o simplemente distribuido a la población, además de este existen otros tipos de tratamiento para aguas de consumo humano, como por ejemplo; plantas que emplean osmosis inversa, filtros de carbón activado, luz UV, Ozono y de filtros de arena (Rengifo, 2011).

La infraestructura de los sistemas de tratamiento de agua en los sectores rurales son críticos, considerando que, un importante porcentaje las mismas corresponde a fondos de cooperación internacional e inversión pública de los varios años atrás (IEOS, PRAGUAS), en el caso de la comunidad de Pijal corresponde a fondos donados por el proyecto Pesillo Imbabura. Muchos de los sistemas están obsoletos o requieren de una gran intervención para volverlos operativos y eficientes. Fueron construidos años atrás y no han tenido el mantenimiento debido. Esta problemática se ve agravada, pues en la mayoría de los sistemas no se cuenta con los registros y expedientes técnicos con los que fueron construidos los sistemas, situación que facilitaría enormemente su evaluación y posterior rehabilitación (Crespo Coello, Carrasco y Casamen, 2013). Para Pijal la planta de tratamiento empleada es de filtros de grava y arena como se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3 Planta de tratamiento de agua de la Comunidad Pijal

2.8 Red de distribución de agua potable

Una red de distribución es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016).

Las tuberías que normalmente se encuentran en la red de conducción y distribución de agua son: acero, hierro fundido, hierro galvanizado, asbesto/cemento, PVC, polietileno de alta densidad y cobre (Gutierrez De Velasco, 2006). En general el tipo de tubería que más se encuentra es de tipo PVC y acero galvanizado para las zonas de presión elevada o de riesgo como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4 Tubería de conducción tipo PVC

2.8.1 Almacenamiento

El punto final del procesos de conducción y tratamiento de agua es la de almacenamiento, para su posterior distribución a todos los miembros de la población o comunidad. Por lo general se construye tanques para almacenar el agua durante la noche o en las horas de menor consumo, y así garantizar el caudal requerido por la comunidad en cualquier tiempo y durante las horas de mayor consumo (Idrovo y Barrera, 1999).

Algunos de los depósitos deben ser elevados, para almacenar el agua en una cota elevada se construyen depósitos de mampostería, situados en zonas altas o depósitos elevados. La capacidad del depósito dependerá de las características de carga del sistema, normalmente se requiere almacenar del 15 al 30% de la máxima demanda diaria (Gutierrez De Velasco, 2006). Los tanques de reserva encontrados son estructuras de cemento como se puede observar en la figura 2.5.



Figura 2.5 Tanque de reserva, comunidad Pijal

2.9 Manejo comunitario de sistemas de agua

La gestión comunitaria es la opción de manejo por medio de la cual las comunidades, tienen control sobre el manejo de su abastecimiento de agua. La responsabilidad radica normalmente en un grupo representativo de personas de la comunidad a las que

se hace frecuente referencia cómo al "comité de agua", escogido para llevar a cabo esta tarea (Fonseca, Bolt, 2002).

2.9.1 **Operación del sistema de agua potable**

Allí donde existe un grupo humano, hay también una forma de provisión de agua, dado que nuestra existencia no es posible sin el líquido vital. Y en cada población humana se constituye mecanismos o formas organizativas, comunitarias o institucionales que tienden a satisfacer esta necesidad (Crespo Coello, Carrasco y Casamen, 2013)

La operación del sistema de agua potable son todas las actividades que realiza un operador de manera frecuente, quien se encarga de verificar que no existan obstrucciones, roturas, filtraciones, agua estancada algún otro material en las estructuras, para mantenerte funcionando el sistema de agua potable. (Idrovo y Barrera, 1999)

2.9.2 **Mantenimiento del sistema de agua potable**

El mantenimiento del sistema constituye el conjunto de actividades que se realizan de forma sistemática las cuales tienen la finalidad de dar mantenimiento a los equipos e instalaciones y asegura un buen funcionamiento de los mismos (Idrovo y Barrera, 1999). Dentro del campo del mantenimiento existen dos tipos de actividades:

- a) **Mantenimiento preventivo:** Se refiere a todas las actividades de conservación que consienten en mantener os equipos e instalaciones en las condiciones de diseño y evitar que se produzcan daños.
- b) **Mantenimiento correctivo:** Consiste en realizar actividades para corregir o reparar los daños que se hubieren producido en los equipos e instalaciones.

2.9.3 **Procesos de administración**

Las organizaciones comunitarias que gestionan el agua y el saneamiento constituyen el eslabón clave para la provisión de estos servicios en las comunidades rurales. Sin ellas, la población rural no tendría el acceso al agua que ahora tiene, pese a las condiciones difíciles y complejas de la gestión. De allí que las organizaciones

comunitarias dedicadas a la gestión del agua han subsistido en el tiempo, y cumplen con servicios que el Estado no ha brindado a un gran número de habitantes del país (Crespo Coello, Carrasco y Casamen, 2013).

Las Juntas Administradoras de Agua Potable conocen los procedimientos en el manejo del servicio, la mayor parte tienen adecuada una oficina para su funcionamiento y algunos disponen de un computador para almacenar información del sistema. Igualmente se requiere una actualización de conocimientos para los administradores de los sistemas de agua.

En la administración de un sistema de agua potable comunitario, tiene que responder a tres procesos internos claramente identificados y que le dan el carácter empresaria, no son los únicos que se pueden identificar pero son los más necesarios e importantes para viabilizar la administración de los servicios, estos procesos según Cajas (1999) son los siguientes:

- a) **Proceso financiero:** Se encarga de todos los aspectos que tienen que ver con lo económico, entre las actividades más importantes está el llevar adecuadamente los libros contables, cuentas bancarias y documentos financieros. El manejo de este campo debe ser transparente, lo cual genera confianza en los usuarios del servicio de agua potable.
- b) **Proceso administrativo:** Este proceso se encarga de la planificación, organización, dirección y control de los recursos (humanos, financieros, materiales, tecnológicos, el conocimiento, etc.) de la organización o junta de agua, con el fin de obtener el máximo beneficio posible. En las Juntas Administradoras de Agua, el responsable directo de la administración del sistema será el presidente/a y secretario/a. El presidente/a es la persona encargada de la coordinación general de todos los procesos que realiza la junta, de la legalización de funciones y control del cumplimiento de las mismas.
- c) **Proceso técnico:** Este proceso se refiere a todo lo relacionado con la operación y mantenimiento de todas las unidades que conforman el

sistema de agua. La persona encargada de ejecutar las acciones de operación y mantenimiento del sistema es el operado/a, el mismo que es contratado por la junta y recibe una bonificación como pago por los servicios que presta.

2.10 Calidad del agua potable

El monitoreo técnico y participativo de la calidad del agua es un tema clave sobre el que existe una severa deficiencia y el tema de la calidad del agua para consumo humano requiere de un manejo técnico que debe mejorar sustancialmente. Constituye un problema crítico, y no solo del ámbito rural sino también de cabeceras cantonales y provinciales (Crespo Coello, Carrasco y Casamen, 2013).

Para determinar la calidad del agua se toman muestras de cantidades pequeñas de agua en un medio que a posteriori se puede analizar en un laboratorio. Uno de estos factores es el número de colonias de bacterias coliformes; éstas son un indicador para la calidad del agua para beber. Otro factor es la concentración de ciertos contaminantes y de otras sustancias, tales como agentes de la eutrofización (Serrano, 2008).

2.10.1 Características físicas para agua potable

Para determinar la necesidad de tratamiento y la correcta tecnología de tratamiento, los contaminantes específicos en el agua deben ser identificados y medidos. Los contaminantes del agua se pueden dividir en dos grupos: contaminantes disueltos y sólidos suspendidos. Los sólidos suspendidos, tales como limo o arena, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de las características organolépticas del agua que son visibles, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua (Serrano, 2008).

2.10.2 Características químicas para agua potable

En el caso de las características químicas la atención se centra en el control directo de la calidad de estos componentes. Los procedimientos de análisis cuyo objeto es controlar la presencia de aditivos en el agua de consumo suelen determinar sus concentraciones en el agua y tener en cuenta su evolución para calcular un valor que puede compararse con el valor de referencia. (CARE Internacional, 2012).

Las características químicas están dadas por la presencia o ausencia de determinados elementos y son muy importantes en la salud pública, Rocha (2010), menciona las características químicas para el agua potable:

- a) **Elementos frecuentes:** Los siguientes elementos son los que se analizan habitualmente: Arsénico, bario, cadmio, cromo, cianuro, plomo, selenio, plata, nitratos, mercurio, cobre, flúor, hierro, manganeso, coluros, sodio, sulfatos, zinc y detergentes.
- b) **Material orgánico:** Las aguas potables no deben contener materia orgánica. Si las aguas naturales que se emplean como suministro contienen material orgánico disuelto o en suspensión, éste deberá removerse completamente antes de emplearse el agua para consumo como agua potable.
- c) **Conductividad:** La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica tenga ciertos valores. Si el agua tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor. Cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella.
- d) **Alcalinidad:** La alcalinidad es un parámetro que determina la capacidad de un agua para neutralizar los efectos ácidos que sobre ella actúen. Los constituyentes principales de la alcalinidad son los bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), e hidróxidos (OH^-). La alcalinidad proviene de los

minerales que se encuentran en forma de carbonatos y bicarbonatos (Na_2CO_3 , NaHCO_3 , por ejemplo), que disuelve el agua en su contacto con las capas de estratos, y también por la acción del CO_2 atmosférico al disolverse en el agua.

- e) **Dureza:** La dureza del agua se debe a la presencia de cationes como: calcio, magnesio, estroncio, bario, fierro aluminio, y otros metales que se encuentran presentes en forma de sólidos disueltos. De éstos, el calcio y el magnesio son los más abundantes, por lo que casi siempre la dureza está directamente relacionada con la concentración de éstos dos elementos.
- f) **Pesticidas, agroquímicos y orgánicos sintéticos:** La presencia de este tipo de compuestos en el agua es por causas antropogénicas (generadas o inducidas por el hombre). Cuando se integran al agua, aún en muy pequeñas cantidades son sumamente nocivas y cuando sus valores son mayores a los máximos permisibles, hacen inadecuada el agua para su consumo.

2.10.3 Características microbiológicas para agua potable

Para la determinación de la calidad microbiológica del agua en la mayoría de los casos, se realiza el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla la misma OCSAS, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos (CARE Internacional, 2012).

Los principales grupos de organismos encontrados en aguas son clasificados como: plantas y protistas. En la categoría de protista se encuentran: bacterias, fungi, protozoarios y algas. Pequeñas plantas, algas, helechos, y musgos son del mundo de las plantas y se pueden encontrar presentes en las aguas naturales. (Rocha, 2010).

La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli* (*E.coli*), un indicador de contaminación fecal cuya presencia constituye una prueba concluyente de contaminación reciente. En la

práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termo tolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos (CARE Internacional, 2012).

2.10.4 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico.

Esta norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con la NORMA INEN 1108, AGUA POTABLE, para el caso de estudio se analizaron los componentes de la tabla 4.1.

Tabla 2.1 Límites máximos permisibles para agua potable

Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Físicos		
Turbiedad	NTU	5
Olor		No objetable
Sabor		No objetable
Inorgánicos		
Antimonio Sb	mg/l	0,02
Arsénico As	mg/l	0,01
Bario Ba	mg/l	0,7
Boro B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros CN	mg/l	0,07
Cloro libre residual	mg/l	0,3 a 1,5
Cobre Cu	mg/l	2
Cromo Cr	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio Hg	mg/l	0,006
Níquel Ni	mg/l	0,07
Nitratos NO ₃	mg/l	50
Nitritos NO ₂	mg/l	3
Plomo Pb	mg/l	0,001
Microbiológico		
Coliformes ufc/ml totales		<1
Coliformes fecales		<1

Fuente: Norma técnica Ecuatoriana 1108

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el límite provincial sur de Imbabura y norte de Pichincha. La comunidad de Pijal cuenta con servicios básicos como energía eléctrica, 70% de cobertura de red de alcantarillado y red de agua con cobertura total.

3.2 Ubicación de la zona de estudio

La Comunidad de Pijal se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo. Al Norte limita con la carretera que conduce a la parroquia San Pablo y con el riachuelo Itambi; al Sur con la Panamericana y la comunidad de Eugenio espejo de Cajas; al Este con el cerro san Francisco y al Oeste con la comunidad San Agustín de Cajas. Las coordenadas de ubicación se encuentran descritas en la tabla 3.1, además de la representación gráfica presentada en la figura 3.1.

Tabla 3.1 Ubicación Geográfica del área de estudio

Provincia: Imbabura		Cantón: Otavalo.
Parroquia: González Suarez		
Coordenadas UTM		
Coordenadas X	Coordenadas: Y	Altitud
781487	10009117	2983 msnm

3.3 Materiales y equipos.

El listado de materiales y equipos es el que se utilizó para el trabajo de campo y oficina se detalla en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Materiales

Equipos	Materiales
Laboratorio portátil para análisis de agua	Sistemas de información geográfica

Vertedero triangular de 90°	Cartografía del lugar.
GPS.	Fotografías aéreas.
Cámara fotográfica.	Recipientes para muestras de agua.
Computador	Etiquetas
Impresora.	Marcador indeleble
Botas de caucho	Libreta de campo
Poncho de agua	Materiales de oficina.

3.4 Metodología.

El trabajo de investigación se realizó tomando en cuenta varios factores para determinar el estado de la planta de tratamiento, la calidad de agua y las necesidades de los habitantes, de acuerdo a los objetivos determinados.

3.4.1 Caracterización de área de estudio

3.4.1.1 Componente abiótico

Los recursos metodológicos que se utilizaron para la caracterización de los componentes bióticos como: clima, suelo, hidrología, geología, geomorfología, se realizaron mediante recopilación de información secundaria presente en documentos como, PDOT de la Parroquia de González Suárez, generación de mapas para ubicar el área de estudio y comprobación de campo de los datos obtenidos.

3.4.1.2 Componente social

Los datos se obtuvieron a través de información existente en el Centro de salud, INEC y SIISE, para luego ser validados mediante la aplicación de entrevistas realizadas a miembros de la comunidad, esta entrevista fue aplicada al 10 % de total de familias beneficiarias de este sistema. Para elegir el tamaño de la muestra se realizó un muestreo aleatorio simple.

3.4.1.3 Caracterización de la red vital

Se realizó una visita de campo junto con el comité asesor Ing. Sandra Gavilanes, Ing. Reney Cadena con la compañía del operador de la junta de agua de la comunidad

como se observa en la figura 3.2, para revisar las instalaciones de la planta de tratamiento, captación y tanques de reserva, la información en capo se recopiló de acuerdo a la metodología de análisis de vulnerabilidad de redes vitales tomando en cuenta deslizamientos y sismicidad de la zona.



Figura 3.1 Visita a la zona de estudio

Se obtuvo varios planos de las construcciones de la planta de tratamiento y de la red de distribución mediante solicitudes a la Secretaria Nacional del Agua y a la Junta Regional de Agua Mojanda Yanahurco. Para lo cual se realizó el siguiente procedimiento: de acuerdo a la metodología de análisis de vulnerabilidad de redes vitales tomando en cuenta deslizamientos y sismicidad, propuesta por el PNUD y la secretaría de Gestión de Riesgos 2013, tomando en cuenta las variables de:

- **Tipo de construcción, año de construcción y estado:** Se revisó la información existente en el proyecto de rápido impacto, proporcionado por la junta de agua Mojanda Yanahurco. Con la verificación en el campo del estado actual de las construcciones, de las planta de tratamiento y un recorrido a lo largo de la red de distribución.
- **Descripción de las estructuras y capacidad:** Mediante la revisión de la información secundaria se obtuvieron datos sobre la capacidad de la planta de tratamiento y de igual manera con verificación en campo se comprobó el estado actual.

- **Personal encargado de la operación:** Se revisó en las actas de la comunidad, información acerca del personal que ha estado a cargo del mantenimiento y operación del sistema de tratamiento desde su construcción para luego aplicar una entrevista a dicho personal y a los presidentes de las comunidades acerca de la labor y los resultados de cada operador, datos de operación existentes y actualizados y tipos de tratamiento empleados.
- **Tipo de conducción, materiales longitud y estado:** La información secundaria se obtuvo de la MEMORIA TÉCNICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE YANAHURCO (MOJ-S1), proporcionado por SENAGUA, esta fue revisada, analizada y verificada mediante visitas al campo.
- **Inspección de las instalaciones:** Para la evaluación del sistema de tratamiento luego de realizado el análisis de la información de los documentos proporcionados por SENAGUA, Juntas administradoras de agua, donde constan los planos de construcción y el detalle del proyecto de rápido impacto elaborado por el Proyecto Pesillo Imbabura, se realizó la inspección de la siguiente manera:

a) En la captación, desarenador y conducción

Se realizó una descripción de la captación, el estado de operación y funcionamiento de cada una de las partes de la estructura e identificación de problemas.

- **Estado de la estructura:** Comparación del estado actual con el recomendado en el diseño original, debido a que hubo un cambio en las estructuras después de su construcción.
- **Problemas en la operación:** se realizó una verificación del estado actual de los componentes, de esta manera comprobando si ha existido un cambio notable desde su construcción hasta el momento.
- **Funcionamiento de válvulas de aire y desagüe:** se realizó la verificación de su funcionalidad, con el apoyo del operador actual.
- **Fallas más frecuentes en la línea de conducción:** Se realizó un recorrido a lo largo de la línea de distribución, iniciando desde la captación hasta llegar a los

tanques finales de distribución del agua para las comunidades identificando la posible existencia de fallas a través de todo el recorrido.

b) En la planta de tratamiento

Se realizó una descripción del estado de cada una de las partes del sistema de tratamiento e identificación de problemas que tuvieron los operadores durante el tiempo que estuvo en funcionamiento la planta para lo cual se realizó las siguientes acciones:

- Medición del caudal de entrada utilizando un cronometro y recipiente graduado en litros.
- Identificación la frecuencia de limpieza mediante verificación visual y entrevista a los usuarios. la modalidad de limpieza empleada se puede observar en la figura 3.3.



Figura 3.2 Identificación de frecuencia de limpieza de las instalaciones

3.4.2 Información relativa a la red de distribución

Se evaluó la información relativa a planos de construcción, año de ejecución, longitud, material, diámetros, tanques de almacenamiento, capacidad, año de

construcción, estado de las estructuras, ubicación, estado de la red, presiones, comprobación de la presión existente mediante trabajo de campo, número de domiciliarias, medidores, población y área servida de los documentos e información proporcionados por las juntas administradoras de agua y SENAGUA, además de visitas en el campo para comprobar su estado actual, en base a la siguiente metodología:

- **Número de tanques de almacenamiento:** Se realizó un inventario de cada uno de ellos en los que se determine su capacidad y estado actual de acuerdo a las especificaciones técnicas de diseño.
- **Identificación de principales fallas en la red de distribución:** a través de recorridos y verificación de fugas, mal funcionamiento de válvulas, basado en las especificaciones técnicas de diseño.

3.4.3 Ponderación de vulnerabilidad de redes vitales

Para la evaluación de la vulnerabilidad de redes vitales se realizó mediante el análisis del estado de las estructuras y la asignación de valores para su ponderación empleando las fichas propuestas por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos descritas en el anexo 2.

3.4.4 Población servida

Se obtuvo la información por medio de la revisión del último censo realizado en el año 2010 corroborando y actualizando la información por medio de entrevistas realizadas a los miembros de la comunidad de Pijal.

Finalmente se realizó trabajo de oficina para sistematizar y analizar la información lo cual nos permitió tener un conocimiento amplio del proyecto e identificar las debilidades, se empleó la metodología de Análisis de vulnerabilidad funcional de redes vitales.

3.4.5 Determinación de los parámetros físico químicos y microbiológicos del agua.

Se determinaron 5 puntos de muestreo en la captación, entrada a la planta de tratamiento, salida de la planta de tratamiento, tanques de reserva y domicilios, con 3 repeticiones durante los meses de noviembre, diciembre y enero.

3.4.5.1 Muestreo de agua.

El muestreo tiene la finalidad de identificar la calidad de agua al ingreso de la planta de tratamiento y, las características del agua que entrega a los usuarios, este último nos permite determinar el deterioro de la red de distribución, las muestras fueron tomadas en tres diferentes meses, uno en época seca y dos en época lluviosa, en el área de captación, ingreso a la planta de tratamiento, salida de la planta de tratamiento y en los domicilios representativos de los cuatro sectores. Previo al muestreo estableció los protocolos a seguir en la toma de muestra, conforme a la cadena de custodia, en la figura 3.4 se observa la identificación de las muestras para ser enviadas al laboratorio.



Figura 3.3 Toma de muestras

3.4.5.2 Procedimiento para la toma de muestras

Para la toma de las muestras de agua se siguió los siguientes pasos:

- Preparación del muestreo

- Preparación de los envases para la toma de muestra
- Preparación de las hojas de cadena de custodia
- Coordinación para el transporte de las muestras
- Calibración y preparación de los equipos de campo para análisis “in situ”
- Preparación del equipo de muestreo (guantes, GPS, cámara fotográfica, coolers, entre otros)
- Preparación de los equipos de seguridad
- Organización de la logística para la campaña de muestreo

3.4.5.3 Criterio para la selección del punto de muestreo

a) **Accesibilidad.-** Se estableció el punto de muestreo ubicando un lugar de fácil acceso con las vías de acceso vehicular y peatonal que sean necesarias, de tal manera que faciliten obtener las muestras y transportar la carga que implican los equipos y materiales de muestreo.

b) **Representatividad.-** se tomó el punto más representativo posible de las características totales del cuerpo de agua, esto significa que el cuerpo de agua debe estar mezclado totalmente en el lugar de muestreo, relacionado específicamente con la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo, adquiriendo que la muestra sea lo más homogénea posible.

c) **Seguridad.-** el punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones meteorológicas que garantizar la seguridad de las personas responsables del muestreo, minimizando los riesgos de accidentes y de lesiones personales, es por esto que es recomendable tomar siempre todas las precauciones y utilizar los equipos de seguridad y de protección personal necesarios.

d) **Toma de muestras:** Procedimiento de toma de muestras:

- Llenar el recipiente de muestreo con una porción de agua del cuerpo hídrico muestreado.
- Registro de localización del punto de muestreo real con GPS (esperando que la precisión sea la mayor posible)
- Caracterizar del sitio con fotografías

- Identificación de la muestra
- La toma de muestras se la realiza sumergiendo el envase de forma contraria al flujo, evitando la inclusión de aire por flujo turbulento.

3.4.5.4 Análisis de campo

Después de tomadas las muestras en el cuerpo de agua, se midieron los parámetros “in situ” establecidos en el plan de muestreo, siguiendo los siguientes pasos:

- Se sumerge la sonda limpia del equipo de campo en el cuerpo de agua a muestrear
- Los análisis de temperatura, pH, conductividad y salinidad
- Las mediciones se hacen según los procedimientos e instructivos de operación del equipo y los resultados de los análisis de campo se registraron en el formato de muestreo.

3.4.5.5 Llenado de recipientes y preservación de muestras

Los recipientes para muestras microbiológicas se llenaron hasta $\frac{3}{4}$ (tres cuartas partes) de su capacidad para permitir la aireación y asegurar la supervivencia de los microorganismos a ser cuantificados. Se preservaron las muestras en coolers para su adecuada transportación y mantenimiento, para posteriormente rotular con la identificación de la muestra, fecha de muestreo, persona responsable, parámetros a analizar, laboratorio encargado.

3.4.5.6 Sellado de recipientes

Después de que las muestras han sido envasadas y preservadas (si lo requieren) se sellan las botellas, secando la parte superior de la botella con papel absorbente o un trapo limpio y se ponen varias vueltas de cinta de enmascarar (masking tape) alrededor de la tapa y la boca del recipiente, para asegurar que la tapa no se afloje.

3.4.5.7 Cadena de custodia

La cadena de custodia empleada se describe en la figura 3.2.

Tabla 3.3 Cadena de custodia

Nombre del solicitante:				
Lugar y dirección toma muestra				
Fecha y hora de toma de muestra				
OTRAS FUENTES:	Pozo	Río	Lago	Agua envasada
Análisis requeridos:		Físico Químico	Microbiológico	
Nombre del laboratorio:		Recibido por:		
Colectado por:		Fecha y hora de recepción:		
Enviado por:				
Comentarios:				

3.4.5.8 Toma de muestras en la captación y entrada a la planta de tratamiento.

Los meses muestreados fueron el mes de noviembre (seco), diciembre (lluvioso) y enero (lluvioso), se tomaron muestras en la misma fecha cada mes.

a) **Los parámetros a medir in situ:** temperatura, conductividad, alcalinidad y pH, mediante la utilización de laboratorio portable.

b) **Los parámetros a medir ex situ:** La muestra se envió a un laboratorio acreditado, para el análisis de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108: 2011, previo al establecimiento de la cadena de custodia.

Ver anexo 3.1

La calidad de agua fue determinada mediante los resultados de los análisis de laboratorio, tanto físico-químicos como microbiológicos, detallados en la siguiente tabla 3.4.

Tabla 3.4. Análisis físico químicos y microbiológicos

Parámetro a analizar	Número de muestras	Basado en método
Sólidos disueltos	16	
Sólidos en suspensión	16	
Turbiedad	16	APHA 2130-B
Potencial Hidrógeno	16	APHA 4500 H+ B
Dureza	16	APHA 2340-C
Alcalinidad	16	APHA 2340 C
Nitratos	16	APHA 4500-NO3 B
Nitritos	16	APHA 4500-NO2 B
Hierro	16	APHA 3111-Fe-B
Manganeso	16	APHA 3111-Mn-B
Calcio	16	APHA 3111-Ca-B
Coliformes totales	16	APHA 9222 D
Coliformes Fecales	16	APHA 9221 C

3.4.5.9 Toma de muestras en las instalaciones domiciliarias

Para realizar el muestreo en esta parte del sistema, se tomaron muestras seleccionando tres viviendas representativas de la red principal, siendo éstas de acuerdo a la información brindada por el operador la primera: una de las viviendas más antiguas, la vivienda con instalaciones nuevas y la vivienda promedio entre las dos anteriores, corroborándose en los registros de otorgación de acometidas de agua en la junta de agua, las muestras fueron enviadas a un laboratorio acreditado por el MAE para el análisis de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108: 2011, previo él establecimiento de la cadena de custodia.

3.4.6 Propuesta para el mejoramiento y protección del sistema

Se planteó a la comunidad la problemática evidenciada con la información obtenida sobre la vulnerabilidad física y funcional del sistema, el abastecimiento y los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua con lo cual mediante talleres participativos como se muestra en la figura 3.5, se describió estrategias que permitan le mejoramiento de cada componente del sistema, además de la conservación,

recuperación de fuentes de agua y protección de la microcuenca de abastecimiento, etc.



Figura 3.4 Socialización con directiva de la junta de agua.

Luego de esto se procedió a analizar la información recabada para elaborar la propuesta sobre los procesos metodológicos para el mejoramiento del uso y manejo de este sistema, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Proponer acciones para conservar la microcuenca de abastecimiento.
- Identificar la disponibilidad y calidad del agua de la comunidad.
- Identificar las deficiencias o potencialidades del sistema de agua para consumo humano.
- Proponer el tratamiento adecuado para brindar agua segura al sector.
- Identificar las necesidades de agua en el sector.

Se procedió a elaborar un plan de mejoras con la participación de los dirigentes de la junta de agua de Pijal, con la asesoría técnica del Ing. Reney Cadena, docente de la Universidad Técnica del Norte, con quienes se desarrollaron las propuestas principales y el presupuesto estimado para su implantación en la comunidad.

Final mente se realizó la socialización de las propuestas a la comunidad, como se puede observar en la figura 3.6.



Figura 3.5 Socialización a los miembros de la comunidad

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de área de estudio

4.1.1 Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en el límite provincial sur de Imbabura y norte de Pichincha. La cadena volcánica de Mojanda- Cusin y el grupo volcánico de Imbabura son los factores de relieve más importantes de la zona, está situado a una altitud de 2983 m. sobre el nivel del mar, su temperatura oscila entre los 12°C. Y los 19°C

4.1.2 Componente abiótico

4.1.2.1 Clima

Según la clasificación de Holdridge la comunidad está en las zonas denominadas:

- Bosque húmedo Montano (bmh-M): dentro de la comunidad está presente dentro del rango altitudinal 3000 a 3200msnm, se observa áreas de pastoreo y escasas parcelas agrícolas.
- Bosque muy húmedo Montano (bmh-M): corresponde a páramos bajos muy húmedos, se encuentran dentro del área de estudio a una altura de 3200 y 3700 msnm, la temperatura media anual es de 6 a 11°C; con una precipitación de 1000 a 2000 mm. Las lluvias son generalmente de origen orográfico, se puede ver la ceja de montaña caracterizada por la presencia de neblina y rocío considerándose por estos factores que un porcentaje apreciable de la precipitación que recibe la zona no proviene de las lluvias verdaderas. (Gobierno Parroquial de González Suárez; GESPYM, 2013)

4.1.2.2 Hidrología.

Las fuentes de agua comunes para los sistemas que alimentan esta captación son principalmente las quebradas de Yanahurco y Sigsicucho, que están ubicadas sobre los 3500 msnm en la cabecera alta de la quebrada Sigsicucho, en las estribaciones del

cerro Yanahurco y provienen de afloramientos de la Laguna de Mojanda. (Gobierno Parroquial de González Suárez; GESPYM, 2013)

4.1.2.3 Geología.

En la zona afloran rocas volcánicas cuaternarias, que se encuentran recubriendo gran parte de las rocas más antiguas y que están representadas por cangaguas y lavas andesitas. En la zona de investigación, la tectónica está representada por fracturas localizadas al Sur-Este en la ladera oriental del volcán Mojanda y una falla inferida al sur de la laguna grande de Mojanda sobre los 3500 msnm. El sistema de drenaje natural está gobernado por la presencia de las elevaciones del volcán Mojanda. Se puede distinguir sistemas de drenaje radial proveniente de las partes altas, que paulatinamente se vuelven sistemas paralelos y que convergen en los drenajes principales de la zona. Las quebradas tienen cauces bastante profundos en forma de “v” (PDOT González Suárez, 2015).

En las quebradas se presentan vertientes que afloran a través de los sistemas de fracturamiento de las andesitas y brechas en las zonas altas sobre los 500msnm. Las vertientes se alimentan de las filtraciones de las precipitaciones en las zonas altas, y parcialmente también por lagunas. (Gobierno Parroquial de González Suárez; GESPYM, 2013)

4.1.3 Componente social.

Los datos fueron obtenidos a través de información secundaria existente en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD Parroquial de González Suárez 2011 y censo 2010 del INEC los mismos que fueron comprobados mediante la aplicación de entrevistas realizadas a miembros de la comunidad, esta entrevista fue aplicada al 10 % de total de familias beneficiarias de este sistema. Ver anexo 4.1

4.1.3.1 Población de la comunidad de Pijal

La comunidad de Pijal tiene el mayor número de habitantes que representan el 26,43% de la población total parroquial de acuerdo a los datos obtenidos en los diagnósticos comunitarios.

Para la investigación se tomó en cuenta únicamente a la población que se beneficia del agua proveniente de la captación de Yanahurco, la cual representa un 55% del total de la comunidad, el 45% restante obtiene el agua de una captación distinta, por lo tanto de acuerdo a la información existente en los registros de la junta administradora de agua Mojanda Yanahurco el número de familias es de 335, siendo posible detallar en número de familias por sectores y empleando una media de tres personas por familia se obtuvo el número de habitantes.

Tabla 4.1 Número de familias beneficiarias del agua

Sector	Nº Familias	Nº Habitantes
ATAHUALPA	55	165
RUMIÑAHUI	13	39
SAN PEDRO	73	219
PIJAL ALTO	90	255
YAKURUMI	30	90
LECHONPAMBA	23	69
CENTRO PIJAL	19	57
PADRE RUMI	11	33
SIXIPATA	17	51
VISARREA	4	12
TOTAL	335	1005

4.1.3.2 Organización de la comunidad.

La comunidad cuenta con un Cabildo conformado por una directiva electa en asamblea ampliada democráticamente cada año, considerando su cultura, principios, valores, cuidado y conservación de la naturaleza desde el punto de vista de su cosmovisión. Para el periodo 2017-2018 la directiva de la comunidad está conformada por:

Presidente: Armando Tocagón

Vicepresidente: Encarnación Chicaiza

Secretario: Mariuxi Bautista

Tesorero: Gonzalo Niato

4.1.3.3 Servicios básicos de la comunidad de Pijal

La comunidad de Pijal por su extensión está dividido en dos sectores alto y bajo. El sector alto que tiene una Junta Administradora de Agua que es jurídica estas familias se benefician de la vertiente del Yanahurco; el sector bajo en cambio se beneficia de otra vertiente denominada Cucubansi, que se originan en el sector San Flores de la comuna Mariscal Sucre, administrado también por una Junta Administradora de Agua. De esta manera la comunidad dispone de agua entubada en un 55% y en 45% con tratamiento de potabilización.

a) Energía eléctrica y telefónica

De acuerdo a la entrevista aplicada el 100% de los habitantes de la comunidad de Pijal tienen acceso a energía eléctrica, se ha observado sin embargo que el servicio de alumbrado público presenta fallas en la calle principal. El cableado telefónico no tiene una cobertura total en la comunidad, además en los sectores por donde si tienen la red, las personas no tienen conexión a los domicilios, los datos obtenidos se detallan en la figura 4.1,

b) Agua

El 100% de los habitantes poseen conexiones de agua en sus domicilios, varios de ellos poseen acometidas en su predios, el agua de estos se usa para actividades agrícolas ya sea para el ganado o en casos aislados el riego de los cultivos, el cual no está permitido.

c) Alcantarillado

De acuerdo al PDOT del GAD Parroquial de González Suárez 2011 la comunidad de Pijal no contaba con el servicio de alcantarillado, siendo empleados hasta ese momento pozos, sépticos, letrinas, pozos ciegos e inclusive descargas directas a las quebradas existentes.

En el año 2013 se realiza la implantación del sistema de alcantarillado en un 70%(420 viviendas) de la comunidad como parte de la primera fase, el 30% (382 viviendas) restante dispone aún de pozos sépticos, este alcantarillado desemboca en la planta de

tratamiento de aguas residuales ubicada en la comunidad de Gualacata junto al lago san Pablo. Sin embargo de este 30% restante un 11%(42 viviendas) pertenecen a la parte beneficiaria del sistema de agua de consumo humano del cual se realizó la investigación.

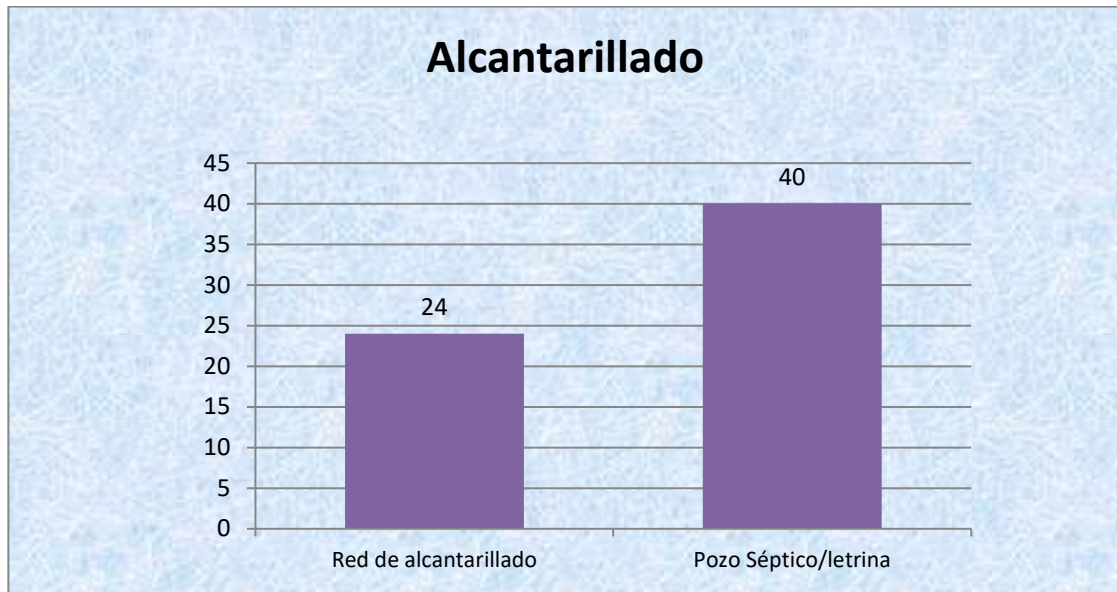


Figura 4.1 Acceso alcantarillado en la comunidad de Pijal

(Gobierno Parroquial de González Suárez. PDOT. 2015)

4.1.3.4 Actividades económicas.

La población económicamente activa se divide en: 80% depende de los ingresos provenientes de la ganadería y agricultura, el 10% trabajan en las plantaciones florícolas, e1 10% restantes son empleados públicos o privados. (Gobierno Parroquial de González Suárez. PDOT. 2015)

Las actividades de agricultura y ganadería dependen exclusivamente del agua proveniente de las vertientes de Mojanda, las cuales de acuerdo a las mediciones de caudales realizadas, no abastecen para realizar con normalidad dichas actividades.

4.1.3.5 Salud

El presente estudio pudo determinar la influencia de la calidad del agua en la población ya que existen estadísticas de enfermedades gastrointestinales atribuidas a la calidad del agua que consume la población. Los habitantes de la comunidad de Pijal reciben la atención médica principalmente en el centro de Salud ubicado en el casco parroquial.

a) **Enfermedades frecuentes:** De acuerdo a las encuestas realizadas se conocieron las enfermedades que más afectan a la población, siendo las Gastrointestinales, las principales pudiendo estar directamente relacionadas a la calidad de agua que se consume. La siguiente con más frecuencia es las afecciones a la piel, tales como hongos en la cara, de igual manera se la podría asociar calidad de agua.

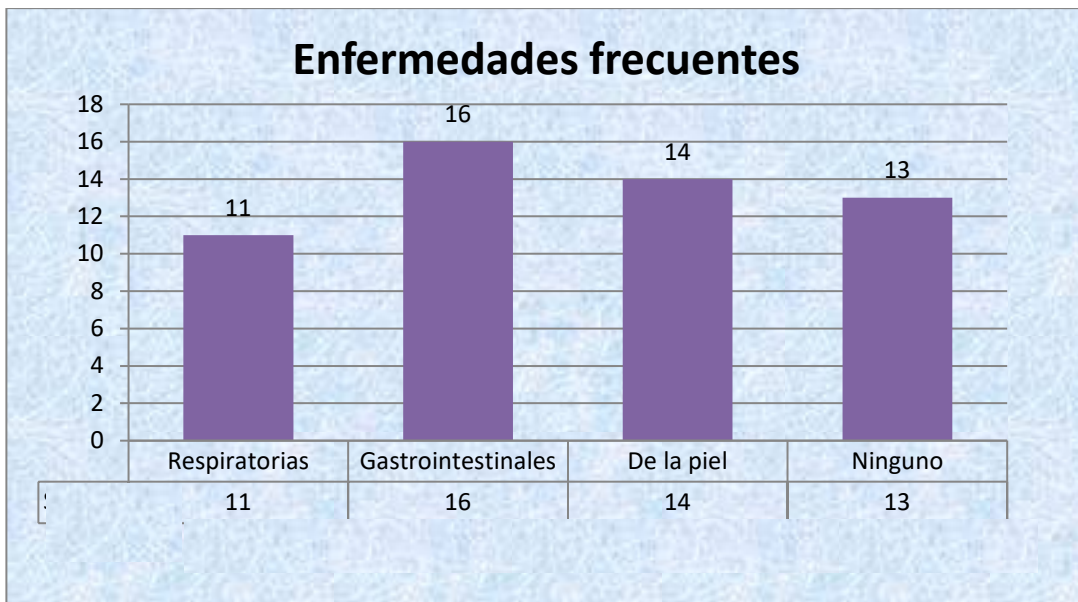


Figura 4.2 Enfermedades frecuentes que afectan a la población de la comunidad Pijal

(Gobierno Parroquial de González Suárez. PDOT. 2015)

b) **Acceso a salud:** Según los datos obtenidos de la encuesta que se muestran en la figura 4.3, se pudo observar que la mayoría de la población acude a centros médicos privados para tratar sus enfermedades.

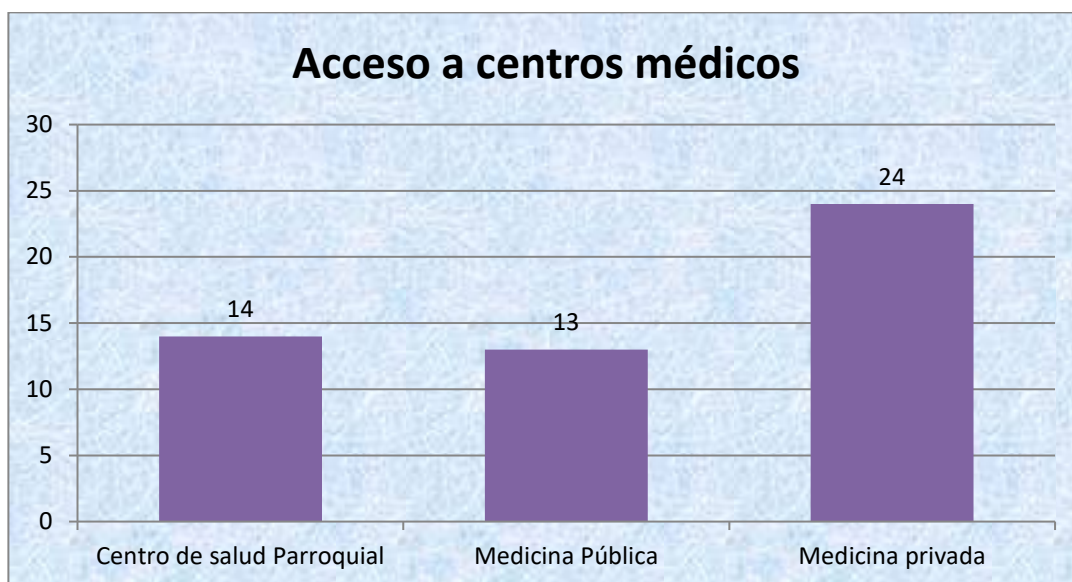


Figura 4.3 Acceso a centros médicos de la comunidad de Pijal

(Gobierno Parroquial de González Suárez. PDOT. 2015)

4.2 **Análisis de las condiciones actuales del sistema de tratamiento y distribución de agua para consumo humano de la comunidad de Pijal y la demanda poblacional.**

La información secundaria existente en los archivos de la SENAGUA correspondientes al proyecto de rápido impacto realizado en el año 2011 fueron las bases empleadas para realizar el diagnóstico del estado actual del área de estudio.

4.2.1 **Captaciones y fuentes de agua**

Las fuentes de agua son comunes para los sistemas que conforman este grupo: San Agustín de Cajas, Eugenio Espejo de Cajas, Cajas Jurídica, y las Asociaciones Atahualpa, Rumiñahui y Pijal, pues se abastecen de las captaciones de Yanahurco y

Sigsicucho, que están ubicadas sobre los 3500 msnm, en las estribaciones del cerro Yanahurco y provienen de afloramientos de la Laguna de Mojanda.

Los reportes físicos, químicos y bacteriológicos indican que la calidad de agua es buena en época de estiaje, pero en invierno por efecto del arrastre de sólidos el agua se enturbia. Los parámetros para control de la calidad del agua, características físicas y químicas están bajo los límites tolerables, no así en lo referente a las características bacteriológicas que están al límite por lo que es necesario realizar el tratamiento de desinfección.

El caudal firme para los sectores comunes es 5,00 l/s, proveniente de las fuentes de Yanahurco y Sigsicucho. Los cuales son distribuidos a 4 comunidades en total, siendo asignado 1,5 l/s a la comunidad de Pijal.

Las captaciones superficiales ubicadas en las estribaciones del cerro Yanahurco, en la cabecera de la quebrada Sigsicucho están construidas con estructuras de hormigón armado provistas de rejilla de fondo, las mismas que están en buen estado.

4.2.2 Caracterización de la red vital

Luego de la revisión de la información secundaria se realizó la salida de campo para verificar el estado actual de las instalaciones, se constató lo siguiente:

4.2.2.1 Sistema de Captación

Se realizó una descripción y caracterización detalla, en una ficha de todos los componentes del sistema de captación el cual cuenta exteriormente con un cerramiento de alambre con una puerta de malla la cual se encuentra en desuso, además se pudo observar que un tramo alambre se encuentra mal colocado lo cual permite un libre acceso a esta área, como se muestra en la figura 4.4.



Figura 4.4 Verificación de cerramiento en la captación

Se pudo observar que no existe un tanque desarenador adecuado, se encuentra colocadas piedras a modo de filtro, figura 4.5. Sin embargo no existen cronogramas de limpieza y mantenimiento. La estructura de la construcción es de hormigón armado con una canaleta de recolección con filtro de varilla.



Figura 4.5 Verificación del estado de la captación

4.2.2.2 Sistema de conducción

Las tuberías de conducción y transmisión están conformadas por tuberías de PVC-P en diámetro que van desde 32 mm a 90 mm, tubería de hierro galvanizado de 2.00", y en manguera de polietileno de 1.50", las cuales conectan las obras de captación, tanques de recolección, estructura de repartición, tanques rompe presión, válvulas de

aire, válvulas de desagüe, y el paso de quebrada de 20 m de longitud; con las reservas correspondientes a la comunidad de Pijal, en la observación en campo se corroboró lo siguiente:

- a) **Conducción:** En cuanto a la línea de conducción no se detectaron fallas o fugas importantes, sin embargo es necesario cambiar los tubos en los tramos en los cuales existe aún tubería de acero galvanizado, ya que se encuentra desgastado, parte de la línea de conducción que se encuentra descubierta se puede observar en la figura 4.6.



Figura 4.6 Tubería de conducción descubierta

- b) **Tanques:** en cuanto a los tanques de almacenamiento y repartidores se observó que en las épocas lluviosas los tanques repartidores superaron su capacidad por lo cual se produjeron desbordamientos, pudiendo esto ocasionar daños a la construcción con el paso del tiempo.
- c) **Problemas en la operación:** Los problemas en la operación se han dado producido en su mayoría por fallos humanos, tanto por no realizarse la limpieza correcta de los tanques de filtración o de almacenamiento provocando taponamientos en las tuberías que llegan a los hogares por el alto contenido de sedimentos en el agua.

- d) **Funcionamiento de válvulas de aire y desagüe:** Estas se encuentran funcionando de manera adecuada y fueron verificados con la ayuda del operador del sistema.

4.2.2.3 Sistema de tratamiento

Conforme a la evaluación y diseños del sistema realizado en el año 2008, el agua distribuida no cuenta con un tratamiento adecuado, tan solo cuenta con desarenador en la línea de conducción con una tasa superior a $300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, lo cual genera el paso de materia en suspensión, a lo expuesto se suma la falta de desinfección de las aguas antes de su distribución; por ello se ha previsto la inclusión de un sedimentador y filtros lentos para remover la turbiedad que se genera con las lluvias, así mismo se ha considerado la rehabilitación de las unidades de desinfección sobre cada una de las reservas existentes.

Se realizó una descripción del estado de cada una de las partes del sistema de tratamiento e identificación de problemas que tuvieron los operadores durante el tiempo que estuvo en funcionamiento la planta. Para ello se identificó la frecuencia de limpieza mediante verificación visual y entrevista a los usuarios: La limpieza comprende una de las principales debilidades de este sistema, al realizarse por medio de mingas comunales, la organización de estos trabajos es ineficiente, lo cual ha provocado que en los últimos 5 meses no se haya realizado el lavado de los materiales de los tanques de filtración, provocando un aumento en la población de algas. Además al no tener una cubierta se ha evidenciado la presencia de aves muertas en los tanques las cuales permanecen ahí por semanas hasta que un operador se percate de la situación.

Por otra parte se ha evidenciado que no se ha realizado el adecuado almacenamiento y desalojo de los materiales de sobrantes de la construcción de los tanques, arena de los tanques de filtración, permaneciendo de manera inadecuada en toda el área, además se observó el almacenamiento de materiales de pintura en la caseta destinada para la cloración donde se encuentra el primer tanque distribuidor.

4.2.2.4 Desinfección

Se dispone de casetas de cloración en las unidades de reserva las cuales son administradas por la junta Regional de Agua Mojanda Yanahurco conformada por 4 comunidades, sin embargo no existe una planificación para la cloración en conjunto, debido a esto la caseta de cloración principal no se utiliza. Cada una de las comunidades es responsable de la desinfección del agua fuera de la planta de tratamiento. En el caso de la comunidad de Pijal la desinfección se lleva a cabo en el primer tanque de reserva, sin embargo existe constantemente un desabastecimiento de hipoclorito.

4.2.2.5 Sistema de distribución y conexiones domiciliarias

El sistema de distribución recorre a lo largo de 9kilómetros desde la planta de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento y de éstos la red que corresponde a la distribución domiciliaria a lo largo de la comunidad como se puede observar en la figura 4.7.

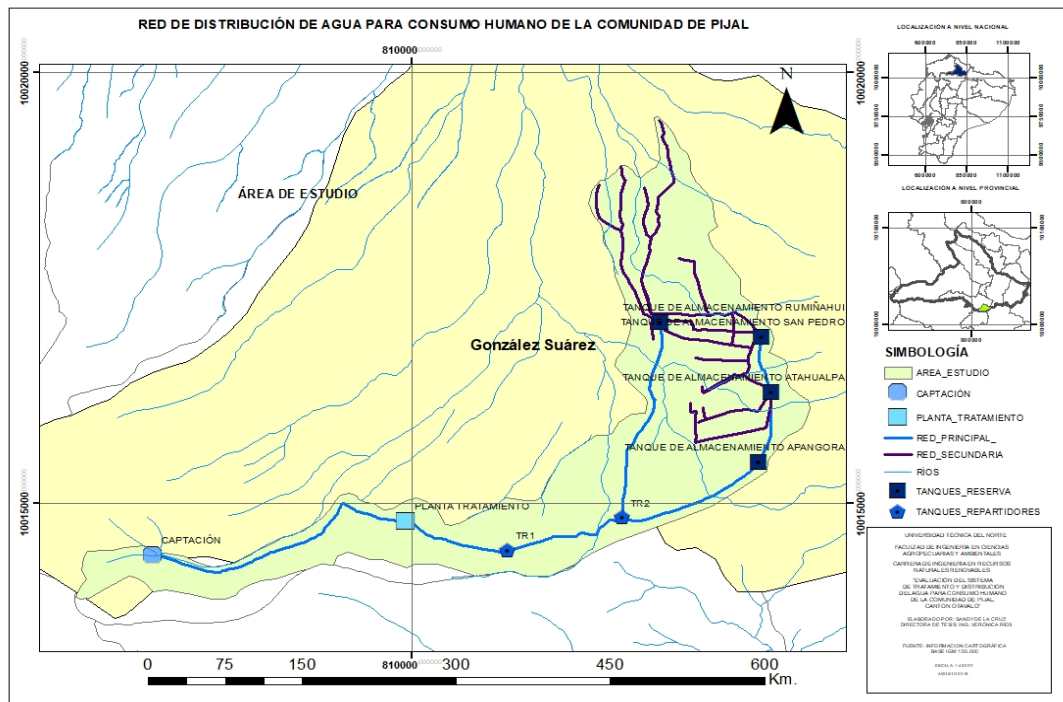


Figura 4.7 Sistema de distribución

a) Repartidores de caudal

Los principales tanques repartidores de caudal son: el repartidor inicial REP 1 que está ubicado en la parte alta, a partir del cual se bifurcan dos ramales hacia San Agustín de Cajas y Eugenio Espejo de Cajas. Desde el ramal asignado para Eugenio Espejo de Cajas, mediante el tanque repartidor de caudales 2 REP 2, se distribuye el caudal hacia las comunidades de Cajas Jurídica y Eugenio Espejo de Cajas, en este último tramo se ubica un tanque rompe presión TRP 4, en el cual se ha instalado doble salida, una de las cuales llega al tanque repartidor de caudales 3 REP 3 y la otra al tanque repartidos 5 REP 5 ubicado en la reserva de Apangoras. Desde el tanque repartidor de caudales 3 REP 3 se distribuye el caudal a Eugenio Espejo de Cajas y el otro ramal se dirige a la reserva de Pijal.

En el tanque repartidor de caudales 5 REP 5 salen dos ramales que se dirigen hacia la reserva de la Asociación Atahualpa, y el otro llega a la reserva de la Asociación Rumiñahui. A partir de las cuales se reparten a los ramales dirigidos a los hogares.

a) Tuberías de conducción

En las Asociaciones Atahualpa, Rumiñahui y Pijal se han realizado los cambios de tuberías en el año 2003. Estas redes se verificaron su capacidad y funcionamiento hidráulico para la demanda futura, además se debe indicar que en estas comunidades no se realizaron ensayos de micro medición de presiones de servicio.

El registro de presión en la red, tan solo se ha realizado en la comunidad Atahualpa y Pijal. El análisis del comportamiento hidráulico de las redes de distribución para cada una de las comunidades, es adecuado para las condiciones actuales.

Para el funcionamiento de las redes de distribución con la demanda futura, se detecta que tan solo en Rumiñahui y Pijal se requieren cambiar tramos de manguera y tubería PVC-P, así como la implantación de tanques rompe presión para disminuir las presiones de servicio. En cuanto a las conexiones domiciliarias instaladas la comunidad tiene una cobertura del 90 % de la población. Y los cambios propuestos en cuanto a las tuberías en los sectores de Rumiñahui y Pijal alto se realizaron con éxito en el año 2012.

El estudio determina que el tramo (L3) comprendido entre el tanque repartidor de caudales 1 (REP-1), y el tanque repartidos de caudales 4 (REP-4), conformado por 957 m de tubería PVC-P de 63 mm debe ser reemplazado, pues constituye un ramal antiguo (30 años) en el cual sus tanques rompe presión están sin operar por falta de accesorios y no tienen posibilidad de rehabilitación. En la zona se evidencia vulnerabilidad de deslizamientos los cuales producen daños en la línea de conducción como se muestra en la figura 4.8.



Figura 4.8 Deslizamiento en línea de conducción

b) Tanques de almacenamiento

En Pijal los tanques de reserva semienterrados P-1, y P-2 son de hormigón armado, en condiciones regulares, ya que requieren el cambio y/o la rehabilitación de accesorios y la construcción de cerramientos perimetrales, el volumen unificado de los tanques es de 65 m³. El tanque de reserva semienterrado TR-3 del Sistema Pesillo es de hormigón armado en buenas condiciones, por ser nuevos; su volumen es de 100 m³ con un cerramiento en buen estado. El volumen de reserva en las Asociaciones Atahualpa y Rumiñahui tiene un volumen estimado de 20 m³ cada una, y están compuestas por estructuras de hormigón armado en buenas condiciones con una vida útil remanente de 20 años

4.2.2.6 Administración del servicio

Los cambios del personal a cargo de la administración del agua se realizan anualmente, y el cambio del operador se lo realiza cada dos años, siendo este último

el único que recibe un sueldo por esta labor. Para el periodo 2017-2018 quienes conforman la Junta son:

- Presidente: Sr. Alonso Lechón
 - Tesorero: Sr. Gregorio Valle
 - Secretario: Sr. Noé Quilumbaquin
 - Operador: Sr. Juan Sánchez
- a) **Personal encargado de la operación:** de acuerdo al acta de conformación de la directiva para el periodo 2017-2018 en el cual dictamina que el operador deberá ser cambiado cada dos años, debido a que es complicado conocer el funcionamiento completo del sistema en poco tiempo.
- b) **Tarifas:** La tarifa que se aplica es única con un pago de \$ 1,00 /mes, recaudado por la Junta de Agua Potable (JAP). Esta tarifa no permite cubrir los costos operativos y administrativos del sistema. Esta tarifa única y no en función del consumo real, permite que los usuarios no utilicen el agua solo para consumo humano sino que en ciertos casos la usan para actividades agrícolas como riego.

4.2.3 Vulnerabilidad de la red vital de agua

Para la SNGR (2012), el estudio de vulnerabilidad es un importante factor en el análisis de riesgos, conocer sus variables e indicadores permite la comprensión de los escenarios de riesgos (en este caso de origen natural). Muchas veces los elementos expuestos pueden presentar amenazas de baja intensidad. Conocer la vulnerabilidad de las redes vitales es importante para un manejo adecuado de las mismas.

La red de agua de la comunidad de Pijal atraviesa una zona de riesgo sísmico y de deslizamiento debido a que la parte inicial de dicha red atraviesa por las estribaciones del cerro Mojanda. La vulnerabilidad de la red de agua se analiza en 3 sistemas; captación, planta de tratamiento, red de distribución, de los cuales se hace el análisis de vulnerabilidad física en las tablas 4.2; 4.3; 4.4; y en la tabla 4.5 se hace el análisis de la vulnerabilidad físico-funcional.

Tabla 4.2 Sistema de captación de agua




SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA				
				
				
VULNERABILIDAD FÍSICA				
FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	VALOR
	Estado Actual	El sistema se encuentra en buen estado y cumple con las exigencias técnicas.	Bueno	0
	Antigüedad	El sistema es antiguo, cuya construcción original sobrepasó los 25 años por lo cual fue reemplazado en el año 2003 a partir de lo cual no se han realizado cambios en la estructura	0 a 25 años	0
	Mantenimiento	No existe un plan específico de mantenimiento, éste se lo realiza si es necesario, especialmente si existen crecidas y hay arrastre de sedimentos	Esporádico	5
	Material de construcción	La estructura esta constringido en hormigón armado provista de rejilla de fondo, el tamaño es suficiente para el caudal actual de 5 l/s	Hormigón armado	1
	Estándares de diseño	El sistema cumple medianamente con el Código de Práctica Ecuatoriano (C.P.E). Diseño de instalaciones sanitarias; Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural	Entre IEOS y Norma local INEN 5	1
TOTAL				7

Tabla 4.3 Sistema de tratamiento de agua



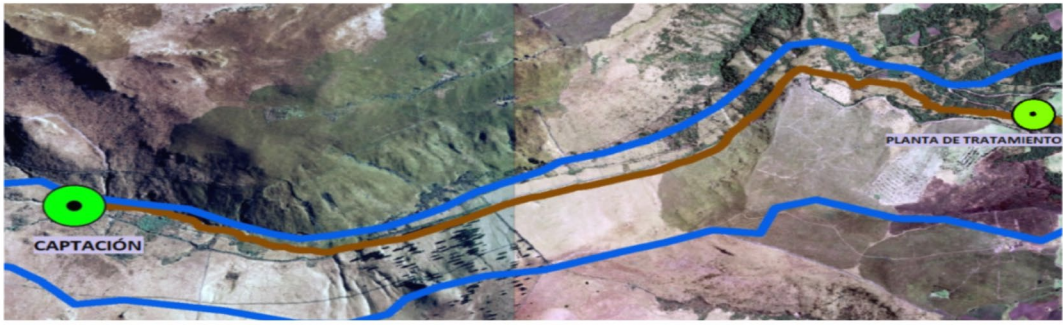
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA				
				
				
VULNERABILIDAD FÍSICA				
FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	VALOR
	Estado Actual	El sistema se encuentra en buen estado, sin embargo no cumple con las exigencias técnicas.	Bueno	0
	Antigüedad	El sistema original fue construido en el año 2008 y se construyeron piscinas nuevas de filtración en el año 2012.	0 a 25 años	0
	Mantenimiento	No existe un plan específico de mantenimiento y limpieza.	Esporádico	5
	Material de construcción	La estructura de construcción es de hormigón armado en su totalidad	Hormigón armado	0
	Estándares de diseño	El sistema cumple medianamente con el Código de Práctica Ecuatoriano (C.P.E). Diseño de instalaciones sanitarias; Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural	Entre IEOS y Norma local INEN 5	1
TOTAL				6

Tabla 4.4 Sistema de distribución de agua

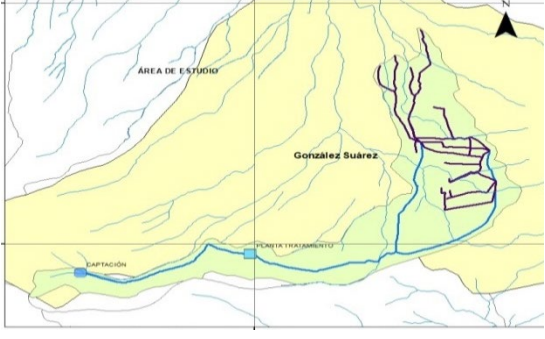

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA				
				
VULNERABILIDAD FÍSICA				
FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	VALOR
	Estado Actual	El sistema se encuentra en buen estado y cumple con las exigencias técnicas.	Bueno	0
	Antigüedad	El sistema es antiguo, cuya construcción original sobrepasó los 25 años por lo cual fue reemplazado en el año 2003 a partir de lo cual no se han realizado cambios en la estructura. El tramo (L3) comprendido entre el tanque repartidor de caudales 1 (REP-1), y el tanque repartidos de caudales 4 (REP-4), conformado por 957 m de tubería PVC-P de 63 mm debe ser reemplazado, pues constituye un ramal antiguo (30 años) en el cual sus tanques rompe presión están sin operar por falta de accesorios y no tienen posibilidad de rehabilitación.	25- 50 años	10
	Mantenimiento	No existe un plan específico de mantenimiento, éste se lo realiza si es necesario, especialmente si existen rupturas o daños.	Esporádico	5
	Material de construcción	Las tuberías de conducción y transmisión están conformadas por tuberías de PVC-P en diámetro que van desde 32 mm a 90 mm, tubería de hierro galvanizado de 2.00", y en manguera de polietileno de 1.50"	PVC	0
	Estándares de diseño	El sistema cumple medianamente con el Código de Práctica Ecuatoriano (C.P.E). Diseño de instalaciones sanitarias; Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural	Entre IEOS y Norma local INEN 5	1
	TOTAL			

Tabla 4.5 Vulnerabilidad funcional de la red de agua

RED DE AGUA				
FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	VALOR
	Cobertura de servicio	Según la información proporcionada por la junta de agua de la comunidad de Pijal la cobertura de la red de agua entubada es del 100% de las viviendas	>80%	1
	Dependencia	La red de agua de la comunidad de Pijal para su funcionamiento depende únicamente de productos químicos para su potabilización	Con dependencia	2
	Redundancia (alternativas de funcionamiento)	Esta red no presenta alternativas de redundancia en los sistemas de captación y tratamiento; en el sistema de distribución existe una serie de llaves que ayudan a controlar el flujo del agua y que en situaciones de emergencia podrían ayudar a crear una redundancia en el servicio.	Un sistema	1
	Capacidad de intervención	La Junta de agua de la comunidad de Pijal, si posee personal suficiente para una adecuada intervención y mantenimiento continuo de las redes, sin embargo presenta deficiencia por la falta de un equipamiento completo para el manejo integral de la red.	Personal calificado sin equipamiento	2
	TOTAL		Vulnerabilidad BAJA	6

4.2.3.1 Análisis de la vulnerabilidad intrínseca de la red

La red de agua potable y sus sistemas presentan en su mayoría vulnerabilidad baja ya sea estructural o funcional, sin embargo existen puntos que se deben tomar en cuenta para evitar daños posteriores en la red de agua.

El sistema de captación presenta un valor de calificación de 7 lo cual representa vulnerabilidad baja, sin embargo se debe tomar en cuenta que el mantenimiento esporádico es el principal problema que este sistema presenta, ocasionando mal funcionamiento. De igual manera el sistema de tratamiento presenta un valor de vulnerabilidad baja con una calificación de 6, pese a su estructura de construcción en buen estado se observó que existen modificaciones que realizar para mejorar el funcionamiento, además es imperativo la mejora en el mantenimiento, el cual ser esporádico ocasiona fallas en el funcionamiento y por ende el agua a ser distribuída no cumple con los estándares de calidad.

El sistema de distribución acumula una calificación de 15 lo cual denota una vulnerabilidad media, el principal punto a considerar es el año de construcción que supera los 25 años, esto corresponde a un tramo de tubería de 957 metros del ramal antiguo que debe ser reemplazado.

La red de agua acumula una calificación de 6 con lo cual muestra vulnerabilidad funcional baja, los valores de ponderación más altos se presentan en cuanto a la dependencia y la capacidad de intervención, debido a que depende de elementos como productos químicos para su tratamiento. La red de agua de Pijal cuenta con el personal suficiente para una adecuada intervención y mantenimiento continuo de las redes, sin embargo presenta deficiencia por la falta de un equipamiento completo para el manejo integral de la red.

4.2.4 Vulnerabilidad física por exposición de la red vital

La red vital de agua además de la vulnerabilidad físico-funcional puede ser propensa a otros factores como la sismicidad y los deslizamientos que podrían ocasionar daños en la estructura. La red de agua de Pijal tiene sus sistemas de captación, tratamiento y distribución en la parte alta del Mojanda, donde, luego de revisión de información secundaria se determinó que presenta susceptibilidad sísmica y mediante observación directa en campo se observó zonas de deslizamientos que han causado daños en las tuberías.

Tabla 4.6 Calificación de vulnerabilidad por exposición del sistema de captación de agua

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE							
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR	SISMICIDAD			DESLIZAMIENTOS		
		VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD	VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD
Estado actual	Bueno	1	1	1	1	1	5
Antigüedad	0 a 25 años	5	2.5	12,5	1	1.5	1.5
Mantenimiento	Esporadico	1	1.5	1,5	5	2	10
Material de construcción	Hormigón armado	1	3	3	1	2.5	2,5
Estándares de siseño y construcción	Entre el IEOS y la norma local	5	2	10	5	3	15
VULNERABILIDAD MEDIA		Total		28	Total		34

En la tabla 4.6 podemos observar que el sistema de captación presenta una vulnerabilidad MEDIA en cuanto a sismicidad y deslizamientos, por lo tanto de producirse alguno de éstos fenómenos naturales, se presentarían daños de baja gravedad en las estructuras, sin embargo se podrían recuperar con facilidad.

Tabla 4.7 Calificación de vulnerabilidad por exposición del sistema de tratamiento de agua

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE							
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR	SISMICIDAD			DESLIZAMIENTOS		
		VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD	VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD
Estado actual	Bueno	1	10	1	1	10	1
Antigüedad	0 a 25 años	1	25	2.5	1	20	2
Mantenimiento	Esporadico	10	10	10	10	10	10
Material de construcción	Hormigón armado	0	30	0	1	30	3
Estándares de siseño y construcción	Entre el IEOS y la norma local	5	25	12.5	5	30	15
VULNERABILIDAD MEDIA		Total		26	Total		31

En cuanto al sistema de tratamiento cuya calificación se detalla en la tabla 4.7, se observa que de igual manera presenta una vulnerabilidad media tanto en sismicidad como en deslizamientos los cuales en caso de presentarse ocasionarían daños leves en las piscinas de filtración y los tanques repartidores sin embargo serían de fácil recuperación, mediante trabajos de albañilería.

Tabla 4.8 Calificación de vulnerabilidad por exposición del sistema de tratamiento de agua

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE							
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR	SISMICIDAD			DESGLIZAMIENTOS		
		VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD	VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD
Estado actual	Bueno	1	10	1	1	10	1
Antigüedad	25-50 años	10	25	12.5	5	15	7.5
Mantenimiento	Esporadico	5	10	5	5	25	12,5
Material de construcción	PVC	1	30	3	5	20	10
Estándares de siseño y construcción	Entre el IEOS y la norma local	5	25	12.5	5	30	15
VULNERABILIDAD MEDIA-ALTA		Total		34	Total		46

Finalmente en la tabla 4,8, se detalla la calificación de vulnerabilidad sísmica y deslizamientos del sistema de distribución de agua, se puede observar que presenta vulnerabilidad media- alta, en cuanto a sismicidad la ponderación es media, sin embargo los valores en cuanto a deslizamientos son altos, esto debido a la antigüedad de un tramo de tuberías, las cuales en caso de darse el fenómeno natural ocasionaría daños graves, complicando su recuperación rápida.

4.2.5 Demanda de la población

La información sobre el número de habitantes de la comunidad proporcionada por la junta de Agua de Pijal Alto y los datos de crecimiento poblacional de la parroquia calcula la tasa de crecimiento poblacional que se considerará para el cálculo de la demanda.

Para estimar el índice de crecimiento se aplicó el método de crecimiento geométrico.

La ecuación que se aplica es la misma de interés compuesto, es decir:

$$Pf = Pa (1+i)^n$$

Dónde:

Pf: población futura

Pa= población actual

i = índice de crecimiento 0.063 obtenido de PDTO GADPR de González Suárez

n= periodo en años 25

$$Pf= 1005(1.063)^{25} = \mathbf{4623}$$

A partir de la aplicación de la fórmula se realizó el cálculo del crecimiento por sectores, cuyos resultados se detallan en la tabla 4.9.

Tabla 4.9 Índice de crecimiento por sectores

Sector	N° Familias año 2018	N° Habitantes año 2018	Crecimiento a 25 años
ATAHUALPA	55	165	759
RUMIÑAHUI	13	39	179,4
SAN PEDRO	73	219	1007,4
PIJAL ALTO	90	270	1242
YAKURUMI	30	90	414
LECHONPAMBA	23	69	317,4
CENTRO PIJAL	19	57	262,2
PADRE RUMI	11	33	151,8
SIXIPATA	17	51	234,6
VISARREA	4	12	55,2
TOTAL	335	1005	4623

Se realiza el detalle en cuanto al porcentaje de crecimiento de cada sector, siendo Pijal alto el cual presenta un índice de crecimiento mayor con un 27%, frente a los habitantes de Visarrea con un 1%, de acuerdo al recorrido realizado por la comunidad se evidenció que éste sector se encuentra ubicado en el final del ramal de la red de distribución de agua, siendo el área más alejada de la comunidad. Los valores de crecimiento de los sectores restantes de comunidad se detallan en la figura 4.10.



Figura 4.9 Índice de crecimiento detallado por sectores en la comunidad de Pijal

A partir de los datos del crecimiento poblacional se procede a calcular la demanda de agua por día con la dotación actual de agua que corresponde a 1,5 l/s, los resultados obtenidos se detallan en la tabla 4,10. Siendo la demanda a 25 años insuficiente para la cantidad de habitantes, tomando en cuenta esto, la junta de agua ha tomado la decisión de no ingresar más usuarios al abastecimiento de esta fuente, para aquellas nuevas familias se les asignará agua de una nueva captación en el cerro Cusin.

Tabla 4.10 Demanda de agua

Total de beneficiarios	Dotación de agua (l/s)	Demanda a 25 años l/s
1005	1,5	77,075

4.3 Determinación los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.

Luego de los resultados obtenidos en el laboratorio se realizó el análisis de cada uno de los parámetros, para determinar la calidad de agua desde la captación a los domicilios.

4.3.1 Parámetros físicos

4.3.1.1 Potencial Hidrógeno (pH)

De acuerdo a la comparación del pH de los resultados obtenidos con la Norma técnica, además de los límites permisibles dentro del TULSMA se pudo determinar que el agua en los 4 puntos de muestreo se encuentran dentro de los valores permisibles, sin embargo se observan ligeros cambios en los valores de las muestras de la Entrada de la planta de tratamiento y la salida, esto podría indicar que la planta de tratamiento está elevando el pH del agua al realizarse el tratamiento, los valores analizados se detallan en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Resultados de pH

POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	7,88	7,82	7,45	6,5 a 8,5
EPT	7,86	6,96 *	7,73	
SPT	8,05*	7,65	8,03*	
TR	7,77	7,73	7,73	
D	7,43	7,63	7,78	

* cambios en los valores dentro de los límites permisibles

4.3.1.2 Color

El color aunque se encuentra dentro de los límites permisibles como se muestra en la tabla 4.12, en el mes de diciembre la muestra de la entrada de la planta de tratamiento indica una elevación en los valores lo cual de nota que hubo una alteración en el tramo de la captación hasta dicho punto. El cambio en el color es algo que usualmente se observa en las épocas lluviosas ya que el agua que llega al punto de captación llega de la zona de pajonales (Marcó; Azario, 2004). También se observa cambio en el color en las muestras de enero a la salida de la planta de tratamiento lo

que también podría darse por la falta de un adecuado sistema de limpieza de las instalaciones.

Tabla 4.12 resultados de color

COLOR (UTC)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	0	1	2	15
EPT	0	3	1	
SPT	0	0	1	
TR	0	0	1	
D	0	0	0	

4.3.1.3 **Turbiedad.**

El agua proveniente de los pajonales presenta especialmente en épocas de lluvia muchos cambios en cuanto a la turbiedad del agua, sin embargo estos se mantienen dentro de los límites permisibles. En los resultados obtenidos en el laboratorio detallados en la tabla 4.13, se observa un cambio notable en la muestra del mes de enero en el punto de ETP, pudiendo ser debido al ingreso de tierra a la tubería de conducción ya que el área de captación se encuentra sin protección alguna, y varias veces se ha observado crecidas de caudal que arrastra material, al no existir un filtro adecuado, este pasa directamente a la tubería.

La causa de la turbidez del agua puede deberse a un tratamiento insuficiente en la planta de potabilización o a que el sedimento ha vuelto a quedar en suspensión en el sistema de distribución, así como a la existencia de conexiones cruzadas en el mismo (Marcó; Azario, 2004).

Tabla 4.13 Resultados de turbiedad

Turbiedad (NTU)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	0	0	1	5
EPT	0	0	2*	
SPT	0	0	0	
TR	0	0	0	
D	0	0	0	

* cambios en los valores dentro de los límites permisibles

4.3.1.4 Conductividad

La conductividad de las soluciones resulta ser directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos en el agua. Por este motivo, las medidas de conductividad del agua se utilizan como parámetro para evaluar la cantidad de sólidos disueltos totales (TDS, por su sigla en inglés) y la dureza del agua (López Sardi; Máximo Broitman, 2014).

En los análisis de laboratorio detallados en la tabla 4.14, se observa que las muestras se encuentran dentro de los límites permisibles sin embargo hay un incremento en los valores de la muestra del mes de enero, podría deberse a la presencia de lluvias abundantes y al ser agua de escorrentía de pajonales se incrementa los sólidos disueltos, lo cual altera los valores de conductividad del agua.

Tabla 4.14 Resultados de conducción

CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S}/\text{cm}$				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	74	56	82*	500
EPT	70	37	80*	
SPT	70	76	86*	
TR	68	82*	82*	
D	99	90	293*	

* cambios en los valores dentro de los límites permisibles

4.3.1.5 Sólidos totales disueltos

Es la suma de todo lo disuelto en el agua. Incluye sales inorgánicas, materia orgánica y otros materiales. Las sales son calcio, magnesio, bicarbonato, cloruros, sodio, sulfatos y minerales traza (Lagger, 2000)

En este parámetro podemos observar en la tabla 4.15 el incremento de los valores de los sólidos en el agua en la muestra de enero, lo cual de la misma manera que en la conductividad puede deberse a la presencia de lluvias fuertes durante ese mes.

Tabla 4.15 Resultados de sólidos disueltos

SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/l) (a 105 °C)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	38	29	42*	1000
EPT	35	19	41*	
SPT	36	39	44*	
TR	35	42	42*	
D	50	46	148*	

* cambios en los valores dentro de los límites permisibles

4.3.2 Parámetros químicos

Los compuestos químicos disueltos en el agua, dependiendo de su concentración puede afectar a la salud de quienes la consumen, es por eso que se realizaron los siguientes análisis químicos en el laboratorio:

4.3.2.1 Alcalinidad

Como se ha indicado anteriormente, la alcalinidad del agua viene determinada por la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos que actúan como reguladores de cambios de pH (Colmenares & De Soussa, 2010)

La alcalinidad observada en los resultados descritos en la tabla 4.16, se encuentra dentro de los límites permisibles, sin embargo, se observa un cambio significativo de

los valores de la muestra del mes de enero en el punto de muestreo D, lo cual puede indicar que existe un problema en las tuberías de conducción.

Tabla 4.16 Resultados de alcalinidad

ALCALINIDAD mg/l				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	53,34	39,37	57,15	250
EPT	60,96	26,67	54,61	
SPT	49,53	54,61	58,42	
TR	50,8	53,34	55,88	
D	41,91	41,91	138,43*	

* cambios en los valores dentro de los límites permisibles

4.3.2.2 Carbonatos

En este parámetro, al igual que el anterior, podemos observar en la tabla 4.17, que la muestra de enero del punto domicilio presenta un valor elevado, que a pesar de estar dentro de los límites permisibles es un cambio significativo entre los demás valores. En este caso por encima de los límites permisibles, esto podría deberse a alguna acumulación de minerales en la tubería del domicilio.

Tabla 4.17 Resultados de Carbonatos

CARBONATOS (mg/l)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	5,08	0	0	120
EPT	5,08	0	0	
SPT	5,08	0	0	
TR	0	0	2,54	
D	0	0	10,16*	

* cambios en los valores dentro de los límites permisibles

4.3.2.3 Cloruros

El ion cloruro es uno de los iones más difundidos en las aguas naturales. No suele ser un ion que plantee problemas de potabilidad a las aguas de consumo, aunque sí que es un indicador de contaminación de las aguas debido a la acción del hombre. Esto es así porque, aunque la concentración de cloruro en aguas naturales es muy variable pues depende de las características de los terrenos que atraviesan (Moreno Romero, 2018) En este estudio se puede observar que la concentración está dentro de los límites permisibles, sin embargo se presentan cambios perceptibles en la muestra de enero en el punto EPT, los valores se describen en la tabla 4.18.

Tabla 4.18 Resultados de cloruros

CLORUROS (mg/l)	Muestras			Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	5,57	4,82	6,27	250
EPT	5,57	6,75	7,23	
SPT	5,57	6,75	3,86	
TR	3,72	2,89	4,34	
D	3,86	3,38	3,38	

* cambios en los valores dentro de los límites permisibles

4.3.2.4 Hierro total

El hierro es un elemento común en la superficie de la tierra. A medida que el agua se filtra por el suelo y las piedras puede disolver este mineral y acarrearlo hacia el agua subterránea. Además, los tubos de hierro pueden corroerse y lixiviar (disolver) hierro dentro del abastecimiento de agua residencial (McFarland & Dozier, 2011).

En el estudio cuyos datos se puede observar en la tabla 4.19, la cantidad de hierro disuelto en el agua en las muestras de C en los meses Nov y Dic sobrepasa los límites

permisibles, así también, EPT en los tres meses de muestreo presenta valores sobre el límite permisible. En el punto SPT también se evidencia valores sobre los límites, finalmente en los puntos TR y D en el mes de enero muestran los mismos valores elevados, estos datos se muestran en la tabla 4.11. En la salida de campo se pudo observar captaciones de agua cercanas, por donde atraviesa la red de conducción, pertenecientes a comunidades vecinas presentan coloración amarillenta denotando presencia de hierro en el agua. En el caso de las muestras de los puntos SPT, TR y D puede deberse a tramos de tubería que necesita mantenimiento, así como los tanques rompe presión se encuentran en estado de abandono.

Tabla 4.19 Resultados de Hierro

HIERRO (mg/l)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	0,35 °	0,45 °	0,31	0,3
EPT	0,45 °	0,35 °	0,34 °	
SPT	0,18	0,32 °	0,34 °	
TR	0,33	0,24	0,34 °	
D	0,16	0,19	0,34 °	

° cambios en los valores fuera de los límites permisibles

4.3.2.5 Nitratos (NO₃)

El nitrógeno puede existir en la naturaleza como nitrógeno orgánico (formando parte de aminoácidos, aminas, proteínas y compuestos húmicos) e inorgánico (N₂ gaseoso, amonio, amoníaco, nitrito, nitrato y otros óxidos como NO, N₂O) (Canter, 1997). La entrada de los nitratos a las fuentes de agua es el resultado de procesos naturales y del efecto directo o indirecto de las actividades humanas. Los procesos naturales incluyen precipitación, el intemperismo de los minerales y, fundamentalmente, de la descomposición de la materia orgánica (Pacheco Ávila & Cabrera Sansores, 2003). El aumento de los niveles de nitratos puede deberse a prácticas agrícolas cerca de las

fuentes de agua, descomposición de material vegetal, sin embargo en el caso del área de estudio se puede observar que los niveles se encuentran dentro de los límites permisibles, debido a que la captación se encuentra en la zona de páramos donde no existe intervención humana. Los datos se muestran a detalle en la tabla 4.20.

Tabla 4.20 Resultados de Nitratos

NITRATOS (mg/l)	Muestras			Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	0,12	1,3	0,25	50
EPT	0,12	0,35	0,25	
SPT	0,24	1,3	1,3	
TR	0,3	1,9	0,23	
D	0,19	0,24	0,24	

4.3.2.6 Nitritos (NO₂)

Los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua. Ambos se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno de suelo y plantas superiores aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes que puede ocasionar que los niveles de estos aumenten. Los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas naturales (Hernández Garciadiego & Cabrera Molina, 2003).

Los niveles de nitritos son proporcionales a los de nitratos, por lo que se puede observar en los resultados en la tabla 4.21, que, de igual manera se encuentra dentro de los límites permisibles, si los límites de nitrito se elevaran podría causar problemas en la salud ya que los nitritos afectan directamente a los glóbulos rojos, alterando la concentración de oxígeno en la sangre.

Tabla 4.21 Resultaos de los Nitritos

NITRITOS (mg/l)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	0,06	0,04	0,01	3
EPT	0,14	0,01	0	
SPT	0,1	0,03	0,03	
TR	0,12	0,02	0	
D	0,05	0,06	0,02	

4.3.2.7 Sulfatos (SO₄)

Los sulfatos se encuentran de manera natural en numerosos minerales (barita epsomita, tiza, entre otros). Además se utilizan en la industria química como agentes de sedimentación o para controlar las algas (sulfato de cobre) en las redes de agua y, por último, como aditivos en los alimentos. (GOIB. 2009)

La concentración elevada de sulfatos en el agua puede causar efectos laxantes en la salud, la norma INEN 1108 no muestra los niveles máximos, sin embargo de acuerdo al TULSMA la concentración máxima es de 400mg/l por lo que los resultados de las muestras de la zona de estudio se encuentran muy por debajo de dicho límite como se detalla en la tabla 4.22.

Tabla 4.22 Resultados de sulfatos

SULFATOS (mg/l)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	0,35	1,32	0,75	200
EPT	1,06	2,33	1,23	
SPT	0,04	1,85	1,23	
TR	1,67	2,02	4,45	
D	1,76	0,53	80,08*	

* cambios en los valores dentro de los límites permisibles

4.3.2.8 Fosfatos

El aumento del crecimiento de las algas, que en el peor de los casos puede llevar a la eutrofización de las aguas superficiales, es consecuencia de unas altas concentraciones de fosfato, Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan sólo 1 g de fosfato-fósforo (PO₄-P) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas (Pütz, 2008).

Para la zona de estudio los resultados muestran que los valores correspondientes a las muestras de la EPT correspondientes a los meses de noviembre y diciembre como se muestra en la tabla 4.23, se encuentran sobre los límites permisibles de la norma INEN, además de la muestra de los domicilios también presenta un valor elevado, durante la verificación en campo se pudo observar crecimiento de algas en las piscinas de filtración lo cual podría ser una consecuencia del aumento de fosfatos en el agua.

Tabla 4.23 Resultados de Fosfatos

FOSFATOS (mg/l)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	0	0,4	0,05	0,3
EPT	0,69 °	0,64°	0,15	
SPT	0,03	0,05	0,18	
TR	0,05	0,33°	0,2	
D	0,43°	0,14	0,1	

° cambios en los valores fuera de los límites permisibles

4.3.2.9 Dureza Total (CaCO₃)

Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto,

así como en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales se calienta (Rodríguez, 2007). En los resultados del estudio descritos en la tabla 4.24 podemos observar que en la muestra de las instalaciones domiciliarias los valores son más elevados, por lo que es importante hacer una revisión y cambio de tuberías.

Tabla 4.24 Resultados de dureza total

DUREZA TOTAL (mg/l)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	59,4	51,48	55,44	300
EPT	79,2	31,68	53,46	
SPT	47,52	57,42	53,46	
TR	51,48	61,38	59,4	
D	59,4	71,28*	152,46*	
° cambios en los valores dentro de los límites permisibles				

4.3.3 Parámetros microbiológicos

Los valores de contenido de agentes microbiológicos, en específico coliformes en el agua para consumo humano debe estar siempre dentro de los límites permisibles, para el estudio se evaluaron los siguientes:

4.3.3.1 Coliformes totales

Los resultados de coliformes totales descritos en la tabla 4.25, son los que causan mayor preocupación ya que los valores están por encima de los límites permisibles. En el punto de la captación es evidente que la causa de los elevados valores es la falta de protección adecuada del área y la falta de limpieza de los canales de recolección de agua. La contaminación por coliformes avanza hasta el punto de entrada de la planta de tratamiento, sin embargo, se puede evidenciar que en la muestra de enero, a pesar de que en la captación está dentro de los límites, en el transcurso de la conducción del agua esta se contamina, probablemente en uno de los tanques rompe presión.

Para el caso de la muestra en el punto SPT en el mes de diciembre se observa que existe contaminación, esto es ocasionado por la falta de protección del área de las

piscinas de filtración. En cuanto a la muestra de los tanques de reserva también se observa contaminación, para esto se toma en cuenta que a partir de la salida de la planta de tratamiento la tubería de conducción recorre varios kilómetros hasta el tanque de reserva, la tubería recorre áreas de producción agrícola, donde puede existir filtraciones a las tuberías.

Finalmente en la muestra de las instalaciones domiciliarias en dos meses muestra valores elevados, de igual manera que la anterior puede deberse a filtraciones dentro de las tuberías de lixiviados de las zonas agrícolas y pecuarias. Para evitar este problema se está realizando la cloración periódicamente, en el tanque de reserva principal y se concientizó a la comunidad sobre la importancia de hervir el agua antes de consumirla.

Tabla 4.25 Resultados de coliformes totales

	COLIFORMES TOTALES (Ufc/100ml)			Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	75x10 °	15x10 °	<1	<1
EPT	60 °	40x10 ² °	90 °	
SPT	<1	14x10 °	<1	
TR	<1	75 °	12 °	
D	21x10 °	15x10 °	<1	

° cambios en los valores fuera de los límites permisibles

4.3.3.2 Coliformes fecales

Los organismos coliformes pueden diferenciarse en coliformes fecales debido a la capacidad que presentan algunos para producir indol y fermentar la lactosa a temperaturas elevadas (44.5°C) 5,6 Bajo estas condiciones, se excluyen aquellos organismos coliformes cuyo origen no sea intestinal. La investigación de los organismos coliformes fecales brinda mayor especificidad al estudio de la contaminación fecal en el agua. Sin embargo, para fines de evaluación de la calidad

sanitaria del agua para consumo humano, la existencia de cualquier bacteria coliforme la hace potencialmente peligrosa (Tamay, 1993).

Los resultados de la muestra del mes de noviembre descritos en la tabla 4.26, del punto de la entrada de la planta de tratamiento presenta un valor por encima de los límites permisibles, esto pudo deberse a contaminación fecal por parte de animales de la zona en uno de los tanques rompe presión.

Tabla 4.26 Resultados de coliformes fecales

COLIFORMES FECALES (Ufc/100ml)				Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	<1	<1	<1	<1
EPT	2 °	<1	<1	
SPT	<1	<1	<1	
TR	<1	<1	<1	
D				

° cambios en los valores fuera de los límites permisibles

4.4 Elaboración del plan de mejoras para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución

La protección del recurso hídrico incluye acciones que permiten mantener la disponibilidad y calidad de éste. Para efectos de garantizar la sostenibilidad, es recomendable iniciar acciones de protección y conservación en las partes altas y medias de las cuencas hidrográficas (MARN. 2014). Además es necesario mejorar los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano.

4.4.1 Antecedentes

La elaboración de un plan de mejoras para un sistema de tratamiento de agua que garantice la cantidad y calidad de la misma debe ir en conjunto con la población que se beneficia de esta, la comunidad además de la captación del área de estudio cuenta con dos tomas de agua más, que en el último año han mantenido el abastecimiento de

agua con mayor constancia que en años anteriores. Las personas no tomen conciencia de que el recurso agua es finito, generando desperdicio en su uso, incremento de la frontera agrícola, quema de pajonales, entre otros. Es por ello que se elabora el presente plan de mejoras para ser ejecutado por las autoridades comunales, incluyendo un plan de educación ambiental y concientización del uso adecuado para la conservación de los recursos naturales. El plan se centra en los siguientes puntos:

Social: El manejo de los sistemas de agua en las zonas rurales del Ecuador es manejado por las comunidades mediante Juntas de Agua o de los Gobiernos Comunitarios, amparados por la constitución política del estado y la ley de aguas. En estos casos de administración se puede observar la participación activa de los miembros de la comunidad en cuanto a la administración, toma de decisiones, mantenimiento estructuras y canales de agua, así como áreas de captación. Esto es de gran ayuda para concientizar a la gente del uso responsable del agua.

Económico: Toda actividad económica tiene relación directa con el recurso hídrico. En la comunidad de Pijal donde su principal actividad productiva es la agricultura y ganadería resulta indispensable, además la calidad del agua al momento de su consumo también afecta a la economía de las familias, si el agua que consumen presenta coliformes ocasiona enfermedades, especialmente en la población vulnerable como niños y adultos mayores, ocasionando que se deba realizar gastos médicos.

Ambiental: La entidad encargada del sistema de abastecimiento y la comunidad correspondiente velarán por la protección y el manejo de la cuenca y de la fuente, amparadas en la Constitución Política el Estado.

4.4.2 Objetivos del plan de mejoras para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución que garanticen la calidad y cantidad de agua.

Para la elaboración del plan de mejoras se plantearon los siguientes objetivos:

4.4.2.1 **Objetivo general del plan**

Brindar a la comunidad una guía para mejorar el manejo del sistema de tratamiento de agua y su distribución, así como para garantizar la cantidad y calidad de agua.

4.4.2.2 **Objetivos específicos**

- Elaborar programas, proyectos y medidas para ser aplicados por los miembros de la comunidad para mejorar el manejo del sistema de tratamiento de agua, garantizando agua de calidad y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.
- Proponer directrices para mejorar el uso y conservación del agua, la gestión administrativa, cuidado de páramos y concientización ambiental.

4.4.3 **Responsables**

De acuerdo a cada programa que se plantee deberá haber responsables de la ejecución de éstos, y se detallan en la tabla 4.27:

Tabla 4.27 Responsables de aplicación del plan

PROGRAMA	RESPONSABLE
Operación del sistema de tratamiento y red de distribución	Las directivas electas anualmente serán las responsables de la ejecución de los programas planteados.
Conservación y uso de fuentes de agua	
Capacitación comunitaria y organización	
Administración	
Seguimiento y control	

Elaborado por: La autora

4.4.4 **Propuestas para el Plan de mejoras para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución que garanticen la calidad y cantidad de agua.**

Luego del análisis de la situación actual de la zona de estudio, en conjunto con la directiva de la Junta de agua del presente año se elaboran las propuestas presentadas en la tabla 4.28. Además se elabora el presupuesto estimado para la implementación del plan, detallado en la tabla 4.29.

Tabla 4.28 Plan de mejoras para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución que garanticen la calidad y cantidad de agua.

PROGRAMAS	PROYECTOS	MEDIDAS
Conservación y uso de fuentes de agua	Manejo de Recursos Naturales	Manejo adecuado de la zona de recarga hídrica
	Prevención y mitigación de impactos	Prevención de impactos en las zonas de recarga hídrica
		Mitigación de impactos en la zona de recarga hídrica
Operación del sistema de tratamiento y red de distribución	Manejo adecuado de la planta de tratamiento, almacenamiento y distribución	Adecuación de la infraestructura de la planta de tratamiento. Infraestructura de los tanques de almacenamiento
		Evaluación de la red de tuberías y captación
Capacitación comunitaria y organización	Conciencia ambiental	Educación ambiental
		Capacitación ambiental a la comunidad
	Organización de la Junta de Agua	Fortalecimiento de la Directiva
Administración	Gestión administrativa	Implementación de cobro por medidores
		Definición de la tarifa base
Seguimiento, control y evaluación	Monitoreo del plan	Monitoreo y control del plan
	Monitoreo de la calidad y cantidad del agua	Monitoreo de la calidad del agua
		Monitoreo de la cantidad del agua

Tabla 4.29 Costos referenciales para el Plan de mejoras, para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución que garanticen la calidad y cantidad de agua

PROGRAMAS	PROYECTOS	MEDIDAS	COSTOS REF (\$)
Conservación y uso de fuentes de agua	Manejo de Recursos Naturales	Manejo adecuado de la zona de recarga hídrica	600
	Prevención y mitigación de impactos	Prevención de impactos en las zonas de recarga hídrica	600
		Mitigación de impactos en la zona de recarga hídrica	600
Operación del sistema de tratamiento y red de distribución	Manejo adecuado de la planta de tratamiento, almacenamiento y distribución	Adecuación de la infraestructura de la planta de tratamiento. Infraestructura de los tanques de almacenamiento	3500
		Evaluación de la red de tuberías y captación	2000
Capacitación comunitaria y organización	Conciencia ambiental	Educación ambiental	300
		Capacitación ambiental a la comunidad	400
	Organización de la Junta de Agua	Fortalecimiento de la Directiva	200
Administración	Gestión administrativa	Implementación de cobro por medidores	4620
		Definición de la tarifa base	4620
Seguimiento, control y evaluación	Monitoreo del plan	Monitoreo y control del plan	1500
	Monitoreo de la calidad y cantidad del agua	Monitoreo de la calidad del agua	1500
		Monitoreo de la cantidad del agua	1500

4.4.4.1 Programa de Conservación y uso de fuentes de agua

La comunidad de Pijal recibe agua de 3 fuentes hídricas rodeadas de recursos naturales de flora y fauna. Éstas fuentes son superficiales y el recurso hídrico es escaso, por lo cual es necesario priorizar la conservación de las áreas de recarga hídrica.

- **Objetivo del programa de conservación y uso del recurso hídrico**

Elaborar medidas para conservar y usar de manera adecuada el recurso hídrico de la comunidad, reduciendo los impactos negativos y potenciando los impactos positivos.

- **Alcance del programa de conservación y uso del recurso hídrico**

Reducir o minimizar los efectos naturales y antrópicos negativos y potenciar los positivos que favorezcan una adecuada conservación del recurso hídrico.

4.4.4.1.1 Proyecto de manejo de recursos naturales

El adecuado manejo de los recursos naturales es de vital importancia, debido a que estos son recursos finitos que sin el manejo adecuado llegan a terminarse, por lo que es necesario tomar medidas para mejorar la calidad de vida de las generaciones actuales sin comprometer los recursos para las generaciones futuras.

- **Medidas para el manejo adecuado de las captaciones de agua**

El agua, un recurso renovable que puede desaparecer si no se maneja de forma adecuada y su falta puede comprometer el desarrollo adecuado de las sociedades, para conservar el recurso se propone garantizar el caudal ecológico después de la captación en fuentes superficiales, mediante la aplicación de la ley y actualización de medición de caudales especialmente en época seca.

4.4.4.1.2 Proyecto de prevención y mitigación de impactos en la zona de recarga hídrica

Mediante la propuesta de medidas de prevención y mitigación se puede reducir la vulnerabilidad de los recursos Naturales e hídricos. Se establecen acciones para prevenir y minimizar los impactos negativos identificados a lo largo del estudio.

- **Medidas para la prevención de impactos en zona de recarga hídrica**

Es importante la prevención de impactos para evitar causar daños irreversibles a los recursos naturales; para esto se ha propuesto medidas que minimicen los impactos negativos en las áreas de fuentes de captación con la participación de los actores involucrados:

- Prevención de incendios forestales (realizando el control de quema de residuos de cosechas y el avance de la frontera agrícola)
- Control sobre las actividades turísticas realizadas en la zona de recarga hídrica.

- **Medidas para la mitigación de impactos en las zona de recarga hídrica**

La mitigación ambiental de los impactos generados en las captaciones, constituyen en un instrumento básico de gestión ambiental que determina y define medidas previstas para eliminar, reducir o remediar los efectos ambientales negativos generados en las captaciones.

- Cerramiento en el área de captación de agua, con la finalidad de impedir el libre acceso de personas particulares y animales que podrían alterar las condiciones óptimas del agua.

4.4.4.2 Programa de Operación del sistema de tratamiento y red de distribución

Este programa se elabora con el fin de mejorar el manejo del sistema de tratamiento de agua, con lo cual se garantice la calidad del agua que la población consume. Los proyectos y medidas se plantean luego de la evaluación in situ de las infraestructuras en conjunto con miembros de la directiva.

- **Objetivo del Programa de Operación del sistema de tratamiento y red de distribución**

Plantear medidas para el uso adecuado de la planta de tratamiento y mantenimiento adecuado de las redes de distribución.

- **Alcance del Programa de Operación del sistema de tratamiento y red de distribución**

Remediar las fallas encontradas en el sistema de tratamiento y distribución del agua, mejorando la calidad del agua servida a la población.

4.4.4.2.1 Proyecto de manejo adecuado de la planta de tratamiento, almacenamiento y distribución

En la planta de tratamiento se ha evidenciado varias fallas en la operación y la estructura lo cual ha ocasionado que la planta no opere de manera adecuada, además en el tanque de almacenamiento se observó fallas en la construcción que dificultan su limpieza, para lo cual se plantean medidas que deben ser aplicadas con premura.

- **Medidas para la adecuación de la infraestructura de la planta de tratamiento**

Una planta de tratamiento que funciona de manera óptima garantiza un agua de calidad para la población, al encontrarse varias fallas se plantea las siguientes medidas:

- Cobertura de las piscinas de filtración, para evitar contaminación por ingreso de animales, y reducir el crecimiento de algas
- Construcción de un aireador usando parte de la misma estructura existente.
- Elaboración de un adecuado sistema de limpieza de las piedras de los tanques de filtración.

- **Medidas para infraestructura de los tanques de almacenamiento**

En la revisión in situ de los tanques de almacenamiento, además de la visita en el momento que se realiza la limpieza por parte de los miembros de la comunidad se pudo observar los limitantes que causa las fallas en la infraestructura, por lo cual se sugiere las siguientes medidas:

- Apertura de un nuevo desfogue para vaciar el agua del tanque luego de realizada la limpieza.
- Incorporación de escaleras de acceso a los tanques para evitar el ingreso de herramientas del exterior.

- **Medidas para la infraestructura de la red de distribución**

El buen estado de las redes de distribución de agua desde el punto de captación pasando por la planta de tratamiento y finalmente a los domicilios influye en la calidad del agua que llega a la población, por lo cual se recomienda las siguientes medidas:

- Reemplazo de los tubos pvc en las zonas de deslizamiento por acero galvanizado, con la construcción de postes para asegurar los mismos.
- Reemplazo de tramos de tuberías en la zona de conducción de agua de la planta de tratamiento a los tanques de reserva, los cuales tienen 20 años de uso.
- Mantenimiento de los tanques rompe presión, cambio de tapas oxidadas y limpieza.

- **Medidas para el cerramiento y adecuación del punto de captación**

Tras la evaluación de los resultados de laboratorio de las muestras del punto de captación se evidenció que en éste punto se genera contaminación por lo cual se recomienda:

- Construir un cerramiento adecuado para evitar la entrada de animales al área de captación, tomando en cuenta el caudal ecológico.
- Realizar limpiezas periódicas de los tres canales de recolección que llega al punto de captación, evitando ingreso de sedimentos en el agua.

- Incorporar ripio en los canales de recolección 100 metros cuenca arriba desde el punto de captación, que actúe como un primer filtro en la cadena de tratamiento.

4.4.4.3 Programa de capacitación comunitaria y organización

Este programa se ha elaborado con la finalidad de que el presente documento permita un mejor manejo del sistema de tratamiento, conservación de la zona de recarga hídrica, concientización a la gente sobre el uso del agua.

- **Objetivo del programa de capacitación comunitaria y organización**

Crear medidas con el fin de impulsar la capacitación y organización comunitaria en la implementación del plan.

- **Alcance del programa de capacitación comunitaria y organización**

Impulsar la participación activa de los miembros de la comunidad, para un adecuado manejo del sistema de tratamiento de agua y la zona de recarga hídrica.

4.4.4.3.1 Proyecto de concientización ambiental

La falta de conciencia de la población sobre los problemas que enfrenta actualmente el planeta genera que se use los recursos sin límite alguno con la idea que éstos no se van a terminar con el tiempo.

- **Medidas para la educación ambiental**

La educación ambiental es una de las herramientas más importantes que permiten a las personas conocer las relaciones de sus actividades diarias con su entorno, por los problemas actuales que se evidencian en el planeta es importante empezar con la educación ambiental con las generaciones venideras.

- Capacitación a estudiantes de la Unidad Educativa de la comunidad, y las de las comunidades vecinas, debido a que muchos de sus estudiantes pertenecen

a la comunidad de Pijal, en temas relacionados a los recursos naturales y la importancia de la conservación del recurso hídrico

- Generar convenios en el GAD Parroquial de González Suárez para brindar charlas destinadas a niños de centros infantiles, sobre el uso adecuado del agua.
- Vigilancia constante por medio del operador de la junta de agua el uso inadecuado del agua.

- **Medidas para la capacitación ambiental a la comunidad**

Este tipo de capacitación ambiental va dirigido a la población adulta, las cabezas de familia, sobre el uso adecuado del agua que reciben en sus hogares y la importancia de conservar los páramos que son las zonas de recarga hídrica, por lo cual se propone lo siguiente:

- Realizar capacitaciones por sectores debido a que la comunidad es muy grande, garantizando la participación de la mayor parte de los habitantes, enseñándoles que el agua que reciben es exclusivamente para consumo humano, ya que uno de los principales problemas es que hay familias donde el agua se emplea para riego de charas, además es importante enseñar a la gente sobre la importancia de detener el avance de la frontera agrícola, el desbroce de zonas de matorral y la quema de los mismos.

4.4.4.3.2 Proyecto de organización de la Junta de agua

Uno de los principales problemas en las zonas rurales del Ecuador es el inadecuado manejo de las juntas de agua por parte de los cabildos,

- **Medidas para el fortalecimiento de las directiva**

La directiva que se hace cargo del manejo del agua de la comunidad de Pijal enfrenta varios problemas que afectan a la población, por lo cual se propone lo siguiente:

- Elaboración de un estatuto para el manejo del recurso hídrico, conservación ambiental y manejo financiero.
- Legalizar la junta de agua en la Secretaría Nacional del Agua.

4.4.4.4 Programa de administración

Este programa dará las pautas que la Junta Administradora de Agua Potable debe cumplir con la prestación de servicios de manera efectiva y los movimientos financieros, ingresos y gastos requieren ser administrados adecuadamente con el fin de evitar que el sistema se paralice.

- **Objetivo del programa de administración**

Dar las pautas necesarias para que exista una adecuada gestión administrativa y financiera las Junta Administradora de Agua.

- **Alcance del programa de administración**

Fortalecer los sistemas de abastecimiento de agua potable y la gestión administrativa de los mismos.

4.4.4.4.1 Proyecto de gestión administrativa

Una gestión administrativa eficiente permitirá a la Junta Administradora de Agua Potable evitar la descoordinación de los dirigentes y falta de recursos.

- **Medidas para la implementación de cobro por medidores**

- La falta de este sistema de cobro genera que exista una desigualdad en el uso del agua así como en el cobro de la tarifa, es por eso que se propone:
- Implementación de medidores nuevos en los hogares cuyo medidor no permita la lectura adecuada de los valores de uso.

- **Medidas para la definición de la tarifa base**

- Además de la falta de uso de los medidores para el cobro también existe la problemática de la inexistencia de una tarifa base por metro cúbico de uso, para lo cual se sugiere:

- Realizar un muestreo de uso de agua, para obtener el dato de uso mínimo y máximo, con ello establecer la cantidad de metros cúbicos base para proponer un precio a partir del cual realizar el cobro, esto con la ayuda de la lectura de medidores.

4.4.4.5 Programa de Seguimiento y control.

Es necesario realizar el control y seguimiento de los procesos financieros, así como el estado de la infraestructura de la planta de tratamiento y redes de distribución.

- **Objetivo del programa de seguimiento, evaluación y control**

Establecer las pautas metodológicas para la realización del seguimiento, evaluación y control del plan y de la calidad y cantidad de agua.

- **Alcance del programa de seguimiento, evaluación y control**

Analizar el avance y en el cumplimiento de los compromisos establecidos en el Plan.

4.4.4.5.1 Proyecto de monitoreo del plan

Se debe planificar visitas de supervisión, monitoreo y evaluación en forma conjunta con las personas involucradas, con el fin de brindar asistencia técnica y resolución de problemas. Para lo cual se propone las siguientes medidas:

- Supervisión y fiscalización de las acciones del Plan de Aprovechamiento y Mejoramiento Adecuado y ampliación o mantenimiento de las medidas del mismo.
- Toma de correctivos a los problemas identificados.

4.4.4.5.2 Proyecto de monitoreo de la calidad y cantidad de agua

Estas medidas tienen como propósito fundamental asegurar que el suministro de agua potable sea de buena calidad y en cantidad suficiente. Es necesario que en la captación, planta de tratamiento, tanque de reserva y red domiciliaria, se realicen monitoreos anuales o semestrales de sus aguas en aspectos físico-químico y

microbiológico para poder conocer el estado de la calidad de agua que consumen los habitantes.

- **Medidas monitoreo de calidad de agua**

- Monitorear la calidad de agua (análisis físico- químico y microbiológico) en la época seca y en época lluviosa, dos veces por año.
- Control de cloro residual una vez por semana por el operador de la junta de agua.
- Mejoramiento de sistemas de cloración. Construcción de un área de almacenamiento para el cloro.

- **Medidas para monitoreo de cantidad de agua**

Se requiere tener una idea clara de la cantidad de agua que tiene cada una de las Juntas Administradoras de Agua Potable.

- Medición de caudales afluentes cuatro veces al año (dos por temporada), para planificar la distribución a los usuarios. o Monitoreo permanente de la demanda del recurso hídrico y evidenciar posibles déficits del recurso.

- **Medidas para garantizar el abastecimiento futuro del agua**

- Establecer programas de ahorro de agua o Fomentar la reutilización del agua.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El análisis de vulnerabilidad de los componentes de la red vital del agua de Pijal, en cuanto a la funcionalidad presenta vulnerabilidad baja, sin embargo existe escasez de materiales para su mantenimiento adecuado. En cuanto la evaluación estructural, la captación y el sistema de tratamiento son de baja vulnerabilidad, siendo necesario realizar cambios pequeños en la infraestructura. En cuanto a la red de distribución presenta vulnerabilidad media-alta, debido a una red de tuberías que sobrepasan el tiempo de vida útil que deben ser reemplazados.
- Mediante el análisis de los resultados de laboratorio se evidencia que el agua para Pijal cumple con la normativa INEN 1108 en cuanto a los parámetros físicos y químicos, no obstante se evidencia cambios en los valores de sulfatos dentro de la normativa, que podrían estar ocasionando el crecimiento elevado de algas observado en la verificación en campo. En cuanto a los parámetros microbiológicos los valores denotan que no se cumple con la normativa, debido a la presencia de coliformes tanto fecales como totales, ocasionado por el manejo inadecuado de las estructuras y la falta de un cronograma adecuado de desinfección con hipoclorito.
- Para el mejorar el manejo del sistema de tratamiento y la red de distribución de agua para la comunidad de Pijal se proponen la implementación de 5 programas y 8 proyectos enfocados en reducir al mínimo su vulnerabilidad estructural y funcional, garantizando con ello agua de calidad para la población, y el cuidado de los páramos que proveen el líquido vital.

5.2 Recomendaciones

- Se deben implementar adecuaciones a las estructuras en la planta de tratamiento y en el área de captación con el fin de disminuir la contaminación del agua por parte de la fauna de la zona. Además del cambio de las tuberías de acero galvanizado que se encuentra en varios tramos de la red de distribución por tubería PVC, garantizando que el agua llegue a los domicilios en las mismas condiciones que cuando sale de la planta de tratamiento.
- Es necesario realizar la limpieza de los tanques de filtración de manera constante cada 30 días, además es indispensable realizar la cloración del agua previa a su distribución. Para esto se debe capacitar y equipar al operador con el fin de que tanto la limpieza como la cloración sean realizadas de manera adecuada.
- La implementación de las medidas descritas en el plan de mejoras podría ser replicada en las comunidades aledañas, donde se presentan problemas similares en cuanto a la calidad de agua como consecuencia del mal manejo de los sistemas.
- La concientización ambiental en cuanto al cuidado de los páramos es fundamental y debe ser impartida no solamente a los habitantes de la comunidad de Pijal, si no en el resto de comunidades que obtienen el líquido vital de los páramos y que realizan la administración de manera comunitaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Aldas Palacios, G. (2010). Estudios para la determinación de la situación actual y diseño de las obras complementarias para terminar la rehabilitación y mejoramiento de los sistemas rurales de agua potable incluidos en el proyecto Pesillo – Imbabura, del cantón Pedro Moncayo. Quito.
- Armijos, M. (2014). El manejo comunitario del agua en Mojanda, Ecuador: Política, derechos y recursos naturales. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, Editores. *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*. Sussex, UK: CONDESAN. Recuperado de: file:///C:/Users/HP%201/Downloads/fnwi_ibed_ppabook.pdf
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos Físico Químicos de la Calidad del Agua. En: Vásquez, L. (Ed) *Tratamiento de Agua para Consumo Humano*, Plantas de filtración. Manual I. (pp. 9-13). Lima: Organización Panamericana de la Salud. Recuperado de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Barrios Napurí, C., & Torres Ruiz, R. (2009). Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud.
- Benito Velásquez, A. (2015). EVALUACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CHOCONTÁ, CUNDINAMARCA. Bogotá, Colombia: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Cajas, C. (1999). Administración de los Sistemas de Agua Potable. En U. d. Cuenca. Cuenca: CAMAREN.
- Canter, L. (1997). Nitrates in groundwater. Boca Ratón, Florida: Lewis Publishers.

CARE Internacional, A. (2012). Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades

Chiles Arévalo, G.V. (2015). *Evaluación de la calidad y cantidad de agua de las Juntas Administradoras de agua potable del cantón Montúfar para el diseño de un plan de mejoramiento y aprovechamiento adecuado*. Trabajo de Grado. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

Colmenares, M., & De Soussa, A. (24 de Octubre de 2010). *Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control*. Obtenido de Boletín de Malariología y Salud Ambiental, recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482010000200003&lng=es&tlng=es

Crespo Coello, P., Carrasco, P., Casamen, R., & Cordero, M. (2013). *La gestión comunitaria del agua para consumo humano y saneamiento en el Ecuador: Diagnóstico y propuestas*. Foro de los recursos hídricos

DISEPROSA;. (2014). *Plantas de tratamiento de aguas*. GUAYAQUIL.

Fonseca, Catarina y Bolt, Eveline (2002). *Cómo apoyar la gestión comunitaria de los sistemas de abastecimiento de agua: Guías para administradores*. Delft, Países Bajos. IRC, Centro Internacional de Agua y Saneamiento (Documentos Técnicos, Serie 37). Recuperado de <https://es.ircwash.org/sites/default/files/205.1-02CO-17796.pdf>.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural, G., & GESPYM, PRODERENA. (2013). *La cartilla de los recursos naturales*.

- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de González Suárez. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de González Suárez*. Otavalo, Ecuador: Autor.
- Gobierno de las islas de Balears, Dirección general de salud pública y participación. Salud ambiental. *Sulfatos en agua de consumo humano*. Obtenido de: <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/sulfats-26202/>
- Gutierrez De Velasco, E. (2006). Diseño de un sistema de agua potable para una comunidad rural en el estado de Puebla.
- Hernández Garcíadiego, L., & Cabrera Molina, E. (2003). *Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014&lng=es&tlng=es.
- Idrobo, Barrera, & Camaren. (1999). Administración de los Sistemas de Agua Potable. Cuenca: CAMAREN.
- Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales De Colombia. (2002). *Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Aguas Subterráneas*. Bogotá D.C: Autor. Recuperado de: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad//gui-a-para-el-monitoreo-de-vertimientos-aguas-superficiales-y-aguas-subterranas>
- Istituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos, I. (2016). *Encuesta nacional de empleo, desempleo y subempleo*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana. Agua potable, requisitos*, quinta edición. Quito: Autor.

- Ki-moon, B. (2010). Derecho humano al agua y al saneamiento. Un agua potable segura y un saneamiento adecuado.
- KMynor , R. (2013). TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA . *Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar Boletín Electrónico No. 08*, 12.
- Lagger, J. (2000). *La importancia de la calidad del agua en la producción lechera*.
- Ley Orgánica de Salud (2016). *Registro Oficial, Supl. 423* (22 de diciembre de 2006). Quito: Autor.
- López Sardi, E. M., & Máximo Broitman, A. (2014). *Calidad del agua domiciliaria. Experiencia de aprendizaje en el transcurso de un proyecto de investigación: aplicación del método científico*. Universidad de Palermo. Obtenido de: https://www.palermo.edu/ingenieria/PDFs/GIIS/TRABAJO_COINI_LOPEZSARDI.pdf
- McFarland, M., & Dozier, M. (2001). *Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso*. Obtenido de: <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/15451sironandman.pdf>
- Marcó, L., & Azario, R. (2004). *La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina)*. Higiene y Sanidad Ambiental.
- Microlab. (2016). *microlabindustrial.com*. Obtenido de Análisis de sólidos totales volátiles.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, LIBRO VI / ANEXO I.

Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014). *La gestión integrada del recurso hídrico*. San Salvador. El Salvador, centro américa: 2pix estudio. Recuperado de: <http://www.marn.gob.sv/descargas/Publicaciones/Series%20RH/Protejamos%20y%20Conservemos%20el%20Recurso%20Hidrico.pdf>

Moreno Romero, F. (27 de Septiembre de 2018). *Determinación de cloruros en aguas corrientes y aguas minerales corrientes por el método de MOHR*. Obtenido de [Escritos científicos: http://www.escritoscientificos.es/contadordescargas1/26_cloruros.htm](http://www.escritoscientificos.es/contadordescargas1/26_cloruros.htm). Andívar Boletín Electrónico No. 08, 12.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Genève, Suiza: Autor. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

Pacheco Ávila, J., & Cabrera Sansores, A. (2003). *Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas*. Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.

PDOT González Suárez. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de González Suárez.

Pütz, P. (2008). *HACH LANGE*. Obtenido de <https://es.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593611552>

Rengifo, A. (2011). *Diseño y construcción de un sistema de purificación de agua potable, osmosis*. Manabí: Universidad Laica Eloy Alfaro.

Rocha, E. (2010). *Ingeniería de Tratamiento y acondicionamiento de aguas*. México: Universidad Autónoma de Chihuahua.

- Rodriguez, C. (2007). *Dureza total en agua con edta por volumetría*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>
- Roldán, V. (2012). *Obras implantadas en las comunidades beneficiarias del Proyecto Pesillo Imbabura*. Ibarra.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. Quito: Autor.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México. DF. Recuperado de ; <http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Cartagena de Indias. Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Recuperado de: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Serrano, J. (2008). *Proyecto de un sistema de abastecimiento de agua potable en togo*. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.
- Sheng, T. (1992). *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas, Estudio y planificación de cuencas hidrográficas*. FAO.
- Tamay, P. (1993). *Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en campeche*. Revista de Salud Pública de México.
- Universidad de Sonora. (Abril de 2010). *Materiales de práctica escolar del curso de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación*. Recuperado el 2018, de <http://haydehdzp.blogspot.com/2010/04/destilacion-del-agua.html>.


Varón Palacio, L. M. (2014). *Uso de las plantas de tratamiento de agua potable en acueductos rurales*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Wysocki, J. L. (2000). Agua potable. *contribuyamos con un hogar sano*, 12.


ANEXO 1

Orden de trabajo para análisis de laboratorio.

LABOLAB		ORDEN DE TRABAJO	
ANÁLISIS DE ALIMENTOS AGUAS Y AFINES		N° 174978	
Francisco Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro			
Telfs. 2563 225 / 2561 350 / 3238 503 / 3238 504 / Cel.: 0999 590 412			
Quito - Ecuador			
FECHA DE INGRESO:	viernes, 25 de agosto de 2017		
CLIENTE:	Junta de Agua de Pijal Alto		
DIRECCIÓN:	Comunidad Pijal, Otavalo		
RUC:	1001129780		
RESPONSABLE DE LA MUESTRA:	Sandy de la Cruz		
TELEFONOS:	.0992220622		
EMAIL:	mdolores-dipeibi65@hotmail.com	Envío electrónico	—
		Autorizado Por:	—
Solicitud	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	
MUESTRA ANALIZAR			
MUESTRA:	Agua de vertiente Milan Pogyo		
CARACTERÍSTICAS	Líquido incoloro		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	24/08/2017		
FECHA DE VENCIMIENTO:	—		
LOCALIZACIÓN:	Comunidad Pijal, Cantón Otavalo		
ENVASE:	Botella de vidrio + frasco estéril		
CONTENIDO:	500ml + 150ml		
Nº DE MUESTRAS:	2 + 1		
TEMPERATURA:	Ambiente		
COMENTARIO:	Informes a nombre de Sandy de La Cruz / Pijal, Otavalo		
PARAMETROS A ANALIZAR:			
MICROBIOLÓGICOS:			
RC, RC fecales			
FÍSICO QUÍMICOS:			
FQ			
PROFORMA :		No Viable:	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisado por:		Entrega de result:	
Autorizado por:		Factura N°:	13784
Viable:	cl		



RECIBIDO POR LABOLAB


FIRMA DEL CLIENTE

* La estabilidad de los productos alimenticios se realizará en tiempo real y a las condiciones ambientales establecida por las entidades de control. Únicamente se realizará estabilidad acelerada bajo la responsabilidad del cliente.

* En caso de reclamo, se verificará los resultados en las muestras ingresadas, en caso de que el cliente desee realizar esta verificación en otra muestra, esta tendrá un costo.

* Se realiza un estricto control de la calidad de los resultados emitidos, para garantizar la confiabilidad de los mismos

MC
Edición 4: Junio 2017

ANEXO 2

Encuesta socioeconómica y de uso y calidad de agua de la comunidad de Pijal

A. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD

Encuestador (a): _____

Fecha de Entrevista: ____ / ____ / ____ Hora

Parroquia: _____ Comunidad: _____ Sector: _____

Persona Entrevistada (jefe del hogar): Padre () Madre ()

otro _____

B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

1.-	Uso:	Sólo vivienda ()
		Vivienda y otra actividad productiva asociada ()
2.-	Tenencia de la vivienda	Propia ()
		Alquilada ()
		Alquiler Venta ()
3.-	¿Cuenta con los siguientes servicios básicos?	
	Energía eléctrica	si () No ()
	Red de agua	si () No ()
	Red de desagüe	si () No ()
	Pozo séptico/Letrina/Otro	si () No ()
	Teléfono	si () No ()

C. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

4.	¿Cuántas personas habitan en la vivienda?	
5.	¿Cuántas familias viven en la vivienda?	
6.	¿Cuántos miembros tienen su familia?	
7.-	¿Cuántas personas trabajan en su familia?	

D. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

8.	¿Cuántos días a la semana dispone de agua?	
9.	¿Cuántas horas por día dispone de agua?	Horario desde la..... Hasta las.....
10.	¿Paga usted por el servicio de agua?:	si () no ()
11.	Si es no, ¿Por qué?:	
12.	¿Cuánto paga por el consumo de agua?	
13.	¿Almacena usted el agua para el consumo de su familia?	si () no ()
14.	¿Cuántos litros caben en el depósito donde almacena agua en su casa?	_____ Litros
15.	La calidad del agua es:	Buena () mala () regular ()
16.	¿Con qué presión llega el agua a la vivienda?	Bajo () suficiente() alto ()
17.	¿El agua llega limpia o turbia?:	Limpia todo el año() Turbia por días () Turbia por meses () Turbia todo el año ()
18.	¿Está usted satisfecho con el servicio de agua? ¿Cómo lo calificaría?	Bueno () Malo () Regular ()
19.	¿El agua antes de ser consumida le da algún tratamiento?:	Ninguno() Hierve () Otro _____
20.-	El agua que viene de la red pública la usa para:	Beber ()) Preparar alimentos () Lavar ropa () Higiene personal () Limpieza de la vivienda()) Regar la chacra () Otros ()

E. INFORMACION SOBRE EL SANEAMIENTO Y SALUD

21.	¿Tiene conexión al sistema de desagüe?:	si () no ()
22.	Si es no, ¿Por qué no?	

23.	Si es si, ¿Paga alguna cuota por este servicio?:	si () no ()
24.	Considera usted que el agua potable es un bien que:	Debe pagarse () ¿Por qué? No debe pagarse() ¿Por qué?
25.	¿Cree usted que el agua que consume puede causar enfermedades?	Si () ¿Por qué? No () ¿Por qué?
26.	¿Qué enfermedades afectan con mayor frecuencia a los niños y adultos de su familia y cómo se tratan?	
27.	¿Cómo se elimina la basura en su vivienda?	Por recolector municipal() Enterrado () En botadero () Quemado () Otro (especifique)
28.	¿Con qué frecuencia elimina la basura de su vivienda?	Diaria () 2 veces a la semana () Cada 2 días () 1 vez a la semana ()

ANEXO 3

Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de redes vitales

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE		
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR	VALOR DE VULNERABILIDAD POR INDICADOR
Estado Actual	Bueno	0
	Regular	5
	Malo	10
Antigüedad	0 a 25 años	0
	25 a 50 años	5
	>50 años	10
Mantenimiento	Planificado	0
	Esporádico	5
	Ninguna	10
Material de construcción	PVC	0
	Hormigón armado	1
	Asbesto Cemento	5
	Mampostería de piedra y ladrillo	10
Estándares de diseño	Lugo de la norma local	0
	Entre el IEOS y la norma local	1
	Antes del IEOS	10
Valor máximo		50

Fuente: SNGR, 2012

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE		
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR	VALOR DE VULNERABILIDAD POR INDICADOR
Estado Actual	Bueno	0
	Regular	5
	Malo	10
Antigüedad	0 a 25 años	0
	25 a 50 años	5
	>50 años	10
Mantenimiento	Planificado	0
	Esporádico	5
	Ninguna	10
Material de construcción	PVC	0
	Hormigón armado	1

	Asbesto Cemento	5
	Mampostería de piedra y ladrillo	10
Estándares de diseño	Lugo de la norma local	0
	Entre el IEOS y la norma local	1
	Antes del IEOS	10
Valor máximo		50

Fuente: SNGR, 2012

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE		
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR	VALOR DE VULNERABILIDAD POR INDICADOR
Estado Actual	Bueno	0
	Regular	5
	Malo	10
Antigüedad	0 a 25 años	0
	25 a 50 años	5
	>50 años	10
Mantenimiento	Planificado	0
	Esporádico	5
	Ninguna	10
Material de construcción	PVC	0
	Hormigón armado	1
	Asbesto Cemento	5
	Mampostería de piedra y ladrillo	10
Estándares de diseño	Lugo de la norma local	0
	Entre el IEOS y la norma local	1
	Antes del IEOS	10
Valor máximo		50

Fuente: SNGR, 2012

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE							
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR EXPUESTO	SISMICIDAD			DESLIZAMIENTOS		
		VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD	VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD
Estado Actual	Bueno	1	10	1	5	10	5
	Regular	5		5	5		5
	Malo	19		10	10		10
Antigüedad	0 a 25 años	5	25	12,5	1	15	1,5
	25 a 50 años	10		25	5		7,5
	>50 años	10		25	10		15
Mantenimiento	Planificado	0	15	0	1	20	2
	Esporádico	1		1,75	5		10
	Ninguna	5		7,5	10		20
Material de construcción	PVC	0	30	0	1	25	2,5
	Hormigón armado	1		3	1		2,5
	Asbesto Cemento	10		30	5		12,5
	Mampostería de piedra y ladrillo	10		30	10		25
Estándares de diseño	Lugo de la norma local	1	20	2	1	30	3
	Entre el IEOS y la norma local	5		10	5		15
	Antes del IEOS	10		20	10		30

Fuente: SNGR, 2012

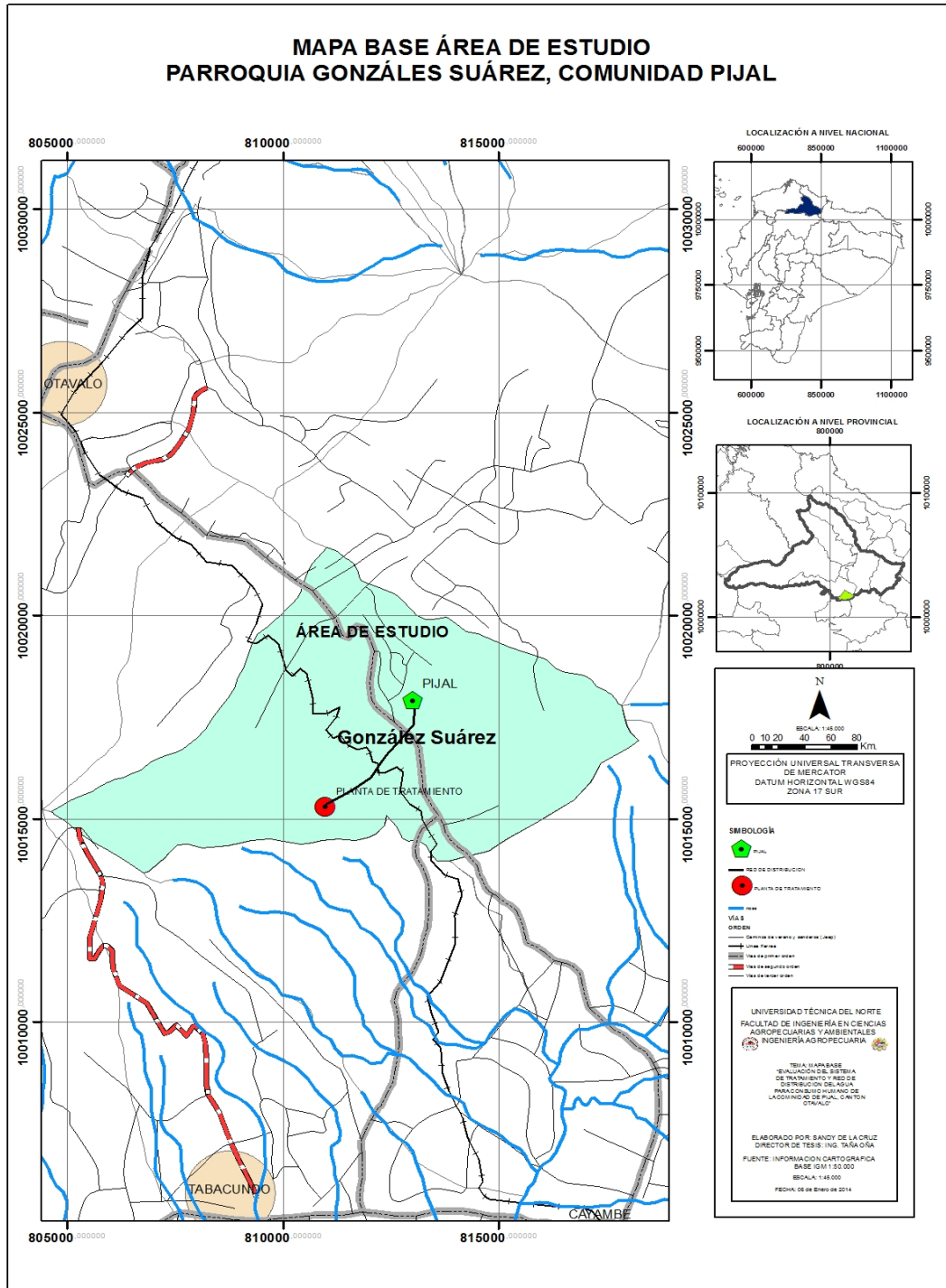
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE							
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR EXPUESTO	SISMICIDAD			DESGLIZAMIENTOS		
		VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD	VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD
Estado Actual	Bueno	1	10	1	1	10	1
	Regular	5		5	5		5
	Malo	10		10	10		10
Antigüedad	0 a 25 años	5	25	2,5	1	20	2
	25 a 50 años	10		12,5	5		10
	>50 años	10		25	10		20
Mantenimiento	Planificado	0	10	0	0	10	0
	Esporádico	10		10	10		10
	Ninguna	10		10	10		10
Material de construcción	PVC	0	30	0	1	30	3
	Hormigón armado	5		15	5		15
	Asbesto Cemento	10		30	5		15
	Mampostería de piedra y ladrillo	10		30	10		30
Estándares de diseño	Lugo de la norma local	1	25	2,5	1	30	3
	Entre el IEOS y la norma local	5		12,5	5		15
	Antes del IEOS	10		25	10		30

Fuente: SNGR, 2012

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE							
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	INDICADOR EXPUESTO	SISMICIDAD			DESLIZAMIENTOS		
		VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD	VALOR DEL INDICADOR	PONDERADOR	VALOR FINAL DE VULNERABILIDAD
Estado Actual	Bueno	1	10	1	1	10	1
	Regular	5		5	5		5
	Malo	10		10	10		10
Antigüedad	0 a 25 años	5	25	2,5	1	15	1,5
	25 a 50 años	10		12,5	5		7,5
	>50 años	10		25	10		15
Mantenimiento	Planificado	0	10	0	1	25	2,5
	Esporádico	5		5	5		12,5
	Ninguna	10		10	10		25
Material de construcción	PVC	1	30	3	5	20	10
	Hormigón armado	1		3	1		2
	Asbesto Cemento	5		15	5		10
	Mampostería de piedra y ladrillo	10		30	10		20
Estándares de diseño	Lugo de la norma local	1	25	2,5	1	30	3
	Entre el IEOS y la norma local	5		12,5	5		15
	Antes del IEOS	10		25	10		30

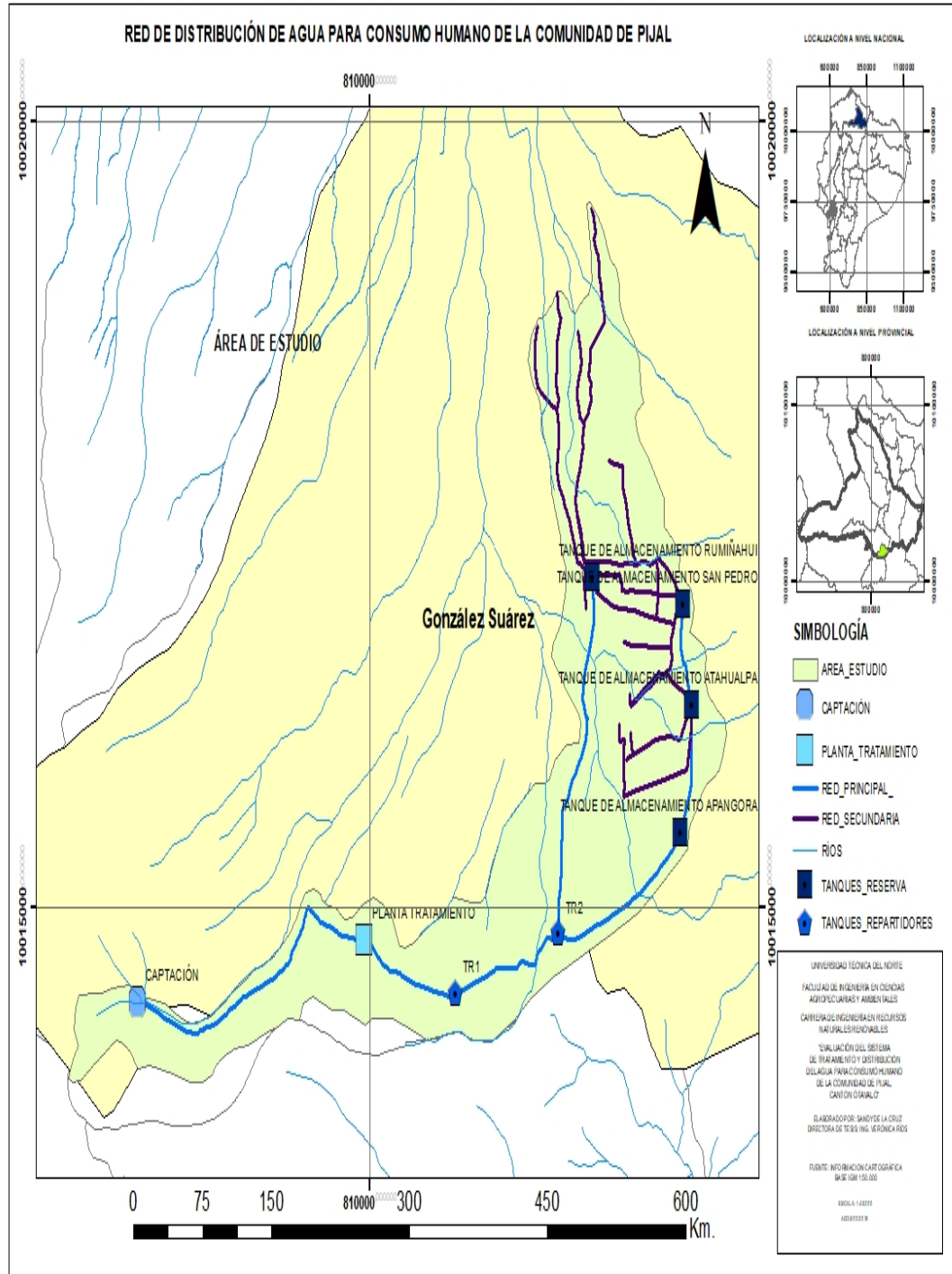
Fuente: SNGR, 2012

ANEXO 4 MAPA BASE



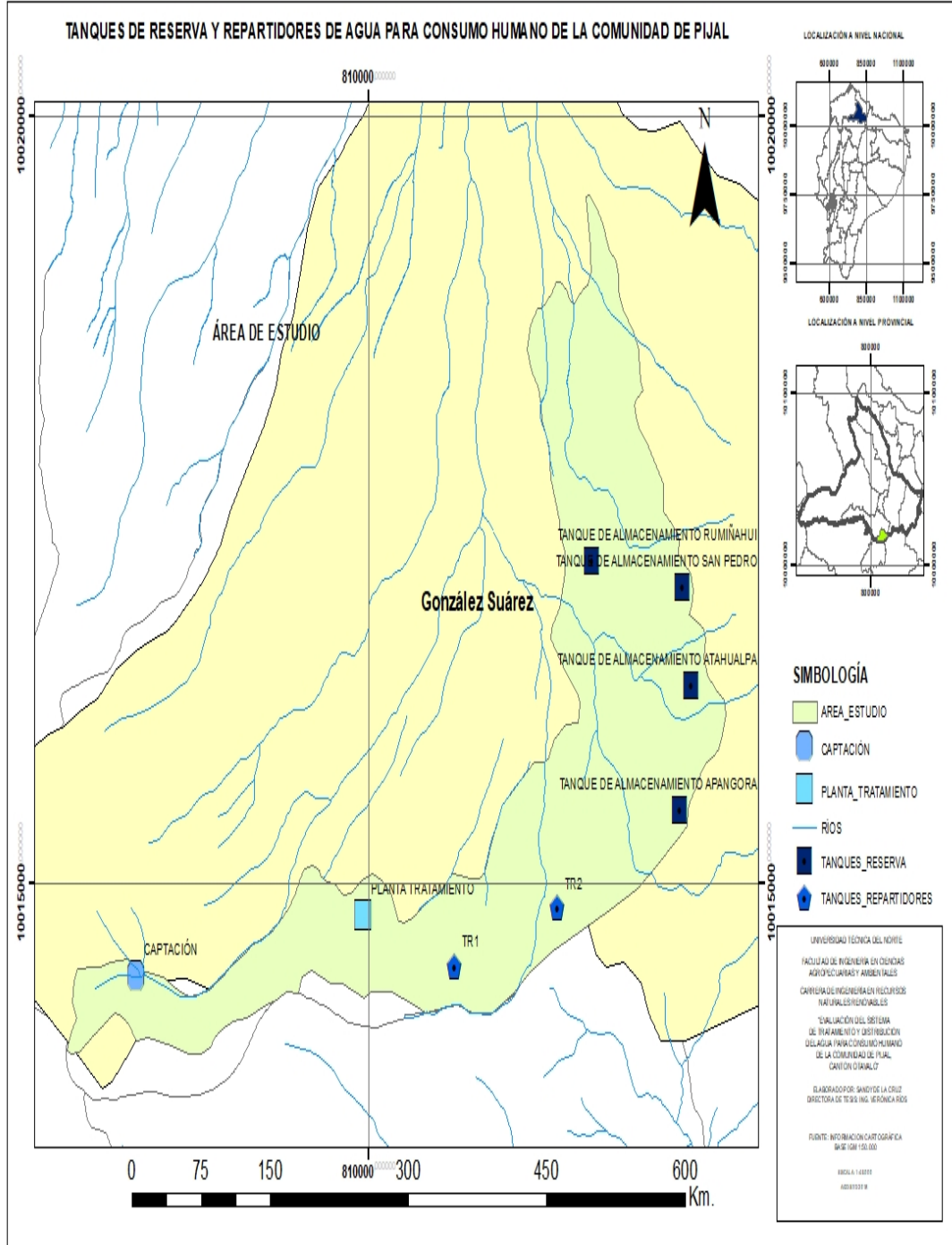
ANEXO 5

MAPA DE RED DE DISTRIBUCIÓN



ANEXO 6

MAPA DE TANQUES DE RESERVA



ANEXO 7
FOTOGRAFÍAS



Fauna muerta en el área de captación



Medida de caudal



Limpieza área de captación



Toma de muestras de agua



Limpieza planta de tratamiento



Inspección de instalaciones

Fauna muerta en piscinas de filtración



Socialización a la comunidad