



UNIVERSIDAD ESTATAL DEL BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN PARA
DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERAS EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y
GESTIÓN DEL RIESGO**

TÍTULO DEL PROYECTO DE GRADO:

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO EN LA RED DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN ECHEANDÍA
PROVINCIA BOLÍVAR

AUTORAS:

ANDRADE YÁNEZ ARIANA MISHHELL

RAMÍREZ YÁNEZ GABRIELA LOURDES

TUTORA:

MSc. MARTHA MAGDALENA GONZÁLEZ RIVERA

GUARANDA- ECUADOR

DICIEMBRE – 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DETALLE	PÁG.
DEDICATORIA I	IV
DEDICATORIA II	X
AGRADECIMIENTO I	XI
AGRADECIMIENTO II	XII
RESUMEN EJECUTIVO	XIII
SUMMARY	IVX
CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación de la investigación	5
1.5 Limitaciones	7
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de la investigación	8
2.2 Bases teóricas	11
2.2.1 Amenaza de deslizamiento	11
2.2.1.1 Clasificación del tipo de deslizamientos	13
2.2.1.2 Deslizamientos	13
2.2.1.3 Deslizamientos de escombros	14
2.2.2 Evaluación de la amenaza de deslizamiento	15
2.2.2.1 Dimensiones de evaluación de la amenaza de deslizamiento	16
2.2.2.2 Metodología Mora-Vahrson	19
2.2.3 Red de abastecimiento de agua potable	20
2.2.3.1 Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable	20
2.2.3.2 Indicadores de evaluación de la red de abastecimiento de agua	23
2.3 Definición de Términos (Glosario)	24
2.4 Sistemas de variables	28
2.4.1 Variable independiente	28
2.4.2 Variable dependiente	29

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO	30
3.1 Nivel de Investigación	30
3.1.1 Investigación descriptiva	30
3.1.2 Investigación exploratoria.....	30
3.2 Diseño de la investigación	30
3.3 Población y muestra	30
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.4.1 Análisis documental	31
3.4.2 Observación de campo no experimental	31
3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	31
3.5.1 Determinación de la amenaza por el método Mora – Vahrson	31
3.5.2 Determinación de la vulnerabilidad física del sistema de abastecimiento ...	32
3.5.3 Determinación del índice de calidad del agua en la red de abastecimiento...	32
3.5.4 Formulación del plan de contingencia ante la vulnerabilidad deslizamiento.	33
CAPÍTULO 4: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	34
4.1 Resultados alcanzados según el objetivo 1	34
4.1.1 Información general del cantón	34
4.1.2 Exposición del territorio ante amenazas de origen natural	36
4.1.2.1 Diagnóstico Biofísico	36
4.1.2.2 Exposición ante amenazas de deslizamientos	43
4.1.3 Factores que inciden en la génesis de la vulnerabilidad	44
4.1.4 Análisis de la vulnerabilidad física de la línea vital	45
4.1.5 Determinación de la amenaza por el método Mora – Vahrson	49
4.1.5.1 Factor Condicionante: Geología – Litología	50
4.1.5.2 Factor condicionante: Geomorfológico	51
4.1.5.3 Factor condicionante: uso de suelo	52
4.1.5.4 Factor condicionante: pendiente	52
4.1.5.5 Factor detonante: precipitación	53
4.1.5.6 Factor detonante: sismicidad	54
4.2 Resultados alcanzados según el objetivo 2	59
4.2.1 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de abastecimiento del cantón Echeandía	59
4.2.1.1 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los tanques de captación de agua	59
4.2.1.2 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los tanques de tratamiento (distribución) de agua	66

4.2.1.3	Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la distribución de agua (cantón Echeandía)	73
4.3	Resultados alcanzados según el objetivo 3	81
4.3.1	Introducción	81
4.3.2	Objetivos	81
4.3.2.1	Objetivo general	81
4.3.2.2	Objetivos específicos	81
4.3.3	Alcance	82
4.3.4	Metodología	82
4.3.4.1	Afectaciones producidas por los deslizamientos	82
4.3.4.2	Principales efectos en el sistema de abastecimiento de agua	83
4.3.4.3	Planes de contingencia ante la vulnerabilidad a deslizamientos del sistema de abastecimiento de agua	83
4.3.4.4	En la captación de agua	83
4.3.4.5	En las tuberías de conducción y distribución de agua	85
4.3.4.6	En los tanques de almacenamiento	86
	CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
5.1	Conclusiones	87
5.2	Recomendaciones	89
	BIBLIOGRAFÍA	90
	ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁG.
1	Clasificación de los principales tipos de falla	12
2	Nivel de susceptibilidad ante la amenaza de deslizamiento	16
3	Operacionalización de variables: Amenaza de deslizamiento	28
4	Operacionalización de variables: Red de abastecimiento de agua potable ..	29
5	Datos informativos del cantón Echeandía	34
6	Uso de suelo del área de influencia de la zona de estudio	38
7	Características de los suelos del cantón Echeandía	41
8	Tipos de suelos en el sistema de abasteciendo de agua	42
9	Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – captación	46
10	Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – conducción	47
11	Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – tratamiento	48
12	Nivel de vulnerabilidad según puntaje obtenido	49
13	Nivel de vulnerabilidad identificado en los componentes del sistema de abastecimiento de agua del cantón Echeandía	49
14	Valoración de geología/litología	50
15	Valoración geomorfológica	51
16	Valoración de uso de suelo/cobertura vegetal	52
17	Valoración de la pendiente	53
18	Valoración de precipitaciones	53
19	Valoración de sismicidad	54
20	Ponderación de la amenaza de deslizamiento	55
21	Rangos de niveles de susceptibilidad	58
22	Muestras de agua tomadas de cada componente	59
23	Resultados físicos, químico y microbiológico – captación	60

24	Resultados físicos, químico y microbiológico – ingreso tratamiento	67
25	Resultados físicos, químico y microbiológico – consumo en viviendas	74

INDICE DE MAPAS

MAPA		PÁG.
1	Ubicación geográfica del cantón Echeandía	35
2	Ubicación de la red de abastecimiento en el cantón Echeandía	36
3	Uso del suelo del cantón Echeandía	37
4	Pendientes del cantón Echeandía e influencia sobre el sistema de agua	40
5	Susceptibilidad de la red de abastecimiento de agua	45

INDICE DE ANEXOS

MAPA

- 1 Mapa de ubicación de la investigación
- 2 Fotografías del trabajo de investigación
- 3 Fichas de recolección de la información
- 4 Análisis de laboratorio

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por darme fuerzas y ser el inspirador para continuar en este proceso de obtener uno de mis deseos más anhelados.

A mis Padres, por su esfuerzo por su trabajo, por su amor y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes eh llegado hasta aquí y me he convertido en lo que soy ahora.

A mis hermanas por estar siempre a mi lado y por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de esta etapa.

A mí amada hija por ser mi fuente de inspiración y motivación para superarme cada día más y así luchar para juntas construir un futuro mejor.

Ariana Andrade

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada especialmente a mis padres Xavier, Beatriz y mis hermanos que desde el principio han sido un pilar muy fundamental en todo este largo caminar universitario, que con sus valores, amor y esfuerzo hicieron todo lo posible para que yo pueda culminar con esta carrera, la cual siempre viviré agradecida por todo el sacrificio que me brindaron, ya que gracias a ellos seré una gran profesional y nunca les defraudaré de toda la confianza que pusieron en mí para lograr este gran objetivo en mi vida.

También como no dedicarles a mis tías, que han estado siempre en el trayecto de toda mi vida universitaria apoyándome moral, económicamente y siempre animándome ante las circunstancias difíciles de este trayecto ya que todos, mis triunfos se los debo a ellos, como agradecer a DIOS por darme una familia ejemplar de quienes me siento orgullosa.

Gabriela Ramírez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar por permitirme culminar este trabajo de investigación, a todos los docentes que estuvieron involucrados y de manera especial a mi directora MSc. Martha González, quien supo orientarme correctamente en la realización del presente trabajo, gracias a todas las personas que fueron participes en este proceso ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes ya que fueron los responsables de realizar su pequeño aporte que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de mi carrera universitaria.

Ariana Andrade

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios que él ha guiado mis pasos en mi vida personal y universitaria, a mis profesores que me han compartido sus conocimientos, me han inculcado valores, enseñanzas, también a mi tutora que me ha sabido guiar con su paciencia dedicación en este trance de mi proyecto final, y por último quiero expresar mi agradecimiento a mi querida Universidad Estatal de Bolívar que me acogió desde el inicio y la cual me llevo solo recuerdos buenos.

Gabriela Ramírez

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación sobre la evaluación de la amenaza de deslizamiento en la red de abastecimiento de agua potable fue desarrollada en el cantón Echeandía de la provincia Bolívar, que por su ubicación geográfica soporta de modo recurrente la inestabilidad de los flancos que generan deslizamientos debido a que está ubicado en las estribaciones de la cordillera y tiene una injerencia directa la temporada lluviosa sobre la red de abastecimiento de agua. Se identificó los principales puntos sensibles vulnerables a deslizamientos con incidencia de afectación a la infraestructura física de la red de abastecimiento de agua potable, también se determinó el índice de calidad del agua y se formuló un plan de contingencia ante la vulnerabilidad a deslizamientos a lo largo de la red de abastecimiento. Se levantó la información y posterior evaluación mediante la metodología propuesta por Mora – Vahrson (1993) obteniendo un puntaje de 80 correspondiente a un nivel de amenaza alto ante deslizamientos. Se determinó la vulnerabilidad mediante la “Guía propuesta por la Secretaria de Gestión de Riesgos y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2011), en donde el componente de captación, conducción y tratamiento se asientan sobre suelos de características de limos, arcillas, arenas, gravas de relieves montañosos, con cultivos de ciclos cortos y pendiente irregulares onduladas. El nivel de vulnerabilidad fue alto con valores de 67, 71 y 77 respectivamente para cada componente. Para la determinación de la calidad del agua se tomaron 3 muestras de agua en la captación, conducción y tratamiento para la realización de análisis de laboratorio de tipo físico, químico y microbiológico, los mismos que comparados con las normas TULSMA demuestran que el agua cumple con los estándares mínimos, denotando que fue agua de calidad pues cumple con el 100% de los parámetros analizados. Se diseñó un plan de contingencia que presentó una serie de procedimientos y medidas a adoptar frente a los deslizamientos, con la finalidad de obtener una respuesta rápida, adecuada y oportuna que pueda mitigar el potencial riesgo que genere los deslizamientos.

SUMMARY

The investigation Evaluation of the Threat of Landslide in the Drinking Water Supply Network was carried out in the Echeandía canton of the Bolívar province, which due to its geographical location repeatedly supports the instability of the flanks that generate landslides because it is located in the foothills of the mountain range and has a direct interference the rainy season on the water supply network. The main sensitive points vulnerable to landslides with an impact on the physical infrastructure of the drinking water supply network were identified, the water quality index was also determined and a contingency plan was formulated for the vulnerability to landslides along of the supply network. The information was collected and subsequent evaluation by the methodology proposed by Mora - Vahrson (1993) obtaining a score of 80 corresponding to a high threat level to landslides. The vulnerability was also determined through the “Guide proposed by the Secretariat of Risk Management and the United Nations Development Program (2011), where the collection, conduction and treatment components are based on characteristic soils of silts, clays, sands, gravels of mountainous reliefs, with irregularly short cropped slopes and irregular cycles The level of vulnerability determined was high with values of 67, 71 and 77 respectively for each component. Water quality was evaluated, 3 water samples were taken in the collection, conduction and treatment for the realization of physical, chemical and microbiological laboratory analyzes, the same as compared to TULSMA standards show that the water complies with the minimum standards, denoting a quality water as it meets 100% of the parameters analyzed. In addition, a contingency plan was carried out that presented a series of procedures and measures to be adopted in the face of landslides, in order to obtain a rapid, adequate and timely response that can mitigate the potential risk generated by landslides.

**CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO
EMITIDO POR LA TUTORA**

La suscrita, MSc. Martha Magdalena González Rivera

CERTIFICA

Que el proyecto de investigación denominado: **“EVALUACIÓN DE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN ECHEANDÍA PROVINCIA BOLÍVAR”** previo a la obtención del título de Ingenieras en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo realizado por las señoritas estudiantes: Andrade Yáñez Ariana Mishell con cédula de identidad 0953523883 y la señorita estudiante Ramírez Yáñez Gabriela Lourdes con cédula de identidad 0202508610, ha sido realizado mediante tutorías continuas y cumple con los requerimientos establecidos en el reglamento de la Unidad de Titulación de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, por lo que autorizo la presentación en las instancias respectivas para su evaluación y calificación

Guaranda, 27 de enero de 2020


MSc. Martha Magdalena González Rivera

Tutora

INTRODUCCIÓN

El Marco de Acción de Hyogo (MAH), que es considerado como el instrumento más importante para la implementación de la reducción del riesgo de desastres adoptado por los Estados miembros de las Naciones Unidas. Su objetivo principal es el incremento de la resiliencia en las naciones y comunidades, procurando alcanzar para el año 2020 una reducción considerable de las pérdidas que pueden ocasionar los desastres. A nivel mundial la evaluación de las amenazas y vulnerabilidades se convierte en la herramienta más efectiva para una integración más efectiva de la consideración de los riesgos de desastre en las políticas, los planes y los programas de desarrollo sostenible a todo nivel, con acento especial en la prevención y mitigación de los desastres, la preparación para casos de desastre y la reducción de la vulnerabilidad. (SGR, 2014)

Los avances más importantes logrados en Ecuador hasta la fecha sobre la reducción de riesgos y desastres son el mandato constitucional (2008) que establece la gestión de los riesgos como una responsabilidad del Estado para garantizar la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico, mediante la generación de políticas, estrategias y normas que promuevan capacidades orientadas a identificar, analizar, prevenir y mitigar riesgos para enfrentar y manejar eventos de desastre; así como para recuperar y reconstruir las condiciones sociales, económicas y ambientales afectadas por eventuales emergencias o desastres”. En este sentido los avances más claros son el desarrollo técnico científico, enfocado en la identificación, conocimiento y monitoreo de las amenazas, el desarrollo y la aplicación de métodos para la estimación de vulnerabilidades en los territorios por parte de los municipios, y la preparación de escenarios de riesgo que permitan la toma de decisiones y la planificación. (Autoras, 2019)

La provincia Bolívar ha alcanzado importantes avances en materia de preparación ante desastres con la participación activa de los entes del Estado, la población, los organismos internacionales y las organizaciones de cooperación con competencias en la temática de gestión de riesgos. (Autoras, 2019)

Mediante la investigación se pretende dar a conocer a la ciudadanía del cantón Echeandía los aspectos generales sobre las amenazas latentes a los cuales se expone diariamente la red de abastecimiento de agua potable del cantón, la misma que en su gran mayoría el hombre ha participado como actor principal en la generación de estos fenómenos con acciones como deforestación, sobrepastoreo y construcciones de líneas vitales en zonas propensas a deslizarse. Además, se pretende dar un instrumento a las autoridades competentes para evitar futuras amenazas ante este fenómeno. (Autoras, 2019)

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

La ocupación del territorio y la cubierta vegetal del país y la provincia Bolívar han cambiado drásticamente en los últimos años, dentro de los que se destacan factores como la tala de bosques, nuevos usos y ocupación del suelo, modificación y alteración de taludes para el desarrollo vial y urbano, las características propias del suelo y la abundante lluvia que se registra en la zona durante los meses de la estación lluviosa, han ocasionado una serie de deslizamientos que dañan el funcionamiento económico, ambiental, social y político no solo a escala regional sino local. (Autoras, 2019)

El cantón Echeandía de la provincia Bolívar por su ubicación geográfica soporta de modo recurrente la inestabilidad de los flancos que generan deslizamientos debido a que está ubicado en las estribaciones de la cordillera, pues la mayor parte de su terreno es escarpado montañoso y al estar ubicado la zona del subtrópico de la provincia las lluvias se escurren por las quebradas provocando la inestabilidad de las mismas. (Autoras, 2019)

El cantón Echeandía y la zona de influencia del sistema de agua potable es altamente vulnerable a los deslizamientos de tierra debido a la comunión de diferentes factores como los geológicos, geomorfológicos, climáticos y antrópicos. A lo largo de los años la lluvia se ha convertido en el factor principal factor desencadenante de los deslizamientos, particularmente grave durante las épocas invernales, cuando las lluvias prolongadas y las lluvias intensas de corta duración desencadenan los deslizamientos. Esto debido a la saturación de agua, la cual a su vez provoca una disminución de la cohesión y cimentación del suelo permitiendo que el mismo se desequilibre y permita que una porción de tierra se deslice por una pendiente convirtiéndose la lluvia en uno de los principales elementos

desencadenantes de los deslizamientos y posterior daño a infraestructuras, cultivos, redes vitales, entre otros. (Autoras, 2019)

La contaminación en las fuentes de agua puede producirse por la presencia de elementos o compuestos que normalmente son provocados por acciones del hombre o de la naturaleza, como el caso de los deslizamientos de tierra pues desencadena un descenso o aumento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua en estado natural. Uno de los componentes potencialmente contaminantes en el agua es el níquel, plomo, selenio y mercurio los mismos que proceden principalmente de origen geoquímico a partir de los minerales que llegan al agua debido a los deslizamientos de tierras, lo cual se convierte en un verdadero peligro para los consumidores pues puede resultar tóxico o en su defecto afecta a la calidad organoléptica ya que presenta turbiedad (color opaco), mal olor y sabor lo que conlleva al padecimiento de problemas gastrointestinales que desencadena en enfermedades inhabilitante o en algunos casos mortales. (Autoras, 2019)

La falta de prevención de riesgos en la línea vital correspondiente a la red de abastecimiento de agua está provocando que se incrementen las pérdidas y los daños en los bienes y sobre todo en este servicio, ya que pone en peligro las inversiones que realizan las familias y las entidades públicas y privadas. Según reporte de la Secretaría de Gestión de Riesgos (2014), los deslizamientos en el subtrópico de la provincia los cuales incluyen Echeandía son el tipo de evento más recurrente que junto con las malas prácticas de desarrollo provoca que crezca la vulnerabilidad de las infraestructuras físicas particulares y de las instituciones, como el caso de la red de abastecimiento de agua poniendo en grave peligro este servicio que es de vital importancia para el funcionamiento de la sociedad. (SGR, 2014)

1.2. Formulación del Problema

¿La evaluación de la amenaza de deslizamiento en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía reducirá o evitará el posible impacto de esta amenaza?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar la Amenaza de deslizamiento en la Red de Abastecimiento de Agua Potable del cantón Echeandía provincia Bolívar

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los principales puntos sensibles vulnerables a deslizamientos de tierra con incidencia de afectación a la infraestructura física de la red de abastecimiento de agua potable
- Determinar del índice de calidad del agua en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía
- Formulación del plan de contingencia ante la vulnerabilidad a deslizamientos a lo largo de la red de abastecimiento de agua potable

1.4. Justificación de la Investigación

Cuando el inadecuado manejo de los riesgos se convierte en eventos adversos, afectan la planificación y el desarrollo lo que limita y postergan la consecución de las metas propuestas por las instituciones gubernamentales locales, provinciales y nacionales para el bienestar de la población. Las líneas vitales están conformadas por sistemas de vital importancia para el desarrollo de las actividades diarias, una de ellas es la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía, la misma que requiere de una evaluación de la amenaza de deslizamiento para establecer un conocimiento operativo que permita realizar un tener un adecuado manejo de los peligros naturales y su incidencia directa en la población. (Autoras, 2019)

Para que el cantón Echeandía avance en la reducción efectiva y responsable de las amenazas a las infraestructuras de los sistemas vitales, se deben implementar mecanismos de planificación y cooperación diseñados por el ente rector del cantón, los cuales deben estar encaminados a reducir la vulnerabilidad de amenaza, en este caso particular de deslizamientos en el territorio, para promover una adecuada cultura de gestión de riesgos que mejoren las prácticas y aprendizajes en los planes anuales de trabajo de las instituciones y en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de los GADs. Para ello se debería tener como alternativa la participación directa de técnicos especialista en deslizamientos par que puedan evaluar los el riesgo de las actividades propuestas en las diferentes áreas con peligro de deslizamientos que permitan identificar las áreas relativamente susceptibles y determinar qué tipos de actividades de desarrollo son las más adecuadas. (Autoras, 2019)

Según la ley de Seguridad Pública y del Estado, Art 11, literal d, “ La prevención y la medidas para mitigar los riesgos de natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad, corresponden a las entidades públicas ...” por lo tanto esta investigación tiene el propósito de reducir la vulnerabilidad de los pobladores del cantón Echeandía frente a los efectos negativos de la amenaza de deslizamiento y posterior afectación a la red de abastecimiento de agua potable para reducirlos de una manera sostenida y articulada entre la academia y el servicio público para

minimizar el efecto sobre esta línea vital y su repercusión en la población a través del establecimiento de medidas de prevención y mitigación para proteger la infraestructura y reducir los daños. (Autoras, 2019)

En todos los territorios del cantón, provincia y país hay riesgos acumulados y riesgos nuevos, por lo cual se hace muy importante fortalecer los procesos de gestión de riesgos para reducirlos y de esta manera se estaría enfocando en la reducción de riesgos en los elementos claves que un territorio no podría perder como el caso de la red de abastecimiento de agua, ya que si llegan a perderse, el funcionamiento se vería afectado de manera crítica e importante poniendo en riesgo los bienes de institucionales y el normal desarrollo de los pobladores. (Celis, 2018)

En este sentido se debe empezare con este estudio preliminar que permita dar una solución a la problemática identificada mediante una planificación integrada, empezando con una revisión inicial del tipo y contenido de la información disponible incluyendo información sobre los peligros naturales que afecta el sector, esto ayuda identificar áreas objetivo en las cuales se deben concentrar estudios más detallados que permitan identificar y delinear la construcción de estas infraestructuras físicas en zonas o áreas susceptibles a deslizamientos y así diseñar medidas para compensar las acciones que inducen deslizamiento. (Autoras, 2019)

1.5. Limitaciones

Dificultad de accesos para la observación in situ a diferentes zonas por donde atraviesa la red de bastecimiento de agua potable, debido a las pendientes que estas zonas presentan

Limitada participación y colaboración de las autoridades del cantón que se encuentran a cargo de la red de abastecimiento de agua potable

Los costos de análisis de laboratorio para determinar la calidad física, química y microbiológica son elevados y requieren grandes periodos de tiempo

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Uno de los principales antecedentes a considerar es el trabajo titulado “Movimientos en masa para la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas”

Esta investigación fue desarrollada por el Grupo de Estándares para Movimientos en Masa GEMMA. El propósito de este estudio fue contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes de los Andes reduciendo el impacto negativo de amenazas naturales.

Estudio centrado principalmente en el campo vinculado con la amenaza por los diferentes tipos de movimientos de masa, esta investigación tuvo como objetivo agrupar a varios especialistas de movimientos en masa de diversos países del mundo para que puedan revisar algunos de los procesos y promover los conocimientos y las capacidades que se requieren para tomar medidas que ayuden a reducir las pérdidas, para ello realizaron la determinación de entender los procesos y seleccionar los métodos adecuados para el estudio (Oliva y González, 2015)

Entre los resultados más sobresalientes se destacan: 1) clasificación de movimientos en masa, (2) procedimientos para la selección de metodologías para análisis de amenazas, (3) simbología cartográfica, (4) levantamiento de inventarios, (5) terminología relativa al tema. Este documento ha sido discutido y deliberado por las directivas de nuestras instituciones y se constituyen en una guía, estándar y referencia para la evaluación de amenaza por movimientos en masa en la región andina, el cual adoptamos como instituciones (Grupo de Estándares para Movimientos en Masa, GEMMA, 2007).

Otra antecedente es la investigación desarrollada por Hurtado y Núñez (2019) “Evaluación de los factores de deslizamiento para establecer estrategias de

reducción en la microcuenca del río Chazo Juan, provincia Bolívar”, investigación que se centró principalmente en la determinación de la amenaza de deslizamientos, se basó en la metodología de Mora-Vahrson modificada para poder establecer el nivel de susceptibilidad de la amenaza de deslizamiento, se utilizó las tablas de rangos del Sistema Nacional de Gestión Riesgos (2014)

Los resultados obtenidos en el área de estudio predominan los índices y niveles medio de amenaza con el 89,23%, se presenta también los niveles altos con 9,77% y los niveles bajos con 1,01 %, los mismos que fueron representados en el mapa de amenaza de deslizamientos. Se elaboró la propuesta de plan de acción para la reducción de susceptibilidad ante la amenaza de deslizamiento principalmente en las zonas que se evidenció mayor afectación (vía Chazo Juan – Mulidiahuán), en la cual se proponen medidas estructurales y no estructurales.

La investigación anteriormente mencionada reúne varias características similares a la que se pretende realizar en el proyecto de titulación pues la misma se centra en la determinación de la amenaza de deslizamiento, además porque la metodología utilizada servirá como un marco referente para la evaluación que se realizará en la investigación, también se presenta una propuesta de plan acción que propone algunas directrices para disminuir el impacto de esta amenaza tal y cual como se propone en este trabajo. (Autoras, 2019)

Otra investigación referencial es la investigación desarrollada por Fernández (2017), “Evaluación del Grado de Vulnerabilidad del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, ante la Amenaza Sísmica en los Barrios San Jacinto y Nueva Buena Fe del Cantón San Jacinto de Buena Fe, Provincia de Los Ríos Período 2017”, el mismo que tuvo la finalidad de evaluar la vulnerabilidad del sistema de agua potable y alcantarillado, en el cantón San Jacinto de Buen Fe, ante la amenaza sismogénica, para hacer esto determinamos el estado actual de los sistemas en estudio, identificamos las zonas susceptibles a eventos sísmicos en la zona de incidencia, y estimamos la vulnerabilidad funcional de los servicios. Con

el objetivo final de proponer la implementación de medidas estructurales de mitigación y/o prevención en la Empresa Municipal.

Para el proceso metodológico se utilizaron matrices del PNUD – SGR para poder evaluar los campos de captación, distribución, almacenamiento y funcional de la planta. Con este método se pudo concluir que la vulnerabilidad de la planta de agua potable es media-alta, y del sistema de alcantarillado del Cantón se evidencia una vulnerabilidad alta.

Este trabajo tuvo la finalidad de recomendar a los lectores que se implemente un plan de contingencia ante la ocurrencia de los diversos eventos adversos que se puedan suscitar, además que se debe crear un mecanismo de distribución alternativo de agua potable para el sector con la finalidad de fortalecer las estructuras del sistema de agua potable y alcantarillado y la realización de mantenimientos preventivos y correctivos

Finalmente se esperó que, con la presentación de esta investigación, se aporte a la protección de las líneas vitales, tan importantes durante una emergencia y/o desastre, ubicando estas infraestructuras en sitios seguros y con una funcionalidad adecuada para brindar un servicio de calidad a la población.

Otro antecedente es la investigación “Vulnerabilidad de los Sistemas de Agua Potable frente a Deslizamientos” desarrollada por la Organización Panamericana de la Salud Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud (1997)

Este trabajo sintetiza los resultados de un estudio cuantitativo de vulnerabilidad del sistema de agua potable Tuy I, que abastece a la ciudad de Caracas. En su preparación se han empleado los métodos y procedimientos establecidos en las normas vigentes de ingeniería, con énfasis en los eventuales efectos que la inestabilidad de los taludes y la amenaza sísmica pueden ejercer en los sistemas de agua potable.

Se ha puesto particular interés en los problemas de los taludes; se presenta una guía para identificar taludes o terrenos de pendiente moderada potencialmente inestables; y se ha incorporado la actividad sísmica y la evaluación del potencial de licuefacción de suelos. La vulnerabilidad de los componentes del sistema se cuantifica en términos probabilísticos. Para ello se ha combinado: (a) la estadística disponible sobre los efectos conocidos en los componentes debido a sismos pasados; (b) los resultados de análisis dinámicos, en casos particulares, de la respuesta estructural a los sismos y vientos máximos esperados en la región y; (c) regresiones probabilísticas entre los movimientos máximos del terreno. Para aplicar de modo confiable la metodología de los tiempos de rehabilitación con fines de cuantificación de la vulnerabilidad propuesta por CEPIS/OPS, es preciso disponer de un historial de averías o interrupciones del servicio debidamente documentado con tiempos de rehabilitación, costos, fuerza laboral, materiales y equipo. (Padrón, 2017)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Amenaza de deslizamiento

Se requiere establecer una metodología adecuada para detectar y prevenir posibles amenazas en áreas propensas a deslizamientos, y estas se la realizan mediante:

1. La identificación de los mecanismos de falla más comunes en los distintos tipos de materiales geológicos;
2. El establecimiento de criterios para la recolección de información;
3. La búsqueda e interpretación de efectos claves para identificar la posible inestabilidad de los taludes.

Para la evaluación de la vulnerabilidad ante las amenazas de deslizamiento de las redes de abastecimiento de agua se pueden utilizar otros procedimientos, uno de ellos es la guía para la identificación de problemas de deslizamientos, la misma que presenta una clasificación de los tipos de falla de taludes basada en el

reconocimiento de los factores geológicos que condicionan la falla, mediante la siguiente matriz: (Ruiz y Molina, 2001)

Tabla 1. Clasificación de los principales tipos de deslizamientos

Tipo de falla	Forma	Definición
Desprendimientos	Caída libre	Desprendimiento repentino de uno o más bloques de suelo o roca que descienden en caída libre.
	Volcadura	Caída de un bloque de roca con respecto a un pivote ubicado debajo de su centro de gravedad.
Derrumbes	Planar	Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana.
	Rotacional	Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o una combinación de los dos a lo largo de una superficie curva de falla bien definida.
	Desparramamiento Lateral	Movimiento de diferentes bloques de suelo con desplazamientos distintos.
	Deslizamiento	Mezcla de suelo y pedazos de roca moviéndose a lo largo de una superficie de roca planar.
Avalanchas	De roca o escombros	Movimiento rápido de una masa incoherente de escombros de roca o suelo-roca donde no se distingue la estructura original del material.
Flujo	De escombros	Suelo o suelo-roca moviéndose como un fluido viscoso, desplazándose hasta distancias mucho mayores de la falla. Usualmente originado por exceso de presiones de poros.

Fuente: Ruiz y Molina, 2001

2.2.1.1 Clasificación del tipo de deslizamientos

Los deslizamientos de taludes ocurren de muchas maneras y aún persiste cierto grado de incertidumbre en su predictibilidad, rapidez de ocurrencia y área afectada. Sin embargo, existen ciertos patrones que ayudan a identificar y reconocer áreas potenciales de fallas, lo cual permite el tratamiento del talud para eliminar o reducir a un mínimo el riesgo de falla. (Soto, 2018)

2.2.1.2 Deslizamientos

Este tipo de deslizamientos se caracterizan por ser planares y de características macizas y rocosas, el movimiento o deslizamiento se da por unidades o también llamadas bloques y van talud abajo a lo largo de la superficie (Soto, 2018)

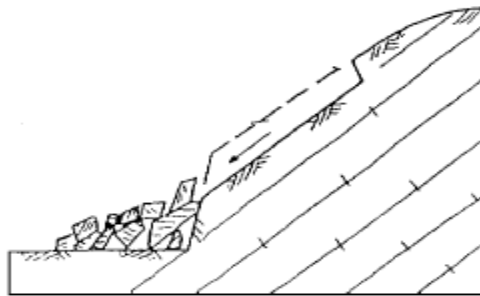


Figura 1: Deslizamiento en planar en macizo rocoso

También se puede generar una falla de cuña a lo largo de la intersección de dos planos, consistente de uno o varios bloques de pequeño a gran tamaño

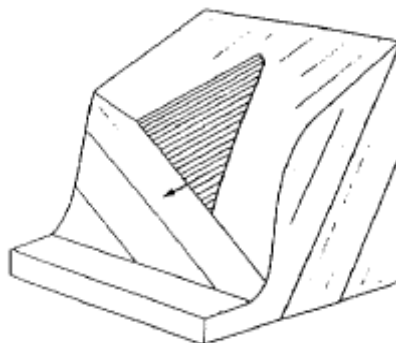


Figura 2: Deslizamiento en forma de cuña

Este tipo de deslizamientos son rotacionales y ocurren de forma lenta en el cual el material empieza a fallar por procesos de rotación a lo largo de la superficie cilíndrica, ahí aparecen grietas en la cresta y empieza a darse abombamientos al pie de la masa deslizante. Una vez que la masa se desplaza sustancialmente deja un escarpe en la cresta provocando la inestabilidad. (Soto, 2018)

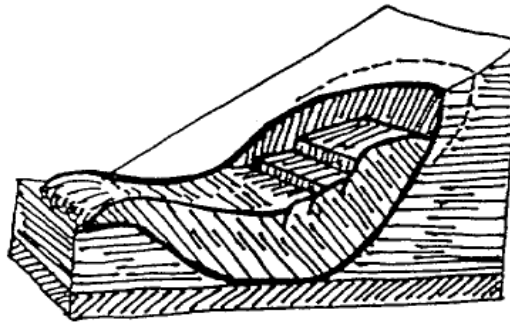


Figura 3: Deslizamiento rotacional

2.2.1.3 Deslizamientos de escombros

El deslizamiento de escombros consiste en el desplazamiento de escombros, de una masa o una mezcla del suelo o algunos fragmentos de roca que se mueven por unidad de área a lo largo de las superficies planas con alguna ligera inclinación. Este tipo de deslizamientos se producen de una manera progresiva y con el pasar del tiempo pueden convertirse en avalanchas o flujos peligrosos. Se destaca que la principal causa de este tipo de deslizamientos se produce por el incremento de la filtración de agua y por la inclinación que pueda presentar el talud, esto es muy común en suelos residuales o suelos de superficie rocosa. (Torrejón y Guivin, 2017)

- **Avalanchas**

Son producidas por los diferentes tipos de movimientos por lo general rápidos de escombros de suelos y de tipos de rocas, el mismo puede o no iniciar con la ruptura del suelo a lo largo de la falla rocosa, en este caso toda la vegetación del suelo y la roca suelta que se presentan en el terreno pueden ser arrastrados colina abajo, por lo tanto se puede definir que las principales causas de avalanchas son las

fuerzas de filtración y de pluviosidad que presenta el suelo , lo cual puede ocurrir son previo aviso y también pueden tener características impredecibles.

- **Flujo de escombros**

Representa un tipo de falla que es muy similar a las avalanchas que se analizaron, con la diferencia que la cantidad de agua acumulada en el suelo es mucho mayor por lo tanto el flujo es de lodo (Torrejón y Guivin, 2017)

- **Repteo**

Este es un tipo de deslizamiento que se caracteriza por ser lento e imperceptible, se origina por la deformación del material que conforma el talud debido a los bajos niveles de esfuerzos que presenta las proporciones más débiles de las superficies del talud, aunque en muchas de las ocasiones también presenta también puede afectar a las porciones más profundas cuando estas presentan poca resistencia a deslizarse. Por lo tanto, esta condición es el resultado de la acción de las diferentes fuerzas de filtración o gravitacionales pues esta favorece el deslizamiento, es característico en materiales poco cohesivos como las rocas blandas, las lutitas y sales, además la presencia de estas en formas transversales y paralelas incrementan su nivel de deslizamiento (Padrón, 2017)

2.2.2 Evaluación de la amenaza de deslizamiento

Es el planteamiento de una serie de criterios y recomendaciones para la evaluación de las amenazas existentes en torno a la red de abastecimiento de agua en relación a las amenazas de deslizamiento. La determinación de los deslizamientos es relevante desde el punto de vista de la ingeniería porque la caída de uno o varios materiales puede ocasionar daños a la estructura vital de abastecimientos de agua que se encuentra en la parte inferior y podría ocasionar una destrucción masiva, para esta actividad se realiza un recorrido por toda la línea de abastecimiento de agua potable, en la cual se determina el nivel de susceptibilidad de esta ante la amenaza de deslizamiento mediante la utilización de la siguiente matriz:

Tabla 2. Nivel de susceptibilidad ante la amenaza de deslizamiento

Simbología	Forma del terreno	Nivel de susceptibilidad	Calificación
A	Plano casi plano	Muy bajo	1
B	Suavemente inclinado	Bajo	2
C	Inclinado	Moderado	3
D	Moderadamente escarpado	Moderado	3
E	Escarpado	Alto	4
F	Muy escarpado	Muy alto	5
G	Extremadamente escarpado	Muy alto	5

Fuente: Rosales y Centeno, 2011

2.2.2.1 Dimensiones de evaluación de la amenaza de deslizamiento

Para la identificación de las amenazas por deslizamientos se proponen varias metodologías que ayudan a obtener un mejor criterio de análisis, una de ella es la propuesta por Mora-Vahrson y utiliza las siguientes dimensiones:

- **Geología/Litología**

El componente de geología y litología hace relación a cada una de las formaciones geológicas que poseen algún nivel o grado de susceptibilidad específica a los movimientos en masa o deslizamientos y los aportes que se realizan a los mapas de inventario de deslizamientos que de una u otra forma presentan densidades de número o tamaño de los movimientos que se presentan en una determinada área o región y que son característicos de una determinadas áreas dentro de una o varias formaciones geológicas. En este sentido se debe mencionar que cada una de las formaciones geológicas posee algún grado o formación de varios tipos de roca, por lo tanto, se debe establecer que el comportamiento

geotécnico del conjunto de formación geológica o litológica puede ser diferente cuando el material es evaluado por separado, por lo tanto, deben estudiarse y evaluárselas propiedades de cada uno de los componentes principales dentro del conjunto geológico y litológico. (Iriondo, 2014)

- **Geomorfología**

El estudio de la geomorfología se centra principalmente en el estudio de las diversas formas de relieve o relieves que presenta la corteza terrestre y el análisis de los factores que contribuyen a definirlos, dentro de los factores que tienen una incidencia directa se mencionan a los elementos climatológicos, hidrográficos, geológicos, antrópicos, entre otros. Tiene un enfoque desde el punto de vista físico, pues es una ciencia que se encarga del estudio de las transformaciones naturales que sufre la litosfera, además tiene un enfoque de vista humano pues estudia y determina el efecto que producen las actividades humanas en la corteza terrestre de la tierra. (Cáceres, 2017)

Se debe considerar que el estudio de la geomorfología es una de las principales vías de acceso a la comprensión de las dinámicas de la formación estructural de nuestro planeta tierra, esto quiere que este estudio permite de una u otra forma dar respuesta por que el relieve o relieves de determinadas zonas, regiones o localidades es como es, es decir explica el porqué de la formación de las montañas, de cómo actúan estas y a que se debe la forma que presenta. Esto ayuda a conocer mejor los procesos de formación del planeta y así comprender su historia evolutiva, sus orígenes y además comprender el impacto que estas ejercen son la humanidad. (Cáceres, 2017)

- **Pendiente**

La definición de la pendiente de un terreno permite obtener información sobre la morfología del relieve en forma objetiva y exhaustiva; mediante esta determinación se puede establecer la medida y la caracterización de las formas del terreno y de las características geométricas principales lo cual en el proceso de la evaluación de las amenazas se obtiene un resultado conocido como parametrización

del relieve lo cual nos permite describir las formas topográficas distinguiendo los diferentes tipos de relieve, por lo tanto, estos parámetros deben tener relación con los procesos geomorfológicos que modelan el relieve, además no deben proporcionar información redundante así se podrá definir la variabilidad de la superficie de un terreno y su influencia en otros terrenos. (Durán y Montes, 2017)

- **Uso y cobertura del suelo**

El termino cobertura del suelo se refieren a una descripción que se realiza del material físico, por lo general vegetal que se tiene del suelo de una determinada zona o región, así mismo el termino uso de suelo está vinculado principalmente al uso que se le da al suelo debido o por acción de la actividad humana en un determinado territorio, tal es el caso la ocupación de un suelo específico para la construcción de infraestructura física o privada. En la evaluación de la amenaza de deslizamiento es muy importante determinar el uso y cobertura del suelo pues estos ayudan a diseñar reportes en la variación de los diferentes ecosistemas, además representa una herramienta muy útil e importante en la toma de decisiones para la planificación y ordenamiento territorial adecuado. Para esta actividad es muy importante la realización de un análisis multitemporal de la zona en estudio para identificar la evolución que han sufrido las zonas debido a la ocupación del territorio y posibles problemas futuros. (Porta., *et al.* 2017)

- **Sismicidad**

La evaluación de la sismicidad de una determinada región esta dada por la capacidad que tiene la misma para experimentar una serie de sismos, el nivel sísmico de las zonas tiene una relación directa con el choque que experimentan las placas tectónicas de la tierra lo que desencadena movimientos telúricos adyacentes a la zona donde se origina el epicentro, lo cual puede desencadenar una serie de problemas o tragedias que van desde la perdida de bienes materiales a la perdida de vidas humanas. (Martínez, 2014)

Para esta evaluación se debe determinar la influencia que tiene este factor sísmico en la generación de movimientos en masa con relación a la generación de deslizamientos, teniendo en cuenta las magnitudes de las aceleraciones estimadas mas probables. En análisis para la zona evaluada se debe realizar acorde a lo que establece la normativa vigente o también puede ser definido acorde al grado de susceptibilidad que presenta la zona a nivel macro es decir a nivel de país y por ende puede asumirse este valor a nivel local. (Martínez, 2014)

- **Lluvias**

Las lluvias forman parte de la meteorología y es cualquier forma de agua que cae de la atmosfera y cae en la superficie terrestre, por lo tanto, la cantidad de lluvia (agua en forma de lluvia, llovizna, granizo, etc.) es denominada pluviosidad y está determinada por el pluviómetro. La precipitación pluvial se mide en milímetros (mm) que equivale al espesor de agua que se formaría en una determinada superficie debido a las precipitaciones. Se debe realizar una caracterización climatológica y de precipitación en el sector o la zona de estudio, de este modo se podría estimar la relación que existe entre la lluvia y la posible ocurrencia de los movimientos en masa o denominados deslizamientos pues la acumulación de agua en los suelos hace que estos pierdan capacidad de adhesión entre si lo que provocaría una inestabilidad de los taludes y provocaría que la totalidad o una parte de ellos se deslicen por las laderas. (Lozano, 2018)

2.2.2.2 Metodología Mora-Vahrson

La metodología propuesta por Mora – Vahrson en el año de 1993, permite realizar una evaluación muy minuciosa y detallada a priori de las diferentes áreas, sectores, localidades, zonas, regiones que se encuentran expuestas a las amenazas de deslizamientos. Esta evaluación se la realiza mediante el empleo y utilización de indicadores morfodinámicos, dentro de los que se destaca principalmente la geología y litología, la geomorfología de la zona evaluada, la pendiente que presenta el sector estudiado, el uso y cobertura del suelo en los suelos que abarcan la zona de influencia de la investigación, la sismicidad de la localidad macro y el

nivel de lluvia que soporta la zona, todo esto determinado por diferentes índices de influencia en cada una de los factores o dimensiones evaluadas, el mismo que al final puede obtener como el resultado más importante un mapa en el cual se establece el potencial a deslizamientos de la zona de estudio. (Mora y Vahrson, 1993)

2.2.3 Red de abastecimiento de agua potable

El abastecimiento y uso del agua tiene por objeto la obtención y el suministro de ella, para alimento y servicio de las personas, por muchos y variados sistemas económicos y adecuados, teniendo en cuenta su cantidad y calidad. El abastecimiento debe conseguirse estudiando primero el lugar de obtención y conducción, su calidad y sanidad para evitar las enfermedades de orden hídrico. También debe tenerse en cuenta la capacidad de la fuente, conducción y almacenamiento con base en un gasto mínimo de 25 a 30 litros diarios por persona. (Martínez., *et al.* 2018)

El agua puede obtenerse:

- Recogiendo y almacenando el agua lluvia.
- Aprovechando el agua que corre por la superficie de la tierra, siguiendo los lechos de los ríos, los cuales se forman en las montañas con las aguas de arroyos y manantiales, aumentando de manera progresiva su caudal por el aporte de una red de afluentes que van a servir a una misma cuenca.
- Empleando el agua filtrada por las capas del terreno, que manan naturalmente al exterior en los manantiales o captándola de las venas líquidas subterráneas.

2.2.3.1 Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

Los sistemas de agua potable tienen como finalidad, entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades. El agua de calidad es considerada como potable definida como, toda

la que es “apta para consumo humano”, lo que quiere decir que es posible beberla sin que cause daños o enfermedades al ser ingerida (Terán, 2010).

- **Captación**

Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere. Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta: (Terán, 2010)

- Aguas superficiales.
- Aguas subterráneas.
- Aguas meteóricas (atmosféricas).
- Agua de mar (salada).

También se toman en cuenta las aguas meteóricas y el agua de mar, ocasionalmente se emplean para el abastecimiento de las poblaciones, cuando se usan es porque no existe otra posibilidad de surtir de agua a la localidad, las primeras se pueden utilizar a nivel casero o de poblaciones pequeñas y para la segunda, en la actualidad se desarrollan tecnologías que abaraten los costos del tratamiento requerido para convertirla en agua potable, además de que los costos de la infraestructura necesaria en los dos casos son altos. (Soto, 2018)

Comúnmente las opciones de abastecimiento de agua de mayor cantidad y de menor costo en su tratamiento, son las aguas superficiales y subterráneas. Las aguas superficiales son aquellas que están en los ríos, arroyos, lagos y lagunas, las principales ventajas de este tipo de aguas son que se pueden utilizar fácilmente, son visibles y si están contaminadas pueden ser saneadas con relativa facilidad y a un costo aceptable. Su principal desventaja es que se contaminan fácilmente debido a las descargas de aguas residuales, pueden presentar alta turbiedad y contaminarse con productos químicos usados en la agricultura (Terán, 2010).

- **Conducción**

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada uno de los tipos de zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad que se esté o pretenda abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo. Por lo tanto, la conducción representa uno de los principales factores dentro del sistema de abastecimiento de agua, pues la misma debe garantizar que el volumen de agua que ingresa desde la captación sea el adecuado hasta los tanques de tratamiento, además en el proceso de conducción se debe de una u otra forma garantizar que el agua no sea contaminada por algún proceso propio de la conducción. (Terán, 2010).

- **Tratamiento de agua**

El tratamiento que se realiza el agua para el consumo humano se compone de una serie de una serie de operaciones unitarias de tipos físico, químico y microbiológico, que tiene una única finalidad de eliminación o reducción de los agentes contaminantes o las características no deseables del agua a su mínima expresión, esencialmente que cumplan con los parámetros mínimos permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana o internacional. Debido a que las mayores exigencias que se requiere de agua es el consumo humano y el consumo animal, éstas deben tener con muchos procesos de potabilización que garanticen la idoneidad de la misma mediante la adecuada infraestructura física y los procedimientos correctos. Los tratamientos que se utilizan son muy variados pero el éxito del mismo se centra principalmente en la combinación de ellos por ejemplo se utilizan procesos de filtración, aireación, desarenador, filtrado, clorado, entre los principales procesos (Tobón, 2018)

2.2.3.2 Indicadores de evaluación de la red de abastecimiento de agua

- **Estado actual**

Es un indicador que determina mediante inspección visual cual es el estado general de la red de abastecimiento de agua potable, se debe evaluar todos y cada uno de los componentes de este sistema, el criterio debe ser en términos generales pues este nos da una visión amplia y clara de como se encuentran las instalaciones físicas y si estas tienen características básicas de funcionamiento optimo que garanticen la operación de la misma. (SGR y PNUD, 2011)

- **Antigüedad**

Se determina que cada elemento del sistema de abastecimiento de agua potable está construido, pues en muchos de los casos este puede estar construido de forma diferentes dependiendo el componente. Cada uno de los componentes se caracterizan por tener algún tipo de construcción diferente. En este destacan la evaluación de las tuberías de conducción de agua, los tanques de captación, los sistemas de bombeo y las piscinas de tratamiento de agua (SGR y PNUD, 2011)

- **Mantenimiento**

En este punto se pretendió establecer si el mantenimiento se lo realiza bajo la iniciativa o criterio de los tecnicos responsables de la actividad o si el mismo está enmarcado dentro de un proceso correctivo, en este caso se debe analizar que todo el trabajo y mantenimiento se realiza por parte de los técnicos y que es un trabajo que da respuesta a una actividad planificada, tambien si este se presenta ante respuesta de cualquier emergencia, es decir el criterio general es evaluar si todo está planificado diariamente. (SGR y PNUD, 2011)

- **Material de construcción**

Esta evaluación consiste en evaluar si cada elemento del sistema de abastecimiento de agua fue construido de forma diferente, cumpliendo con las

exigencias técnicas existentes. Para cada elemento se caracterizó dependiendo del material de construcción. El sistema de abastecimiento de agua está constituido por varios materiales como el caso de las tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) en todo el sistema. También se deben evaluar las bases en las que se soportan los sistemas de conducción, pues en algunos sectores están construidas de material de piedra y mampostería de hormigón armado, lo cual le confiere cierto grado de vulnerabilidad. (SGR y PNUD, 2011)

- **Estándares de diseño y construcción**

El Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) promulgó una normativa para la construcción de los sistemas de agua potable y alcantarillado a nivel nacional. En este sentido en esta fase se determinó si los elementos del sistema cumplen con lo establecido por esta norma ecuatoriana, para lo cual se deben realizar entrevistas a los trabajadores de la planta para determinar si todos los elementos del sistema de agua potable se diseñaron dentro de la norma establecida por el IEOS o fue construido por normativas locales antes de que se expida esta normativa de construcción (SGR y PNUD, 2011)

2.3. Definición de Términos (Glosario)

Adaptabilidad

Se entiende como la capacidad que tiene una persona o grupo de personas de un sector, localidad o comunidad para adaptarse a la solución de los diversos tipos de problemas que se le pueden presentar, con la finalidad de reducir o eliminar los potenciales daños y hacer de las cosas negativas aspectos positivos.

Amenaza

Se entiende como un proceso, algún tipo de fenómeno o alguna actividad humana que pueda ocasionar problemas, lesiones leves, graves o en el peor de los casos causar la muerte y afectar directamente a los bienes públicos y privados. (Soto, 2018)

Amenaza natural

Las amenazas de tipo natural son asociadas predominantemente a procesos y fenómenos naturales como sismos, inundaciones, erupciones, entre otros.

Capacidad

Combinación de todas las fortalezas, atributos y recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad o institución destinados a gestionar y reducir los riesgos de desastres, así como para reforzar su resiliencia. (Padrón, 2017)

Código de construcción

Son un conjunto de normativas, protocolos, normas y procedimientos que se encuentran asociadas unas con otras con la única finalidad que todas las infraestructuras físicas puedan cumplir todos y cada uno de los de los parámetros normales de funcionamiento con la única necesidad de garantizar el bienestar de la comunidad (Yelena y Hildebrando, 2016)

Desastre

Interrupción grave del funcionamiento de una comunidad o sociedad en cualquier escala debido a la ocurrencia de fenómenos peligrosos que interaccionan con las condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad, ocasionando impactos y pérdidas de vida, salud, materiales, económicos y ambientales. (Yelena y Hildebrando, 2016)

Escenario

Es una visión anticipada de lo que podría suceder si llegará a presentarse o hacerse real una amenaza sobre una comunidad o un sistema vulnerable, es el espacio y tiempo en donde los componentes del riesgo confluyen (amenaza y vulnerabilidad) junto con la previsión de las posibles consecuencias de esta confluencia. (Yelena y Hildebrando, 2016)

Evaluación del Riesgo de Desastres

Enfoque cualitativo o cuantitativo para determinar la naturaleza y el alcance del riesgo de desastres mediante el análisis de las posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de exposición y vulnerabilidad que conjuntamente podrían causar daños a las personas, los bienes, los servicios, los medios de vida y el medio ambiente del que dependen. (Torrejon y Guivin, 2017)

Gestión del riesgo de desastres

La gestión del riesgo de desastres es la aplicación de políticas y estrategias de reducción del riesgo de desastres con el propósito de prevenir nuevos riesgos, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual, contribuyendo al fortalecimiento de la resiliencia y reducción de las pérdidas por desastres.

Infraestructuras vitales

Son las diferentes estructuras físicas, así como las instalaciones de diferentes componentes y otros activos que son muy indispensables para el normal funcionamiento de la comunidad (Torrejon y Guivin, 2017)

Medidas estructurales

Son las que comprenden toda construcción material que tiene por objeto reducir o evitar el posible impacto de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería o tecnología para lograr la resistencia y resiliencia a las amenazas en estructuras o sistemas. (Torrejon y Guivin, 2017)

Mitigación

Disminución o reducción al mínimo de los efectos adversos de un suceso peligroso a través de la implementación de medidas estructurales y no estructurales. (Martínez, 2018)

Reforzamiento

Son las diferentes actividades que se desarrollan con la finalidad de mantener de forma adecuada las estructuras que le confieran una mayor resistencia.

Riesgo Residual

Es el riesgo de la ocurrencia del desastre el mismo que se puede mantener de una forma no gestionada, aunque se hayan podido poner en pie algunas medidas que tiendan a tener efectos eficientes en la reducción del riesgo de desastres, pero siempre manteniendo las capacidades de respuesta. (Martínez, 2018)

Suceso peligroso

Se define como la posible manifestación de algún tipo de amenaza que puede causar algún tipo de daño en un tiempo concreto (Celis, 2018)

Vulnerabilidad

Se presentan como aquellas condiciones que pueden estar determinadas por algún tipo de factor físico, social o ambiental que puedan causar un aumento de la susceptibilidad de las personas o grupo de personas

2.4 Sistema de variables

2.4.1 Variable independiente

Tabla 3. Operacionalización de variables: Amenaza de deslizamiento

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Amenaza de deslizamiento	Es un movimiento en masa de tierra producido cuando una el terreno se convierte en una zona inestable y se desliza con respecto a otra que es estable, por lo general son provocados por saturación de agua en los suelos	<p>Geología/Litología</p> <p>Geomorfología</p> <p>Pendiente</p> <p>Uso del suelo</p> <p>Sismicidad</p> <p>Lluvias</p>	<p>Pendiente del terreno donde se asienta la red vital</p> <p>Identificación y caracterización de las geo formas de la zona</p> <p>El nivel de elevación y ondulación del suelo</p> <p>Principales zonas caracterizadas por el uso y ocupación del suelo</p> <p>Identificación del nivel sísmico ya sea de zona, región o país.</p> <p>Nivel de precipitaciones en el cantón o el área de influencia de la red de abastecimiento de agua</p>	<p>Metodología propuesta por Mora y Vahrson</p>

Elaborado por: Autoras, 2019

2.4.2 Variable dependiente

Tabla 4. Operacionalización de variables: Red de abastecimiento de agua potable

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Red de abastecimiento de agua potable	Denominada red vital, es aquella que permite que el agua avance desde la zona de captación hasta el punto de consumo del usuario final en condiciones sanitarias de calidad y cantidad permitidas por las normas locales.	<p>Captación</p> <p>Conducción</p> <p>Tratamiento</p>	<p>Estado actual</p> <p>Antigüedad</p> <p>Mantenimiento</p> <p>Material de construcción</p> <p>Estándares de diseño y construcción</p>	<p>Guía para Implementar el Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Cantonal:</p> <p>Tablas de Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales – Sistema de Agua Potable</p>

Elaborado por: Autoras, 2019

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Nivel de Investigación

3.1.1 Descriptivo

Es un nivel de investigación que implicará observar y describir el comportamiento del objeto de estudio sin la realización de ningún tipo de influencia sobre la misma. Este nivel descriptivo es muy utilizado debido a que se podrá observar el comportamiento natural de la zona de estudio caracterizando sus rasgos más específicos. (Baena, 2014)

3.1.2 Exploratoria

Es aquella que se efectuará en el objeto de estudio, en vista que poco conocido o estudiado. En este nivel la investigación permitirá obtener nuevos datos y elementos que permita tener mayor precisión en el desarrollo de la investigación y conducirnos a precisar las conclusiones.

3 2. Diseño

En la investigación se desarrollará un diseño de tipo no experimental, pues se trata de un estudio sistemático en el cual no se manipulan las variables de estudio. Este caso particular la observará y describirá el objeto de estudio en su ambiente natural o la situación actual donde se estudian los factores que pueden originar la amenaza de deslizamientos en la red de abastecimiento de agua potable para a posterior establecer los índices, niveles y zonas de la amenaza

3.3. Población y Muestra

La investigación se desarrolló en el área de influencia del sistema de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía, comprendidos por la captación, conducción y tratamiento. Se tomaron muestras de agua para evidenciar la calidad física, química y microbiológica, se tomaron 3 muestras en los tanques de captación de agua, conducción y tratamiento, de este modo se pretendió establecer la calidad física, química y microbiológica del agua.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1 Análisis documental

Para el desarrollo de la investigación se obtuvo datos mediante el análisis de documentos inherentes a la evaluación de sistemas de agua potable y saneamiento obtenidos de la Secretaria de Gestión de Riesgos y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2011).

3.4.2 Observación de campo no experimental

El fin de esta actividad fue profundizar el conocimiento, se basó en la visita in situ al lugar de estudio, acompañados de una ficha de observación utilizada para determinar el nivel de vulnerabilidad de cada componente del sistema

3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos (Estadístico utilizado), para cada uno de los objetivos específicos

3.5.1 Determinación de la amenaza de deslizamiento por el método Mora - Vahrson

Este es un modelo de determinación a priori de la amenaza de deslizamiento en base a la determinación de factores morfodinámicos desarrollados por Mora – Vahrson (1993), con la finalidad de predecir la amenaza por los deslizamientos, ese método considera cinco factores: el relieve relativo, la litología, la humedad del suelo, la sismicidad y la intensidad de lluvias.

Esta metodología combina los tres primeros factores (elementos pasivos) con los otros dos factores la sismicidad y las lluvias intensas como métodos de disparo dando lugar a los deslizamientos, de este modo se considera el nivel de amenaza del sistema de agua potable.

3.5.2 Determinación de la vulnerabilidad física del sistema de abastecimiento de agua

Se utilizó la metodología propuesta en la “Guía para implementar el análisis de vulnerabilidades a nivel cantonal” desarrollada por la Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2011), para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

- a) Se realizó una selección, reconocimiento e inspección del sistema de abastecimiento de agua en cada uno de sus tres componentes (captación, conducción, tratamiento). Esta se realizó mediante una inspección visual de la visita in situ del lugar.
- b) Identificación de las diferentes situaciones (peligros y amenazas) que puedan comprometer la integridad de algunos de sus tres componentes principales.

Para el análisis y el desarrollo de la determinación de la vulnerabilidad se realizaron 3 procedimientos específicos que se detallan a continuación:

- Descripción general del cantón
- Exposición del territorio ante amenazas de origen natural
- Factores que inciden en la génesis de la vulnerabilidad

Una vez que se realiza la descripción de la zona de estudio se procede a determinar la vulnerabilidad física del sistema de agua potable, mediante la aplicación de las tablas de calificación de vulnerabilidad física de redes vitales – sistema de agua potable para los componentes de captación, conducción y tratamiento.

3.5.3 Determinación del índice de calidad del agua en la red de abastecimiento

Se procedió a realizar análisis de laboratorio de tipo físico químico y microbiológico, según lo estipulado en el “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente” (TULSMA, 2017), según se detalla a continuación:

- Parámetros físicos: conductividad (uS/cm), dureza total, sólidos totales disueltos (SST), color (UTC), turbiedad (NTU)
- Parámetros químicos: potencial de hidrógeno (pH), dureza total (DT), dureza cálcica y magnésica en forma de carbonato de calcio (CaCO₃), sulfatos (SO₄²⁻), nitratos (NO₃⁻), hierro (Fe), cromo hexavalente (Cr⁶⁺), cobre (Cu), Zinc (Zn), demanda química de oxígeno (DQO)
- Parámetros biológicos: coliformes totales y coliformes fecales (NMP/100 mL)

Para este efecto se tomarán muestras de agua del componente captación, tratamiento y distribución (hogares del cantón), para luego ser tabulados y comparados con lo establecido en el TULSMA y definir si el abastecimiento de agua del cantón cumple con los parámetros de calidad físico, químico y microbiológico que requiere la población.

3.5.4 Formulación del plan de contingencia ante la vulnerabilidad a deslizamientos

Se desarrolló un plan de contingencia en base a los criterios que se detallan a continuación:

- Identificación de riesgos: el propósito de analizar los riesgos fue presentar las medidas preventivas que deben desarrollar los trabajadores o personal operativo para prevenir los riesgos en el sistema
- Identificación de amenazas: Se identificaron las amenazas de origen natural que desencadenan los deslizamientos y se proponen medidas para mitigar el efecto.
- Identificación de las vulnerabilidades: consistió en identificar que zonas del sistema de abastecimiento de agua pueden sufrir daño y tener dificultad para recuperarse, de ahí se proponen medidas enfocadas en reducir las vulnerabilidades.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS
PLANTEADOS

4.1 Resultados según el objetivo 1: Identificar los principales puntos sensibles vulnerables a deslizamientos de tierra con incidencia de afectación a la infraestructura física de la red de abastecimiento de agua potable

4.1.1 Información general del cantón

El cantón Echeandía se encuentra ubicado en el territorio sub tropical de la provincia Bolívar es uno de los 7 cantones que se compone la provincia, está limitando al norte con la provincia del Cotopaxi, al sur con las provincias de Cañar y Guayas; al oeste con las provincias de Tungurahua y la provincia de Chimborazo. Tiene una población aproximada de 12144 habitantes. Es la cabecera cantonal y no tiene parroquias rurales. El cantón tiene una superficie de 232,06 Km² aproximadamente, lo que representa el 5,9% de la superficie total de la provincia Bolívar. Otra información vinculada con el cantón Echeandía se presenta en la tabla a continuación:

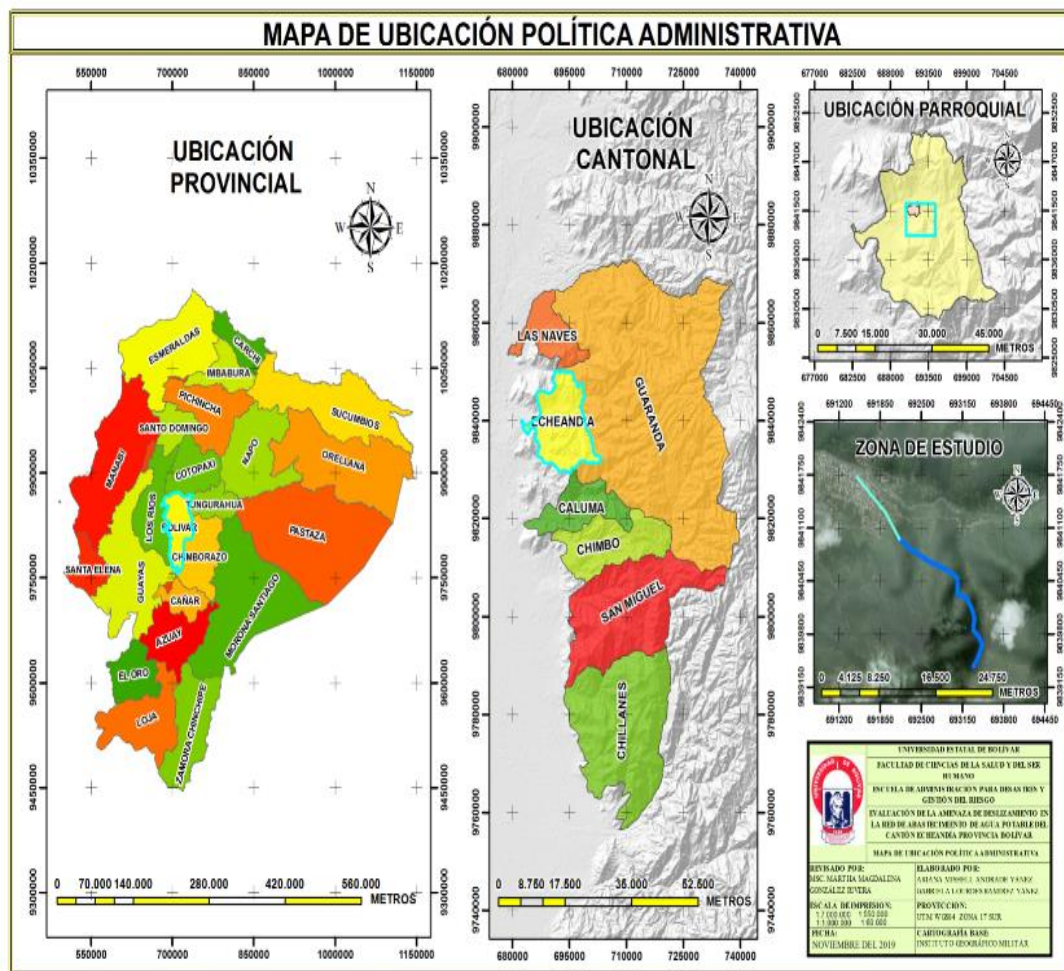
Tabla 5: Datos informativos del cantón Echeandía

Descripción	Detalle
Nombre del cantón	Echeandía
Fecha de creación	5 de enero de 1984
Rango altitudinal	Desde 119 hasta 1757 msnm
Límites geográficos	Norte: parroquia Zapotal Sur: cantón Guaranda y Caluma Este: parroquia Salinas y cantón Guaranda Oeste: parroquia Ricaurte y parroquias Los Ángeles y Chacarita

Fuente: SGR, 2014

El perfil territorial del cantón da una visión de las realidades del territorio en cuanto a los componentes básicos del sistema de abastecimiento de agua, las dinámicas de desarrollo en sus diferentes áreas y las principales características espaciales. Esta información permitió tener una comprensión de los procesos territoriales que tienen una relación directa en la creación de algún tipo de vulnerabilidad con respecto a las amenazas en la red de agua potable, lo cual permitió tener una visión clara de las características del territorio y así entender la dinámica de los riesgos a los cuales se encuentran expuestos y el nivel de gestión que se requiere para minimizar su efecto. La ubicación geográfica del cantón se detalla en el mapa a continuación:

Mapa 1: Ubicación geográfica del cantón Echeandía

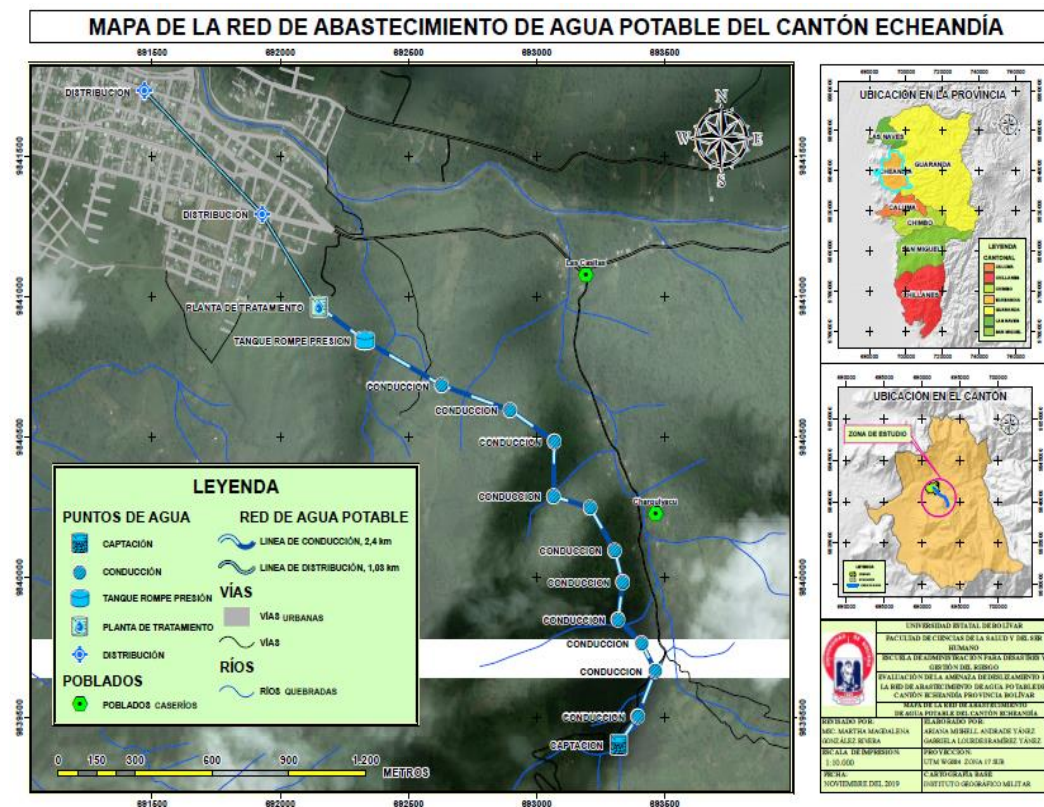


Fuente: Autoras, 2019

4.1.2 Exposición del territorio ante amenazas de origen natural

Esta descripción se realizó para poder evidenciar que porcentaje del cantón se encuentra expuesto a desastres de tipo natural dentro del que destaca los deslizamientos, además se pudo determinar en relación al área de influencia del sistema de abastecimiento de agua que sectores son más propensos a deslizamientos y como estos podrían afectar total o parcialmente este sistema. Para la determinación de las amenazas se debe conocer en primera instancia el mapa de la red de abastecimiento de agua del cantón como se detalla a continuación:

Mapa 2: Ubicación de la red de abastecimiento en el cantón Echeandía



Fuente: Autoras, 2019

4.1.2.1 Diagnóstico Biofísico

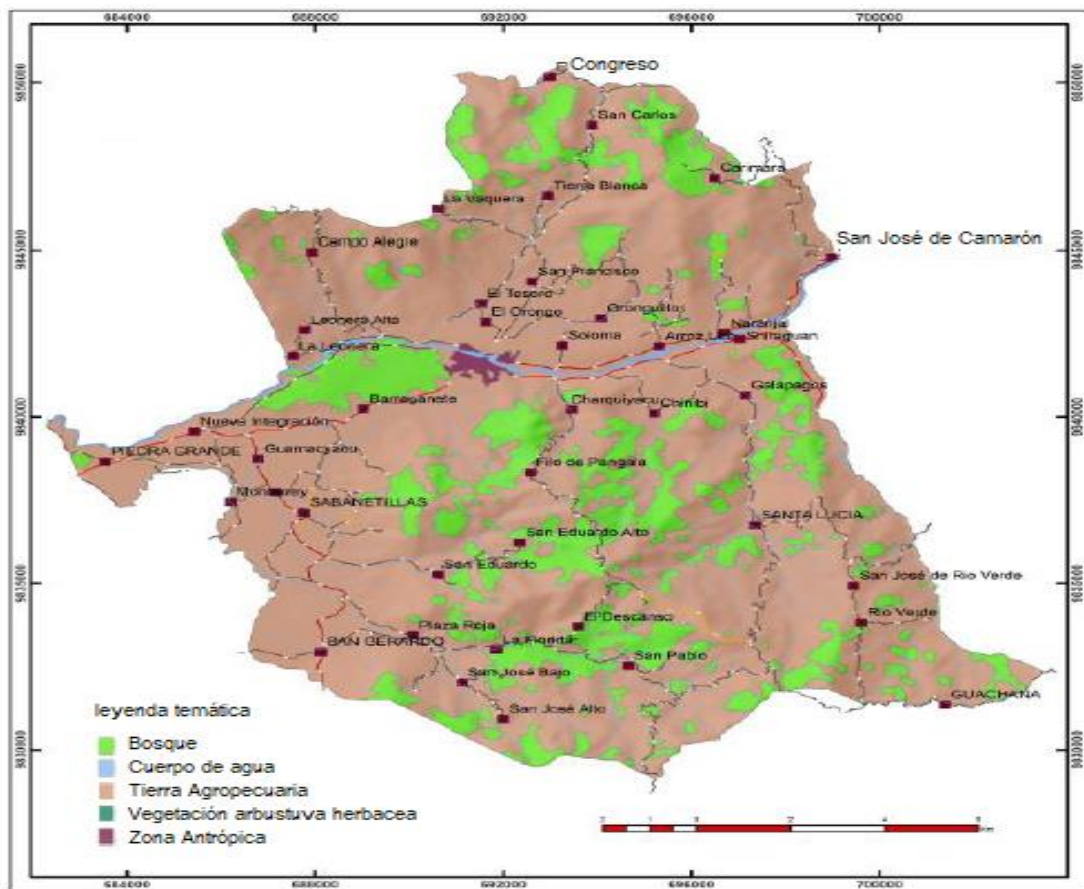
Este diagnóstico pretendió realizar una identificación del escenario ecológico ambiental que tienen el cantón, esto permitió adquirir criterios suficientes para plantear propuestas que permitan superar las deficiencias y amenazas que se

identifiquen en la investigación desarrollada en el sistema de abastecimiento de agua potable del cantón, este diagnóstico se compone de los siguientes elementos:

- **Uso del suelo del área de influencia del sistema de abastecimiento de agua potable**

Esta actividad se desarrolló mediante observación directa realizada en la visita in situ, la cobertura del suelo de la zona investigada, es decir el destino que le dan los pobladores de este sector a los suelos es en su gran mayoría para actividades agropecuarias dentro de los que se destaca principalmente la producción de frutas como el banano, cacao, cítricos, entre otros; es decir cultivos de ciclos cortos. Para visualizar de mejor manera el uso y ocupación del suelo por parte de los pobladores del sector se presenta el grafico a continuación:

Mapa 3: Uso del suelo en el cantón Echeandía



Fuente: Autoras, 2019

En el mapa anterior se puede visualizar los principales usos que se le da al suelo en la zona de investigación, para definir qué área se destina para cada actividad y los porcentajes que esta ocupa, se presenta la tabla resumen a continuación:

Tabla 6: Uso de suelo del área de influencia de la zona de estudio

Descripción	Área (hectáreas)	Porcentaje (%)
Actividades agrícolas (ciclo corto)	22052,88	95,03
Vegetación arbustiva y herbácea	190,43	0,82
Zona antrópica	99,08	0,43
Cuerpo de agua	26,01	0,11
Bosque	837,72	3,61
Total	23206,12	100

Fuente: SGR, 2014

De lo expuesto en la tabla anterior se evidencia que las actividades agrícolas (ciclo corto) predominan en la zona de influencia del sistema de abastecimiento de agua en un gran porcentaje, lo cual demuestra que los suelos se están perdiendo debido a que la frontera agrícola sigue avanzando y la superficie vegetal se pierde lo cual provocaría algún tipo de erosión hídrica, haciendo que los suelos se vuelvan inestables. Para tener una visión clara de las características de los suelos del cantón Echeandía se realizó la siguiente descripción:

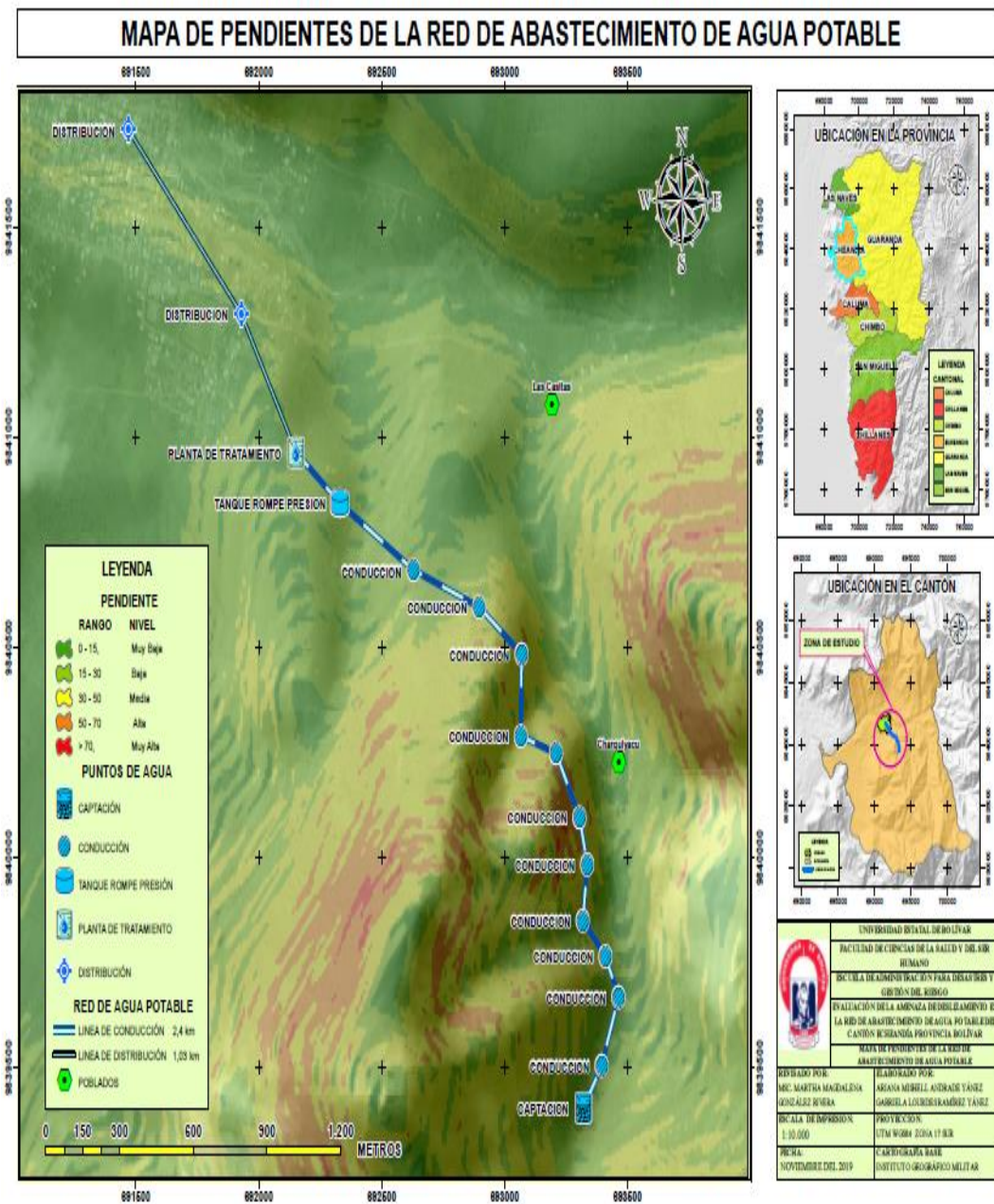
- **Geomorfología de la zona investigada**

La geomorfología del cantón Echeandía en general se caracteriza principalmente por ser un relieve de montaña, y la zona de influencia del sistema de abastecimiento de agua no es la excepción pues tiene las mismas características

del relieve del cantón, esta zona según la visita in situ tiene sectores altos y escarpados en el sector de captación, en menor porcentaje se conforma por declives; el relieve del sector de los tanques de distribución está formado por llanuras típicas de la región costa en una franja no mayor a 50 metros. Es decir, en general el territorio que abarca el sistema de conducción del sistema de agua es un medio geográfico característico de la zona subtropical. En la visita in situ se pudo establecer que la zona de estudio presenta tres tipos de macro relieve, según se detalla a continuación:

- **Cordillera:** Este macro relieve abarca la zona de una parte de los tanques de captación de agua que proviene de las cordilleras, está constituido por un sistema de alienaciones montañosas enlazadas entre sí pues esta zona pertenece al macro relieve propio de la zona alta (límite con el cantón Guaranda); corresponde un área aproximada de 30 m²
- **Serranía:** Sistema montañoso de menor altitud que las cordilleras, son de carácter estructural, plegado y denudativo, en este sector se despliega el sistema de conducción de agua, se encuentra ubicado al norte del cantón. Corresponde aproximadamente 15 km de tubería de conducción.
- **Piedemonte:** lo constituyen las partes bajas de las montañas, hasta el punto de inflexión con los valles y la llanura, en este sector se encuentran ubicados los tanques de tratamiento y distribución del agua que abastece al cantón, corresponde un área aproximada de 50 m². Lo expuesto anteriormente se presenta en el gráfico a continuación:

Mapa 4: Pendientes del cantón Echeandía e influencia sobre el sistema de agua



Fuente: Autoras, 2019

- **Geología /Litología**

El análisis de los suelos del área de influencia de la zona de investigación representa un factor muy importante pues de este depende la susceptibilidad que tengan las diferentes áreas donde se asienta el sistema de abastecimiento de agua potable pues esto representa un factor decisivo en la vulnerabilidad que presenta la

infraestructura física de esta línea vital, para ellos se procedió en primera instancia a determinar las características del suelo del cantón en Echeandía, para ellos se presenta la tabla a continuación:

Tabla 7: Características de los suelos del cantón Echeandía

Descripción	Área (hectáreas)	Porcentaje (%)
PENDIENTE		
Débil, plano o casi plano 0-5%	1,018.62	4.39
Inclinación regular, suave o ligeramente ondulada 5-12%	2,141.45	9.23
Irregular, ondulación moderada 12-25%	1,363.91	28.65
Fuertes, colinado 25-50%	5,661.97	24.40
Muy fuertes, escarpado 50-70%	6,649.08	5.88
Abruptas, montañoso mayor al 70%	6,371.09	27.45
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - TEXTURA		
Arenas, limos, arcillas y conglomerados	2641.25	11.38
Limos, arcillas, arenas, gravas	19548.01	84.24
Secuencias de lavas, andesitas basálticas y piroclastos	1016.87	4.38

Fuente: TULSMA, 2017

Se procedió a determinar las principales características que presentaban los suelos de las diferentes áreas de influencia del sistema de abastecimiento de agua en cada uno de los sus diferentes componentes identificados: captación, conducción y tratamiento, según se detalla en la tabla a continuación:

Tabla 8: Tipos de suelos en el sistema de abastecimiento de agua

Sistema de abastecimiento	Pendiente	Textura
Captación	Irregular, ondulación moderada 12-25%	Limos, arcillas, arenas, gravas
Conducción	Irregular, ondulación moderada 12-25%	Limos, arcillas, arenas, gravas
Tratamiento	Irregular, ondulación moderada 12-25%	Limos, arcillas, arenas, gravas

Fuente: Martínez., et al. 2018

En la visita in situ realizada a los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua del cantón Echeandía, así como de las entrevistas realizadas a los técnicos de la empresa de agua potable, se pudo determinar que los suelos en cual se asienta la estructura de esta red vital están en suelos conformados por limos, arcillas, arenas, gravas.

El componente del sistema de agua potable, la conducción, se asienta conformados por limos, arcillas, arenas, gravas, además estos suelos se caracterizan por tener una saturación superior al 35%, son suelos húmedos, tiene una textura moderadamente gruesa a fina, es de topografía variable pues tiene una inclinación regular a suave, lo que les hace inestables ante un posible evento de deslizamiento.

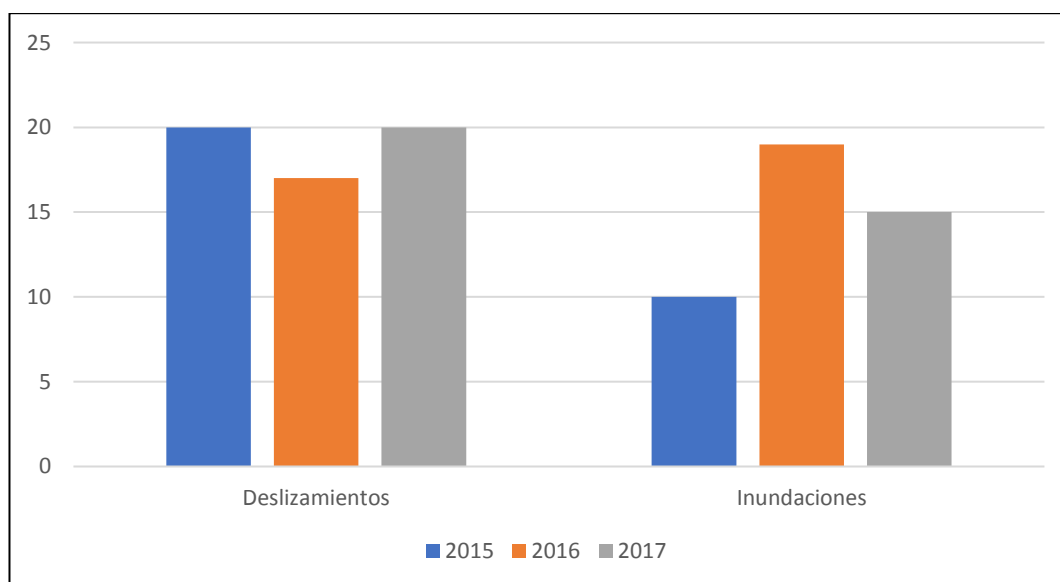
El componente de tratamiento y/o distribución se asienta sobre suelos limos, arcillas, arenas, gravas, es de topografía variable pues tiene una inclinación regular a suave, lo cual no se confiere mayor riesgo de deslizamiento.

4.1.2.2 Exposición ante amenazas de deslizamientos

El cantón Echeandía debido a su ubicación, es un territorio que presenta una alta exposición a una diversidad de amenazas de tipo natural como el caso de deslizamientos, la cual tiene un alto grado de complicación debido a la ocupación y distribución desordenada del suelo, la expansión de la frontera agrícola y la deforestación que se evidencia en algunas zonas de influencia del sistema de abastecimiento de agua potable.

En el grafico a continuación se presenta un reporte de los principales eventos de tipo natural que se han dado en las diferentes localidades del cantón Echeandía y que están vinculados con la razón de esta investigación, dentro de los cuales destacan los deslizamientos, los mismos que están vinculadas con el nivel de lluvias que se registran en el sector; también se consideran los deslizamientos que son producto de la acumulación del agua de lluvia lo cual vuelve al suelo inestable y se provocan los mismos.

Gráfico 1: Principales eventos naturales suscitados en el cantón Echeandía



Fuente: SGR, 2014

Elaborado por: Autoras, 2019

La identificación de las amenazas pone de manifiesto que cuando se juntan las amenazas y las malas prácticas de desarrollo local, las vulnerabilidades crecen y se desarrollan en los campos ciudades y como en este caso en la afectación a las líneas vitales como el caso del sistema de abastecimiento de agua

La zona de influencia del río Soloma ha sufrido una serie de deslizamientos que van desde pequeños a grandes, han causado una serie de daños en centros educativos, viviendas e infraestructuras físicas estatales, lo cual denota que la falta de prevención de riesgos está incrementando pérdidas y daños en los bienes y servicios públicos poniendo en peligro a la población

4.1.3 Factores que inciden en la génesis de la vulnerabilidad

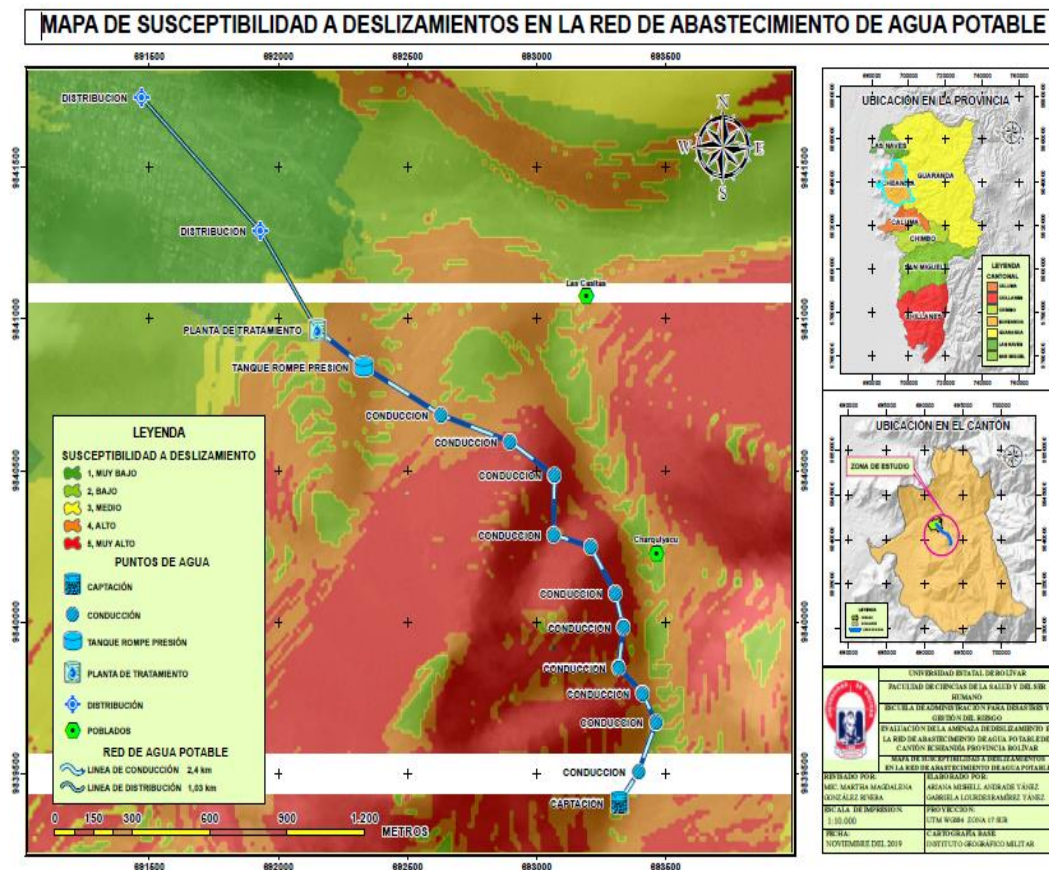
Se identificó las características estratégicas que están asociadas al desarrollo de las actividades del sistema de abastecimiento de agua, dan una vista general y permiten evidenciar si la zona de estudio se encuentra vulnerable a la amenaza de deslizamiento. Además, se desarrolló el mapa de susceptibilidad, pues el impacto de las amenazas de deslizamientos sobre el sistema de abastecimiento depende del grado de exposición a la amenaza, de las características técnicas del componente y de la estructura del sistema. Por lo anterior, fue primordial identificar la extensión o las áreas a las que estaba expuesto el sistema de abastecimiento de agua.

Se utilizó el software ARGIS 10.1, pues los sistemas de información geográfica constituyen un instrumento muy eficiente para la preparación de mapas de riesgo porque analizan gráficamente la información, generan mapas de zonificación del peligro e identifican los componentes más expuestos a diferentes amenazas.

El procedimiento para la obtención del mapa susceptibilidad de amenazas de deslizamiento fue dividido en dos partes, la primera encaminada a obtener el mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos a la generación de deslizamientos de tierra, en donde se involucra información geológica, de pendiente y drenaje; la segunda encaminada a obtener un mapa de factores extrínsecos que son contribuyentes o detonantes. Mediante la superposición de estos dos mapas se

obtuvo el producto final que fue el mapa de susceptibilidad de amenazas relativas por fenómenos de deslizamientos de tierra, como se muestra en el mapa que se presenta a continuación:

Mapa 5: Susceptibilidad de la red de abastecimiento de agua



Elaborado por: Autoras, 2019

4.1.4 Análisis de la vulnerabilidad física de la línea vital

Para la determinación de la vulnerabilidad física de la red vital, se realizó un análisis en cada uno de los componentes de la misma: captación, conducción y tratamiento, es importante mencionar que estos tres elementos del sistema de abastecimiento de agua potable se encuentran expuestos en cierto grado a efectos de un deslizamiento. Para la visualización de los resultados se elaboró una tabla donde se relacionan los niveles de vulnerabilidad con la amenaza de deslizamiento que podrían afectar a los diferentes elementos que conforman el sistema de

abastecimiento de agua analizado. A continuación, se presentan las variables de vulnerabilidad generada por el evento de deslizamiento en la captación de agua:

Tabla 9: Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – captación

FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	Observación	Deslizamiento	Ponderado Deslizamiento	Valor Máximo	
CAPTACIÓN	Estado actual	Bueno		1			
		Regular	x	5	1	5	
		Malo		10			
	Antigüedad	0 a 25 años			1		
		25 a 50 años	x	5	1	5	
		mayor a 50 años		10			
	Mantenimiento	Planificado	x	1			
		Esporádico		5	2	2	
		Ninguna		10			
	Material de construcción	PVC			1		
		Hormigón armado			1		
		Asbesto cemento			5		
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo	x	10	2,5	25	
Estándares de diseño y construcción	Antes de IEOS			1			
	Entre el IEOS y la norma local			5	3	30	
	Luego de la norma local	x	10				
TOTAL						67	

Elaborado por: Autoras, 2019

El análisis de vulnerabilidad realizado a los tanques de captación del sistema de abastecimiento de agua del cantón Echeandía obtuvo una puntuación de 67, dentro de la que destaca principalmente las variables de vulnerabilidad de los materiales de construcción y los estándares de diseño y construcción, en los cuales se evidencia que tienen las puntuaciones más altas de vulnerabilidad debido a que los materiales de construcción en la mayor parte de la infraestructura es de piedra y mampostería de ladrillo y que los estándares de diseño y construcción fueron

elaborados después que los organismos de control expidieron las normas técnicas de construcción. Del mismo modo se procedió a establecer la calificación de vulnerabilidad de deslizamiento para la conducción en base a la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 10: Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – conducción

FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	Observación	Deslizamiento	Ponderado Deslizamiento	Valor Máximo	
CONDUCCIÓN	Estado actual	Bueno	x	1			
		Regular		5	1	1	
		Malo		10			
	Antigüedad	0 a 25 años			1		
		25 a 50 años	x	5	1	5	
		mayor a 50 años		10			
	Mantenimiento	Planificado			1		
		Esporádico	x	5	2	10	
		Ninguna		10			
	Material de construcción	PVC			1		
		Hormigón armado			1		
		Asbesto cemento			5		
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo	x	10	2,5	25	
	Estándares de diseño y construcción	Antes de IEOS			1		
		Entre el IEOS y la norma local			5	3	30
Luego de la norma local		x	10				
TOTAL						71	

Elaborado por: Autoras, 2019

El análisis de vulnerabilidad realizado a la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua del cantón Echeandía obtuvo una puntuación de 71, en la cual se pone de manifiesto que este sistema de conducción fue implementado después de que los organismos de control expidieron las normas técnicas nacionales

de construcción como es el caso de las normas técnicas de construcción (NTC). Se procedió a establecer la calificación de vulnerabilidad de deslizamiento para los tanques de tratamiento según la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 11: Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – tratamiento

FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	Observación	Deslizamiento	Ponderado Deslizamiento	Valor Máximo	
TRATAMIENTO	Estado actual	Bueno		1			
		Regular	x	5	1	5	
		Malo		10			
	Antigüedad	0 a 25 años			1		
		25 a 50 años	x	5	1	5	
		mayor a 50 años		10			
	Mantenimiento	Planificado			1		
		Esporádico	x	5	2	10	
		Ninguna		10			
	Material de construcción	PVC			1		
		Hormigón armado			1		
		Asbesto cemento			5		
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo	x	10	2,5	25	
	Estándares de diseño y construcción	Antes de IEOS			1		
		Entre el IEOS y la norma local			5	3	30
Luego de la norma local		x	10				
TOTAL						75	

Elaborado por: Autoras, 2019

La calificación obtenida denota que se no ha cumplido en un gran porcentaje con lo que requieren las normas de construcción, por lo tanto el valor de vulnerabilidad en los tanques tratamiento es de 75. Esta evaluación permitió obtener información sobre el nivel de amenaza al que se encuentran expuestos cada uno de estos 3 componentes. Los valores obtenidos fueron clasificados acorde a su nivel de vulnerabilidad en base a la tabla del nivel de vulnerabilidad propuesta por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2011, según la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 12: Nivel de vulnerabilidad según puntaje obtenido

Nivel de vulnerabilidad	Puntaje
Bajo	0 - 33
Medio	34 - 66
Alto	Más de 66

Fuente: SGR, 2014

En base a la tabla anterior se realizó las ponderaciones para la evaluación de vulnerabilidad realizada a cada componente del sistema de abastecimiento de agua, según el detalle que se presenta a continuación:

Tabla 13: Nivel de vulnerabilidad identificado en los componentes del sistema de abastecimiento de agua de cantón Echeandía

Componente	Puntaje obtenido	Nivel de vulnerabilidad
Captación	67	Alto
Conducción	71	Alto
Tratamiento	75	Alto

Fuente: Autoras, 2019

Los componentes del sistema de abastecimiento de agua del cantón Echeandía fueron evaluados mediante la metodología propuesta por la SGR y el PNUD (2011), los mismos fueron calificados acorde a su nivel de vulnerabilidad identificado en la visita in situ realizada, de acuerdo a los puntajes de la tabla 12. Cada uno de los componentes evaluados fueron calificados acorde a su nivel de vulnerabilidad, en el que máximo podían obtener 100 puntos, en el mismo se puede establecer que a mayor puntaje mayor vulnerabilidad estructural del componente.

Partiendo de estas condiciones se procedió a calificar el componente en función de la cantidad de puntos obtenidos, en el mismo se determina que los tanques de captación, conducción y tratamiento se encuentran expuestos a un nivel de vulnerabilidad alto, por tanto, revisten mayor importancia de ser atendidos para poder reducir el nivel de vulnerabilidad la cual se encuentran expuestos.

4.1.5 Determinación de la amenaza por el método Mora - Vahrson

La metodología propuesta parte de la definición de los factores condicionantes y detonantes, factores que intervienen en la amenaza de deslizamientos en el área de influencia de la red de abastecimiento de agua potable, como se detalla a continuación:

4.1.5.1 Factor Condicionante: Geología – Litología

Se determinó los factores que influyen en la amenaza de deslizamientos, mediante una valoración desarrollada por la Secretaria de Gestión de Riesgos (2013), según se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 14: Valoración de geología/litología

DESCRIPCIÓN	VALOR INDICADOR
Arenas, limos, arcillas y conglomerados	5
Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, hialoclas, limilitas volcánicas, microgabros-diabasas, baslatos, lavas en almohadillas	5
Conglomerado, limo arenoso, arcilla limosa	5
Cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio	1
Grano diorita	5
Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques	10
Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques en proporciones variables	10
Mezcla heterogenea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno	5
Secuencia de lavas andesitas basálticas y piroclástos (aglomerados con bloques de andesitas basálticas)	1

Fuente: SGR, 2013

Elaborado por: Autoras, 2019

4.1.5.2 Factor condicionante: Geomorfológico

Se realizó una descripción geomorfológica mediante el documento propuesto por MAGAP-SIG-TIERRAS, 2012 y valorada acorde a lo establecido por la Secretaría de Gestión de Riesgos (2013), según el detalle que se presenta a continuación:

Tabla 15. Valoración geomorfológica

DESCRIPCIÓN	VALOR INDICADOR
Barranco	10
Coluvio aluvial antiguo	10
Coluvio antiguo	10
Interfluvio de cimas estrechas	5
Relieve colinado medio	5
Relieve montañoso	7
Relieve volcánico montañoso	3
Superficie de cono de deyección	3
Superficie volcánica ondulada	3
Terraza media	1
Valle fluvial	5
Vertiente abrupta	7
Vertiente abrupta con fuerte disección	10
Vertiente heterogénea	5
Vertiente rectilínea	5
Vertiente rectilínea con fuerte disección	7

Fuente: (MAGAP-SIG-TIERRAS, 2012 y SGR, 2013)

Elaborado por: Autoras, 2019

4.1.5.3 Factor condicionante: uso de suelo

En este factor se consideran los factores de cobertura vegetal y uso de suelo, se determinó en base a lo propuesto por MAGAP-SIG-TIERRAS, 2012 y las visitas de campo realizadas a las instalaciones de la red de abastecimiento de agua potable, según el detalle que se presenta a continuación:

Tabla 16. Valoración de uso de suelo/cobertura vegetal

DESCRIPCIÓN	VALOR INDICADOR
Arboricultura-Pastos plantados	5
Bosque natural	1
Bosque natural intervenidos	1
Cultivos de ciclo corto	10
Cultivos de ciclo corto – pastos plantados	5
Pastos plantados	5
Páramo	5
Páramo intervenido	5
Vegetación arbustiva - Arboricultura	5
Vegetación arbustiva – Cultivos de ciclo corto	5
Vegetación arbustiva – pastos plantados	1

Fuente: (MAGAP-SIG-TIERRAS, 2012)

Elaborado por: Autoras, 2019

4.1.5.4 Factor condicionante: pendiente

Se determinó en base a lo propuesto por MAGAP-SIG-TIERRAS, 2012; en las cuales se realizó una descripción visual en base a los parámetros de referencia planteados en la tabla de valoración propuesta por la Secretaria de Gestión de Riesgos (2013), como se detalla a continuación:

Tabla 17. Valoración de la pendiente

DESCRIPCIÓN	RANGO	VALOR INDICADOR
Débil, plano o casi plano	0 – 5%	1
Irregular, ondulación moderada	12 – 25%	3
Fuertes, colinado	25 – 50%	5
Muy fuertes, escarpado	50 – 70%	7
Abrupta, montañoso	> 70%	10

Fuente: (MAGAP-SIG-TIERRAS, 2012)

Elaborado por: Autoras, 2019

4.1.5.5 Factor detonante: precipitación

Se determinó en base a la información meteorológica del cantón Echeandía presentada en por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2017), en la cual en base estos datos se determinó la cantidad (mm) de lluvia caída anualmente en la zona, y se procedió en base los indicadores presentados a continuación:

Tabla 18. Valoración de precipitaciones

DESCRIPCIÓN	VALOR INDICADOR
1600 – 1700 mm	1
1700 – 1800 mm	3
1800 – 1900 mm	3
1900 – 2000 mm	5
2000 – 2100 mm	5
2100 – 2200 mm	7
2200 – 2300 mm	7
2300 – 2400 mm	10

Fuente: (INAMHI, 2017)

Elaborado por: Autoras, 2019

4.1.5.6 Factor detonante: sismicidad

Para esta determinación se consideró que el Ecuador se encuentra ubicado en el cinturón de fuego de pacífico, por lo tanto, tiene una incidencia directa en la amenaza de deslizamiento, para ellos también se consideró la valoración establecida en la norma Ecuatoriana de Construcción (NEC, 2015), como se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 19: Valoración de sismicidad

DESCRIPCIÓN		ACELERAIÓN EN ROCA	VALOR INDICADOR
Zona I	Intermedia	0,15g	1
Zona II	Alta	0,20g	5
Zona III	Alta	0,25g	7
Zona IV	Alta	0,30g	7
Zona V	Alta	0,35g	10
Zona VI	Muy alta	$\geq 0,50$ g	10

Fuente: (NEC, 2015)

Elaborado por: Autoras, 2019

Los factores antes evaluados tienen una influencia directa en la amenaza de deslizamiento de la red de abastecimiento de agua del cantón Echeandía, por lo tanto el índice o nivel de amenaza de deslizamiento surge a raíz de la interacción de estos factores mediante las formulas propuesta por Mora – Vahrson, procedimiento que integra cada una de las 6 dimensiones evaluadas, las misas que fueron detalladas en cada uno de los aspectos y que mediante inspección visual y por análisis de los técnicos de la planta se pudo obtener los criterios mínimos para establecer su valor que posteriormente fue multiplicado por sus correspondientes ponderaciones y posterior obtención del puntaje final, procedimiento que se detalla a continuación:

Para la valoración final se procedió a realizar la ponderación de la amenaza de deslizamientos mediante la siguiente tabla:

Tabla 20: Ponderación de la amenaza de deslizamiento

Factor	Variable	Indicador Descripción	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Condicionante	Geología litología	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	5	3	30
		Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, limolitas volcánicas, basaltos, lavas en almohadillas	5		
		Conglomerado, limo arenoso, arcilla limosa	5		
		Cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio	1		
		Grano diorita	5		
		<i>Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques</i>	10		
		Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques en proporciones variables	10		
		Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares	5		
		Secuencias de lavas, andesitas	5		

		basálticas y piroclastos			
	Geomorfología	Barranco	10	1	7
		Coluvio aluvial antiguo	10		
		Coluvio antiguo	10		
		Interfluvio de cimas estrechas	5		
		Relieve colinado medio	5		
		Relieve montañoso	7		
		Relieve volcánico montañoso	3		
		Superficie de cono deyección	3		
		Superficie volcánica ondulada	3		
		Terraza media	1		
		Valle fluvial	5		
		Vertiente abrupta	7		
		Vertiente abrupta con fuerte disección	10		
		Vertiente heterogénea	5		
		Vertiente rectilínea	5		
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	7		
			Arboricultura pastos plantados		
	Bosque natural		1		
	Bosque natural intervenido		1		
	Cultivos de ciclo corto		10		

	Usos de suelo y cobertura vegetal	Cultivos de ciclo corto pastos plantados	5	3	30
		Pastos plantados	5		
		Páramo	5		
		Páramo intervenido	5		
		Vegetación arbustiva – Arboricultura	5		
		Vegetación arbustiva – cultivos de ciclo corto	5		
		Vegetación arbustiva – pastos plantados	1		
	Pendiente	Débil, plano o casi plano	1	2	6
		<i>Irregular, ondulación, moderada</i>	3		
		Fuertes, colinado	5		
		Muy fuertes escarpado	7		
Abrupta		10			
Detonantes	Precipitación (mm)	1600 – 1700	1	0,5	3,5
		1700 – 1800	1		
		1800 – 1900	3		
		1900 - 2000	5		
		2000 – 2100	5		
		2100 - 2200	7		
		2200 - 2300	10		
		2300 - 2400	10		
		Zona I	1		
		Zona II	5		

	Sismicidad	<i>Zona III</i>	7	0,5	3,5
		Zona IV	7		
		Zona V	10		
		Zona VI	10		
TOTAL				10	80

Fuente: MAGAP-SIG-TIERRAS, 2012; INAMHI, 2017; NEC, 2015

Elaborado por: Autoras, 2019

La sumatoria de los valores máximos obtenidos en cada uno de los factores, tanto condicionantes como detonantes permitió obtener el resultado correspondiente del índice de amenaza, como se presenta a continuación:

Tabla 21: Rangos de niveles de susceptibilidad

CLASE	RANGO DE ÍNDICE DE AMENAZA	CLASIFICACIÓN (NIVEL DE AMENAZA)
I	0 – 33	Bajo
II	34 – 66	Medio
III	67 - 100	Alto

Fuente: Mora y Vahrson, 1993

Elaborado por: Autoras, 2019

Por lo tanto, la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía tiene un nivel de vulnerabilidad alto ante el riesgo de deslizamiento y un índice obtenido por el método de Mora Vahrson de 80, lo cual nos indica un rango alto de amenaza.

4.2 Resultados según el objetivo 2: Determinar del índice de calidad del agua en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía

4.2.1 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de abastecimiento del cantón Echeandía

Las muestras de agua fueron tomadas de los tanques de captación de agua que se encuentran ubicadas en el sector norte del cantón Echeandía, en el sector Charquiyaco en el km 15, además se tomaron muestras de los tanques de tratamiento que se encuentran ubicados en el sector San Vicente Alto ubicado en el kilómetro 5 vía Echeandía – Charquiyaco, el detalle de las muestras se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 22: Muestras de agua tomadas de cada componente

Componente	Número de muestras	Sector
Captación	1	Charquiyaco
Tratamiento	1	San Vicente Alto
Distribución	1	Calle Simón Bolívar
	1	Calle Gonzáles Suarez baja

Fuente: Autoras, 2019

4.2.1.1 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los tanques de captación de agua

Una vez que se tomó la muestra de agua en el tanque de captación, almacenó en tubos de ensayo debidamente rotulado y almacenado de recipientes herméticos para evitar cualquier tipo de contaminación externa, posteriormente se llevaron a los laboratorios de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EMAPAG), ubicado en el kilómetro 1,5 en la vía Guanujo con Las Cochas, sector Chaquishca.

Los resultados físicos, químicos y microbiológicos obtenidos fueron comparados con parámetros de calidad de agua establecida por el “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente” (TULSMA, 2017), los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 23: Resultados físico, químico y microbiológico - captación

Parámetros	Unidad de medida	Resultado	Valor permisible TULSMA
Aluminio (Al)	mg/L	0,006	0,5
Arsénico total	mg/L	< 0,01	-
Bario	mg/L	0,10	1
Boro total	mg/L	0,09	-
Bromo	mg/L	0,07	-
Cianuro total	mg/L	0,008	0,1
Cinc	mg/L	0,005	5
Cloruros	mg/L	0,25	-
Cobre	mg/L	0,02	1
Cobalto (Co)	mg/L	0,007	0,5
Coliformes fecales	NMP/100mL	20	<3000
Coliformes totales	NPM/100 mL	32	-
Cromo hexavalente	mg/L	0,008	0,05
Cromo total	mg/L	0,009	-
Dureza total	mg/L	80	-
Fluoruros	mg/L	0,40	1,5
Fosforo total (P)	mg/L	0,48	10
Hierro total (Fe)	mg/L	0,15	10
Manganeso total (Mn)	mg/L	0,009	2
Molibdeno	mg/L	0,006	-
Niquel (Ni)	mg/L	0,001	2
Nitritos	mg/L	0,009	-
Nitratos	mg/L	0,15	-
Nitrógeno amoniacal	mg/L	< 0,01	-
Plata (Ag)	mg/L	0,003	0,1
Plomo (Pb)	mg/L	< 0,006	0,2
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	2	500
Color	UTC	< 5	15
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidades de ph	6,8	6,9
Turbiedad	NTU	0,20	100
Conductividad	uS/cm	9,90	-
Solidos totales disueltos	mg/L	39,15	100

Fuente: Autoras, 2019

- **Comparación de los resultados obtenidos con los estándares permisibles**

La determinación de análisis físico, químico y microbiológico de la muestra obtenida del tanque de captación de agua ubicado en el sector de Charquiyaco, fue analizado en 32 parámetros de calidad y comprado con lo establecido en el “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente” (TULSMA, 2017), el análisis de los resultados se presenta a continuación:

Aluminio: con un valor obtenido de 0,006 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor límite permisible máximo es 0,5 mg/L, lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Arsénico total: con un valor obtenido menor de 0,01 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor límite permisible máximo que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Bario: con un valor obtenido de 0,10 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 1 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Boro total: con un valor obtenido de 0,09 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Bromo: con un valor obtenido de 0,07 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cianuro total: con un valor obtenido de 0,008 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,1 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Zinc: con un valor obtenido de 0,005 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es 5 mg/L lo que no existe riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cloruros: con un valor obtenido de 0,25 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cobre: con un valor obtenido de 0,02 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 1 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cobalto: con un valor obtenido de 0,007 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es 0,5 lo que no representa un riesgo un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Coliformes fecales: con un valor obtenido de 20 NMP/100 mL, es un parámetro microbiológico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor menor de 3000 NMP/100 mL, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Coliformes totales: con un valor obtenido de 32 NPM/100 mL, es un parámetro microbiológico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cromo hexavalente: con un valor obtenido de 0,008 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,05 0,007 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cromo total: con un valor obtenido menor de 0,009 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Dureza total: con un valor obtenido de 80 mg/L, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Fluoruros: con un valor obtenido de 0,40 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 1,5 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Fosforo total: con un valor obtenido de 0,48 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano su valor máximo permisible es 10 mg/L lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Hierro total: con un valor obtenido de 0,15 mg/L, es un parámetro químico microbiológico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 10 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Manganeso total: con un valor obtenido de 0,009 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Molibdeno: con un valor obtenido de 0,006 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Níquel: con un valor obtenido de 0,001 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es 2 mg/L lo que no representa un riesgo su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitritos: con un valor obtenido de 0,009 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitratos: con un valor obtenido de 0,15 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitrógeno amoniacal: con un valor obtenido menor de 0,001 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no

existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Plata: con un valor obtenido de 0,003 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es 0,1 mg/L lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Plomo: con un valor obtenido menor de 0,006 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,01 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Sulfatos: con un valor obtenido de 2 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 500 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Color: con un valor obtenido menor de 5 UTC, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 15 UTC, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

pH: con un valor obtenido de 6,8, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 6,9 lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Turbiedad: con un valor obtenido de 0,20 NTU es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 100 NTU, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Conductividad: con un valor obtenido de 9,9 uS/cm es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un límite máximo permisible, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Sólidos totales disueltos: con un valor obtenido de 39,15 mg/L es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano su límite máximo permisible es 100 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

4.2.1.2 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los tanques de tratamiento (distribución) de agua

Una vez que se tomó la muestra de agua en el tanque de distribución, se almacenó en tubos de ensayo debidamente rotulado y almacenado en recipientes herméticos para evitar cualquier tipo de contaminación externa, posteriormente se llevaron a los laboratorios de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EMAPAG), ubicado en el kilómetro 1,5 en la vía Guanujo con Las Cochas, sector Chaquishca.

Los resultados físicos, químicos y microbiológicos obtenidos fueron comparados con parámetros de calidad de agua establecida por las normas nacionales según lo expuesto por la norma TULSMA (2017), los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 24: Resultados físico, químico y microbiológico - ingreso tratamiento

Parámetros	Unidad de medida	Resultado	Valor permisible TULSMA
Aluminio (Al)	mg/L	0,006	0,5
Arsénico total	mg/L	< 0,01	-
Bario	mg/L	0,10	1
Boro total	mg/L	0,03	-
Bromo	mg/L	0,08	-
Cianuro total	mg/L	0,005	0,1
Cloro Total	mg/L	0,90	5
Cloruros	mg/L	0,10	-
Cobre	mg/L	0,02	1
Cobalto (Co)	mg/L	0,07	0,5
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 1	<3000
Coliformes totales	NPM/100 mL	< 1	-
Trihalometanos	mg/L	0,002	0,05
Cromo total	mg/L	0,006	-
Dureza total	mg/L	78	-
Fluoruros	mg/L	0,28	1,5
Fosforo total (P)	mg/L	0,26	10
Hierro total (Fe)	mg/L	0,10	10
Manganeso total (Mn)	mg/L	0,042	2
Molibdeno	mg/L	0,003	-
Níquel (Ni)	mg/L	< 0,005	2
Nitritos	mg/L	0,005	-
Nitratos	mg/L	0,12	-
Nitrógeno amoniacal	mg/L	< 0,01	-
Plata (Ag)	mg/L	0,003	0,1
Plomo (Pb)	mg/L	< 0,006	0,2
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	2	500
Color	UTC	< 1	15
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidades de ph	7,05	6,9
Turbiedad	NTU	0,57	100
Conductividad	uS/cm	91,56	-
Solidos totales disueltos	mg/L	32,06	100

Fuente: Autoras, 2019

- **Comparación de los resultados obtenidos con los estándares permisibles**

La determinación de análisis físico, químico y microbiológico de la muestra obtenida del agua antes del ingreso al tanque de tratamiento ubicado en el sector de San Vicente Alto, fue analizado en 32 parámetros de calidad y comparado con lo establecido en la norma TULSMA (2017), el análisis de los resultados se presenta a continuación:

Aluminio: con un valor obtenido de 0,006 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor límite permisible máximo es 0,5 mg/L que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Arsénico total: con un valor obtenido menor de 0,01 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,01 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Bario: con un valor obtenido de 0,10 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,3 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Boro total: con un valor obtenido de 0,03 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 2,4 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Bromo: con un valor obtenido de 0,08 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo

permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cianuro total: con un valor obtenido de 0,005 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,1 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cloro total: con un valor obtenido de 0,90 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cloruros: con un valor obtenido de 0,10 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cobre: con un valor obtenido de 0,02 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 1 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cobalto: con un valor obtenido de 0,07 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es 0,5 mg/L lo que no representa un riesgo para su consumo según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Coliformes fecales: con un valor obtenido menor de 1 NMP/100 mL, es un parámetro microbiológico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de menor de 3000 NMP/100

mL, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Coliformes totales: con un valor obtenido menor de 1 NPM/100 mL, es un parámetro microbiológico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es menor que 1 NPM/100 mL lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Trihalometanos: con un valor obtenido de 0,002 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,05 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cromo total: con un valor obtenido de 0,006 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,05 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Dureza total: con un valor obtenido de 78 mg/L, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Fluoruros: con un valor obtenido de 0,28 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 1,5 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Fosforo total: con un valor obtenido de 0,26 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo

permisible es 10 mg/L lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Hierro total: con un valor obtenido de 0,10 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es 10 mg/L lo que no representa un riesgo su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Manganeso total: con un valor obtenido de 0,042 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Molibdeno: con un valor obtenido de 0,003 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Níquel: con un valor obtenido menor de 0,005 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 2 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitritos: con un valor obtenido de 0,005 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 3 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitratos: con un valor obtenido de 0,12 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible

establece un valor de 50 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitrógeno amoniacal: con un valor obtenido menor de 0,001 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Plata: con un valor obtenido de 0,003 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es 0,1 mg/L lo que no representa un riesgo su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Plomo: con un valor obtenido menor de 0,006 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,01 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Sulfatos: con un valor obtenido de 2 mg/L, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Color: con un valor obtenido menor de 1 UTC, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 15 UTC, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

pH: con un valor obtenido de 7,05, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Turbiedad: con un valor obtenido de 0,57 NTU es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 5 NTU, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Conductividad: con un valor obtenido de 91,56 uS/cm es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un límite máximo permisible, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Sólidos totales disueltos: con un valor obtenido de 32,06 mg/L es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible es 100 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

4.2.1.3 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la distribución de agua (cantón Echeandía)

Las muestras de agua fueron tomadas en dos sectores del cantón Echeandía, una vivienda de la parte alta, ubicada en la calle Simón Bolívar (vivienda 1) y otra vivienda ubicada en la parte baja situada en la calle Gonzales Suarez Baja (vivienda 2), las muestras se recolectaron de los grifos de abastecimiento de agua de las viviendas, se almacenó en tubos de ensayo debidamente rotulados y almacenados en recipientes herméticos para evitar cualquier tipo de contaminación externa; posteriormente se llevaron a los laboratorios de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EMAPAG), ubicado en el kilómetro 1,5 en la vía Guanujo - Las Cochas, sector Chaquishca.

Los resultados físicos, químicos y microbiológicos fueron comparados con parámetros de calidad de agua establecida por las normas nacionales según lo expuesto por la norma TULSMA (2017), los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 25: Resultados físico, químico y microbiológico – consumos vivienda

Parámetros	Unidad de medida	Resultado Vivienda 1	Resultado Vivienda 2	Valor TULSMA
Aluminio (Al)	mg/L	0,006	0,007	0,5
Arsénico total	mg/L	< 0,01	< 0,01	-
Bario	mg/L	0,12	0,10	1
Boro total	mg/L	0,03	0,03	-
Bromo	mg/L	0,008	0,008	-
Cianuro total	mg/L	0,005	0,005	0,1
Cloro Total	mg/L	0,65	0,85	5
Cloruros	mg/L	0,12	0,10	-
Cobre	mg/L	0,02	0,04	1
Cobalto (Co)	mg/L	0,07	0,07	0,5
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 1	< 1	<3000
Coliformes totales	NPM/100 mL	< 1	< 1	-
Trihalometanos	mg/L	0,002	0,002	0,05
Cromo total	mg/L	0,007	0,006	-
Dureza total	mg/L	74	44	-
Fluoruros	mg/L	0,26	0,28	1,5
Fosforo total (P)	mg/L	0,23	0,20	10
Hierro total (Fe)	mg/L	0,10	0,04	10
Manganeso total (Mn)	mg/L	0,043	0,069	2
Molibdeno	mg/L	0,003	0,003	-
Níquel (Ni)	mg/L	< 0,005	< 0,005	2
Nitritos	mg/L	0,008	0,05	-
Nitratos	mg/L	0,14	0,12	-
Nitrógeno amoniacal	mg/L	< 0,01	< 0,01	-
Plata (Ag)	mg/L	0,003	0,005	0,1
Plomo (Pb)	mg/L	< 0,006	< 0,006	0,2
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	2	2	500
Color	UTC	< 1	< 1	15
Ph	Unidades de ph	7,10	7,05	6,9
Turbiedad	NTU	0,70	0,57	100
Conductividad	uS/cm	92,3	91,56	-
Solidos totales disueltos	mg/L	34,18	32,06	100

Fuente: Autoras, 2019

- **Comparación de los resultados obtenidos con los estándares permisibles**

La determinación de análisis físico, químico y microbiológico de las muestras obtenidas de la distribución de agua corresponden a dos viviendas, una ubicada en la parte alta y la otra en la parte baja, fueron analizadas en 32 parámetros de calidad y comparado con lo establecido en la norma TULSMA (2017), el análisis de los resultados se presenta a continuación:

Aluminio: con un valor obtenido de 0,006 y 0,007 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor límite permisible máximo es 0,5 mg/L lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Arsénico total: con un valor obtenido menor de 0,01 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,01 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Bario: con un valor obtenido de 0,10 y 0,12 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,7 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Boro total: con un valor obtenido de 0,03 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 2,4 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Bromo: con un valor obtenido de 0,08 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cianuro total: con un valor obtenido de 0,005 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,1 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cloro total: con un valor obtenido de 0,65 y 0,85 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cloruros: con un valor obtenido de 0,10 y 0,12 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cobre: con un valor obtenido de 0,02 y 0,04 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 1 mg/L lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cobalto: con un valor obtenido de 0,07 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su valor máximo permisible es 0,5 mg/L lo que no representa un riesgo su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Coliformes fecales: con un valor obtenido menor de 1 NMP/100 mL para cada vivienda, es un parámetro microbiológico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de menor de 3000 NMP/100 mL, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Coliformes totales: con un valor obtenido menor de 1 NPM/100 mL para cada vivienda, es un parámetro microbiológico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Trihalometanos: con un valor obtenido de 0,002 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,5 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Cromo total: con un valor obtenido de 0,007 y 0,006 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,05 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Dureza total: con un valor obtenido de 74 y 44 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Fluoruros: con un valor obtenido de 0,26 y 0,28 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 1,5 mg/L,

lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Fosforo total: con un valor obtenido de 0,23 y 0,20 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano con un valor máximo permisible de 10 mg/L lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Hierro total: con un valor obtenido de 0,10 y 0,04 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano con un valor máximo permisible de 10 mg/L lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Manganeso total: con un valor obtenido de 0,043 y 0,069 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Molibdeno: con un valor obtenido de 0,003 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Níquel: con un valor obtenido menor de 0,005 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 2 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitritos: con un valor obtenido de 0,008 y 0,05 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 3 mg/L,

lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitratos: con un valor obtenido de 0,14 y 0,12 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 50 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Nitrógeno amoniacal: con un valor obtenido menor de 0,001 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Plata: con un valor obtenido de 0,003 y 0,005 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su un valor máximo permisible es 0,1 mg/L lo que no representa un riesgo para su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Plomo: con un valor obtenido menor de 0,006 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 0,01 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Sulfatos: con un valor obtenido de 2 mg/L para cada vivienda, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Color: con un valor obtenido menor de 1 UTC para cada vivienda, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 15 UTC, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

pH: con un valor obtenido de 7, 10 y 7,05 para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro químico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un valor máximo permisible que limite su consumo, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Turbiedad: con un valor obtenido de 0,70 y 0,57 NTU para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible establece un valor de 5 NTU, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Conductividad: con un valor obtenido de 92,3 y 91,56 uS/cm para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues no existe un límite máximo permisible, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

Sólidos totales disueltos: con un valor obtenido de 34,18 y 32,06 mg/L para la vivienda 1 y 2 respectivamente, es un parámetro físico que no presenta problemas para el consumo humano pues su límite máximo permisible es 100 mg/L, lo cual denota que se encuentra dentro de los parámetros normales, según lo establecido por la norma TULSMA (2017)

4.3 Resultados según el objetivo 3: Formulación de planes de contingencia ante la vulnerabilidad a deslizamientos a lo largo de la red de abastecimiento de agua potable

4.3.1 INTRODUCCIÓN

La incidencia de las obras de infraestructura de los desastres de tipo natural es permanente y constante sobre todo cuando estos no han sido construidos de acuerdo a las normativas vigentes, esto ocasiona que tengan un impacto inmediato y que puedan sufrir una serie de problemas y afecten directamente en normal desarrollo de las actividades de la población. En los últimos tiempos las áreas donde se asientan las infraestructuras vitales han sufrido una serie de cambios como la erosión y la pérdida de suelos por movimientos de masas, por lo tanto, estos eventuales incidentes deben tener una serie de procedimientos preparativos que ayuden a asegurar en primera instancia la vida de los trabajadores y a posterior conservar las infraestructuras públicas como el caso del sistema de abasteciendo de agua potable del cantón Echeandía. Es así que el plan de contingencia permite poner a la disposición de las autoridades y trabajadores una serie de principales procedimientos y medidas a adoptar frente a los deslizamientos, con la finalidad de obtener una respuesta rápida, adecuada y oportuna que pueda mitigar el potencial riesgo que genere los deslizamientos sobre la línea de abastecimiento de agua potable. (Autoras, 2019)

4.3.2 OBJETIVOS

4.3.2.1 Objetivo general

Establecer un procedimiento escrito que indique las principales acciones para afrontar el riesgo de deslizamientos sobre el sistema de abastecimiento de agua potable del cantón

4.3.2.2 Objetivos específicos

- Proponer acciones operativas para el personal de la planta de abastecimiento de agua que permita minimizar el efecto de los deslizamientos sobre esta línea vital

- Diseñar acciones de mejora en los tanques de captación, líneas de conducción, y tanques de tratamiento del agua para garantizar el normal abastecimiento de este fluido vital

4.4.3 ALCANCE

El plan de contingencia está enfocado en primera instancia a los directivos de la “Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Echeandía” EMAAP – Echeandía, y a posterior al personal operativo o de campo de la empresa quienes darán la primera respuesta ante los posibles efectos que pueda sufrir el sistema de abastecimiento de agua potable del cantón.

4.3.4 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la propuesta del plan de contingencia para el sistema de agua potable del cantón Echeandía se procedió en base a los criterios que se presentan a continuación:

- Identificación de riesgos: el propósito de analizar los riesgos fue presentarla medidas preventivas que deben desarrollar los trabajadores o personal operativo para prevenir los riesgos en el sistema
- Identificación de amenazas: Se identifican las amenazas de origen natural que desencadenan los deslizamientos y se proponen medidas para mitigar el efecto.
- Identificación de las vulnerabilidades: consiste en identificar que zonas del sistema de abastecimiento de agua puede sufrir daño y tener dificultad para recuperarse, de ahí se proponen medidas enfocadas en reducir las vulnerabilidades.

PLAN DE CONTINGENCIA

4.3.4.1 Afectaciones producidas por los deslizamientos

- Afectaciones del flujo normal de los diferentes caudales de agua en los ríos y quebradas que abastecen a la planta de agua, debido a que se producen represamientos por acumulación de masas de tierra y rocas en sus lechos.

- Desplazamientos o hundimientos del terreno donde se encuentran ubicadas las instalaciones de la red de abastecimiento de agua
- Daños en las vías de acceso a los diferentes puntos del sistema de abastecimiento de agua.

4.3.4.2 Principales efectos en el sistema de abastecimiento de agua

- Daño total o parcial en las diferentes obras de infraestructura física relacionadas con las captación y conducción ubicadas en las trayectorias de los deslizamientos
- Variación en la capacidad de producción de las fuentes superficiales de agua
- Cambios en la calidad física, química y microbiológica del agua cruda, la misma que genere problemas en los tanques de tratamiento y potabilización.
- Daños e las redes de servicio eléctrico que impiden el normal funcionamiento de quipos eléctricos necesarios para el bombeo y otros fines dentro del sistema de abastecimiento de agua
- Provocación de diferentes danos estructurales a tanques de captación, distribución, tratamiento ubicados en laderas que puedan tornarse inestables por causas de fugas o reboses del mismo reservorio

4.3.4.3 Planes de contingencia ante la vulnerabilidad a deslizamientos del sistema de abastecimiento de agua

En base a la evaluación de la vulnerabilidad realizado a los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua, se propondrá diferentes medidas prevención y de mitigación a ser consideradas en este sistema de abastecimiento de agua con la finalidad de reducir el riesgo, según se detalla a continuación:

4.3.4.4 En la captación de agua

- Diseñar mapas de microzonificación pues permitirán conocer las áreas con estructuras hidrogeológicas e hidrológicas disponibles, para localizar obras

de captaciones principales y alternas que alimenten los sistemas de tratamiento y tanques de almacenamiento.

- Tomar en cuenta medidas de protección en el entorno a la captación, tales como reforestación, cerco perimetral, etc.
- Identificar la frecuencia esperadas como los niveles críticos y potenciales de inundación para los diferentes periodos de retorno, según el área de ubicación del sistema de abastecimiento de agua
- Revisar los mapas geológicos disponibles de la zona, para ubicar correctamente las obras de captación. Este mapa puede obtenerse de la información institucional disponible.
- En lo posible, las obras de toma en ríos se deben ubicar en las áreas menos vulnerables, evitando zonas de deslizamiento e inundación.
- Identificar las fuentes alternas de abastecimiento de agua, municipales o privadas, que puedan ser utilizadas en casos de desastres.
- Diseñar obras de protección a las estructuras de captación de la fuente de abastecimiento de agua.
- Dimensionar y definir una fuente alterna para el abastecimiento de emergencia de acuerdo con la demanda mínima de agua que se defina para del sistema de abasto.
- Evitar el diseño y la ejecución de obras de captación en zonas susceptibles a derrumbes o deslizamientos.
- Instalar obras de protección a las estructuras de captación de la fuente de abastecimiento de agua.
- Evitar la construcción de obras de captación en zonas cercanas a derrumbes o susceptibles a deslizamientos por saturación de humedad del terreno.
- Evitar la instalación de fuentes de abastecimiento de agua cercanas a rellenos sanitarios, verificar normativa ambiental.
- Brindar mantenimiento a las estructuras de protección de las fuentes de captación, tales, como drenajes perimetrales, techos, etc.

4.3.4.5 En las tuberías de conducción y distribución de agua

- Proponer en todos los proyectos de agua potable la utilización de juntas flexibles en los tramos donde las tuberías cruzan fallas geológicas, áreas inestables o en transiciones de suelos firmes a suelos inestables.
- Efectuar en la planificación del mantenimiento un análisis detallado para la correcta instalación de válvulas de limpieza en los puntos bajos de la red de distribución.
- Respetar la profundidad de soterramiento de 1.20 metros, en las tuberías para agua potable, especificada en las normas técnicas, profundizando aún más en aquellos tramos considerados críticos, expuestos a flujos erosivos.
- Las zanjas para la instalación de tuberías deben construirse de forma trapezoidal (taludes), que eviten al máximo los derrumbes y el riesgo de los obreros que realizan la construcción.
- En áreas con terreno natural expuesto, una vez completado el relleno de las zanjas de instalación de tuberías se deben proteger con grama u otro material vegetal.
- Usar tuberías de material resistente, en los tramos que deban pasar por áreas de influencia de fallas locales.
- Zonificar o establecer sectores de operación a través de válvulas, de forma tal que las reparaciones se realicen en el menor tiempo.
- En áreas con terreno natural expuesto, y en donde existan tuberías enterradas, se deben proteger con grama u otro material vegetal
- En las redes de distribución de agua, proveer válvulas estratégicamente localizadas, de manera que las áreas de riesgo a sufrir daños por sismos o cualquier otro evento puedan ser fácilmente aisladas.
- Usar tuberías de material resistente, en los tramos que pasan actualmente por áreas de influencia de fallas locales.

4.3.4.6 En los tanques de almacenamiento

- Considerar la instalación de Plantas de Emergencia generadoras de energía eléctrica, con capacidad mayor al 30 % de la capacidad necesaria, para que pueda operar mientras se restituye el fluido comercial.
- Considerar conexiones flexibles entre bombas, bloques de anclaje, cámaras de succión y tuberías.
- Prever la protección de las instalaciones con un cerco protector.
- Construir obras de protección de la escorrentía (drenajes pluviales perimetrales), en el área de ubicación de los tanques, especialmente en zonas elevadas/terrenos inestables.
- Instalar las tuberías de rebose, drenaje o limpieza de forma tal que las aguas no vayan a ocasionar daños a las infraestructuras de los tanques de almacenamiento de agua.
- La construcción de más de un tanque para el almacenamiento de agua en un sistema de agua potable es lo más indicado, para facilitar la operación del sistema cuando uno de ellos falle.
- Instalar conexión flexible/dúctil entre tanque y tubería.
- En áreas con terreno natural expuesto, en un perímetro considerable, proteger la misma con grama u otro material vegetal.
- Dar mantenimiento permanente a los drenajes pluviales perimetrales, en el área de ubicación de los tanques de almacenamiento, en especial en zonas elevadas/terrenos inestables.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se evaluó la amenaza de deslizamiento en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía mediante la metodología propuesta por Mora - Vahrson obteniendo un nivel de amenaza alto a los deslizamientos, además se evaluó la vulnerabilidad mediante guía propuesta por la Secretaria de Gestión de Riesgos y el Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas (2011), donde los tres componentes evaluados: captación, conducción y tratamiento obtuvieron una vulnerabilidad alta con valores de 67, 71 y 77 respectivamente.
- El cantón Echeandía por su ubicación geográfica se encuentra expuesto a deslizamientos debido a la alta concentración de precipitaciones en la época lluviosa, los suelos de esta zona están destinados en su gran mayoría a actividades agropecuarias, perdiéndose la cobertura natural del mismo. El componente de captación es el más expuesto a deslizamientos debido a que se asienta sobre limos, arcillas, arenas, gravas, con una saturación superior al 35%, son suelos húmedos y además presenta pendientes fuertes, colinados con inclinaciones que van desde el 25 al 50%.
- Se determinó el índice de calidad de agua que abastece al cantón Echeandía, se tomaron muestras del tanque de captación, tratamiento y distribución (viviendas), se realizaron análisis de tipo físico, químico y microbiológico evaluando 32 indicadores, 24 de orden químico, 6 físicos y 2 microbiológicos, los mismos que fueron realizados en la Fase Seca ya que en la Fase Lluviosa existe más precipitación y producto de la misma los Resultados se pueden alterar, estos fueron comparados del “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente” (TULSMA,

2017) cumplen con los límites permisibles por lo tanto se estableció que es agua de calidad y apta para el consumo humano.

- Se formuló un plan de contingencia para los componentes de captación, conducción y tratamiento de agua para la red de abastecimiento, las medidas implementadas fueron de orden estructural y no estructural con procedimientos y procesos previstos para antes que se presenta la ocurrencia de la vulnerabilidad de deslizamientos que tiendan a reducir los efectos negativos de este en esta importante red vital.

5.2 Recomendaciones

- Determinar del nivel de vulnerabilidad que tiene la red de abastecimiento de agua no solo desde el punto de vista de los deslizamientos si no también considerando otras amenazas como el caso de sismos, inundaciones, ceniza volcánica, los mismos que permitan determinar de una forma integral el riesgo y proponer medidas de prevención y mitigación acorde a al nivel de exposición que se encuentre expuesta esta red vital.
- Realizar análisis de tipo geológico de suelos en el área de influencia de la red de abastecimiento de agua con la finalidad de establecer si esta se encuentra ubicada en perturbaciones como el caso de fallas o fracturas geológicas, con la finalidad de tomar acciones pertinentes que permitan reducir el nivel de vulnerabilidad al que se encuentra expuesta la planta. Estos análisis deben ser propuestos por parte de los directivos de la Empresa Municipal de Agua Potable del cantón Echeandía
- Realizar análisis microbiológicos de manera permanente y constante por parte de los técnicos de la planta, de forma que permita tener un control en tiempo de real de la calidad de agua, realizando monitoreos permanentes no solo en los componentes de la red vital si no en los hogares y así determinar si el agua que sale de la planta llega con los componentes de calidad óptima a los consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

- Cáceres, L. (2017). Geomorfología del sector occidental de la depresión del Guadalquivir. Primera edición. Universidad de Huelva, Huelva, España
- Celis, S. (2018). Guía metodológica para la evaluación de riesgos por deslizamientos en zonas urbanas a escala de diseño. Tesis de maestría. Universidad de Santander. Bucaramanga, Colombia
- Baena, L (2014). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (CEPSIS). Salud Ambiental. Hojas de divulgación técnicas para evaluar vulnerabilidades.
- Durán, J. y Montes, S. (2017). Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro. Primera Edición. Instituto geológico y minero de España. Madrid, España
- INAHMI. (2017) Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. Datos de pluviosidad del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Iriondo, M (2014). Introducción a la geología. Segunda edición. Editorial Bujas. Córdoba, España.
- Ley de Seguridad Pública y del Estado, Art 11, literal d. 2014. Quito – Ecuador
- Lozano, W. (2018) Clima, hidrología y meteorología para ciencias ambientales e ingeniería. Primera edición. Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia
- MAGAP, SIG, TIERRAS (2012). Portal de datos de tierras del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.

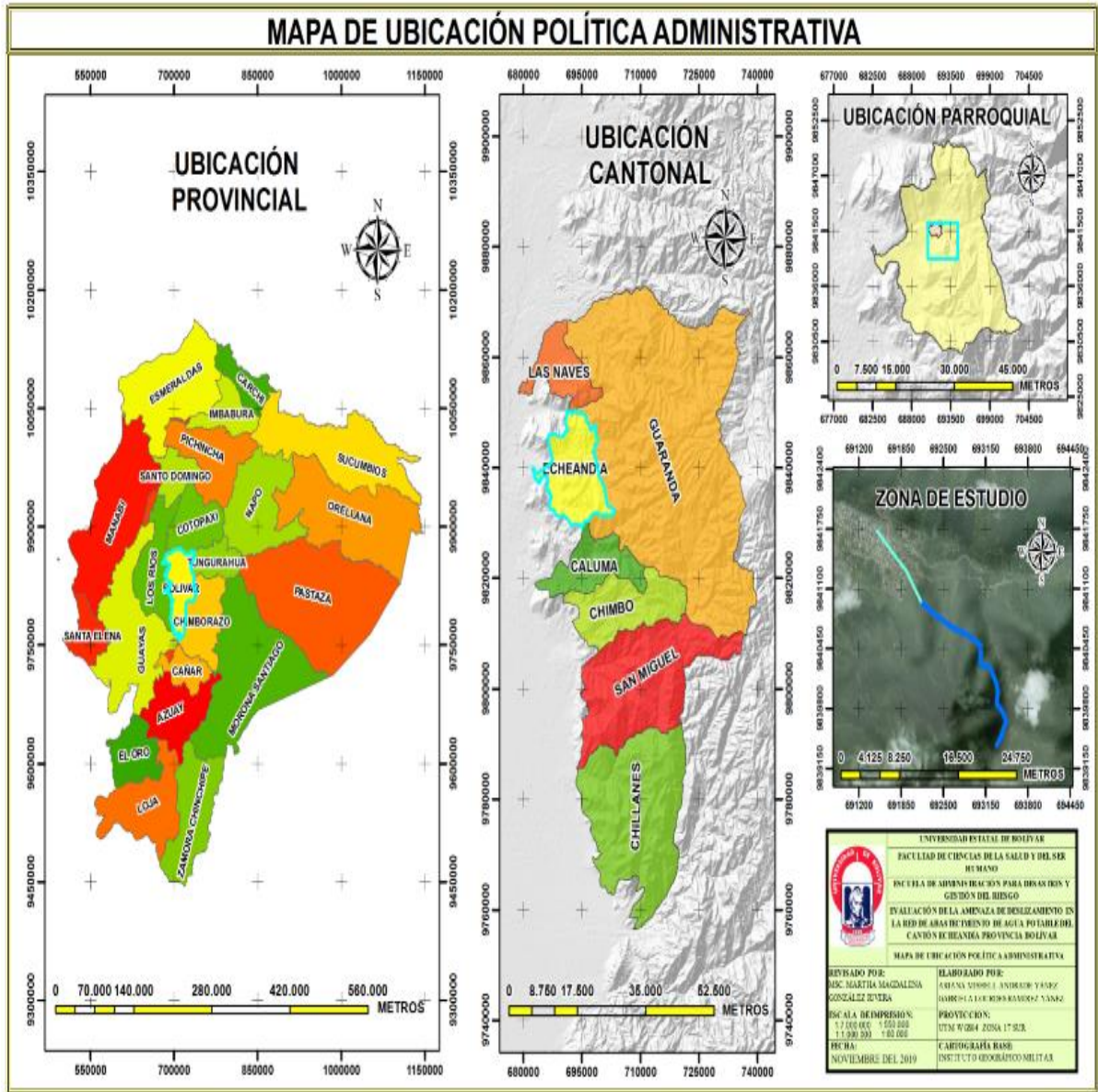
- Martínez, P. Martínez, E. Montero, E. Villarroya, F. Loeches, M. Díaz, S. Castaño, S. 2018. Hidrogeología: Principios y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. Madrid – España. Págs. 349
- Martínez, P. (2014). Prospección geofísica 2: métodos sísmicos. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Colombia
- Ministerio del Ambiente. (2017). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente” (TULSMA, 2017). Quito – Ecuador
- Mora y Vahrson (1993). Guía Metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial municipal. Instituto geográfico Martin Codazzi.
- NEC. (2015) Norma Ecuatoriana de Construcción. Valoración de la sismicidad en construcciones del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Oliva, A y González, J. (2015). Evaluación del riesgo por inestabilidad de laderas. Casos de estudio. Ingeniería del terreno, instrumentación y control. Grupo ITEICO Euroamericano.
- Padrón, C. (2017). Metodología para evaluar vulnerabilidad física de viviendas en barrios urbanos autoproducidos. Universidad Central de Venezuela. ISSN 10127089
- Porta, J. López, M y Poch, R. (2017). Edafología. Uso y protección de suelos. Cuarta edición. Ediciones Mundi Prensa. Cataluña, España.
- Rosales, J y Centeno, F (2011). Mitigación de Desastres en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Págs. 14

- Ruiz, P y Molina, C (2001). Guía Técnica para la Reducción de la Vulnerabilidad en los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Publicado por la Organización Panamericana de la Salud. Págs. 75
- Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador (SGR) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2011) “Guía para implementar el análisis de vulnerabilidades a nivel cantonal”. Quito, Ecuador
- Secretaria de Gestión de Riesgos (SGR). 2014. Agenda de Reducción de Riesgos. Publicación realizada por el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo. Editorial FLACSO. Primera Edición. Quito Ecuador. Págs. 38
- Soto, L. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad física de líneas vitales públicas, ante deslizamientos en la cuenca del río únete en el Municipio de Aguazul, Casanare. Tesis de Ingeniería Civil. Colombia.
- Terán, F (2010). Evaluación rápida de riesgos de eventos agudos de salud pública. Editorial Who. Págs. 52
- Tobón, D. Molina, C. y Vasco, C. (2018). Riesgos de abastecimiento en la provisión de agua potable. Universidad de Antioquia. Antioquia, Colombia.
- Torrejón, M y Guivin, J. (2017). Análisis del nivel de riesgo en las viviendas por deslizamiento del suelo en la zona comprendida entre la quebrada Santa Lucía y prolongación Santo Domingo, Chachapoyas - Amazonas – 2016. Universidad Nacional Toribio Rodríguez. Lima, Perú.
- Yelena, A y Hildebrando, A. (2016). Evaluación del Riesgo Asociado a Vulnerabilidad física por desagües y taludes y laderas inestables en la microcuenca cay, Ibagué – Tolima, Colombia. Revista de Ingeniería Neogranadina.

ANEXOS

ANEXO 1

MAPA DE UBICACIÓN DEL CANTÓN ECHEANDÍA



ANEXO 2
FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN



visita in situ a los diferentes componentes de la planta



Acompañamiento por parte de los trabajadores de la planta a la visita de las instalaciones



Vista in situ a los tanques de captación



Tanques de captación de agua, aplicación de fichas de vulnerabilidad



Visita a la infraestructura física, sistema de conducción



Visita in situ a las instalaciones de la planta, componente de conducción a diferentes zonas del cantón



Visita a la infraestructura física, sistema de tratamiento



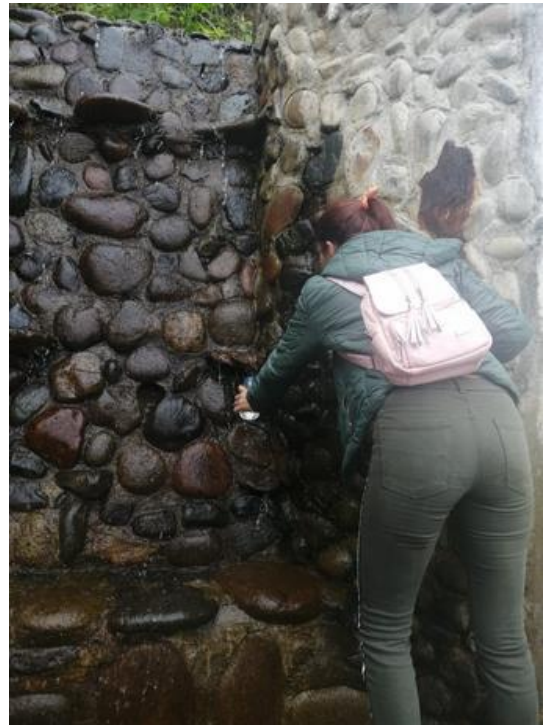
Visita in situ a las instalaciones de la planta, componente de tratamiento de agua



Evaluación general de los materiales de construcción de la infraestructura física



Evaluación de los principales componentes que puedan generar riesgos



Toma de muestras de agua en el componente captación



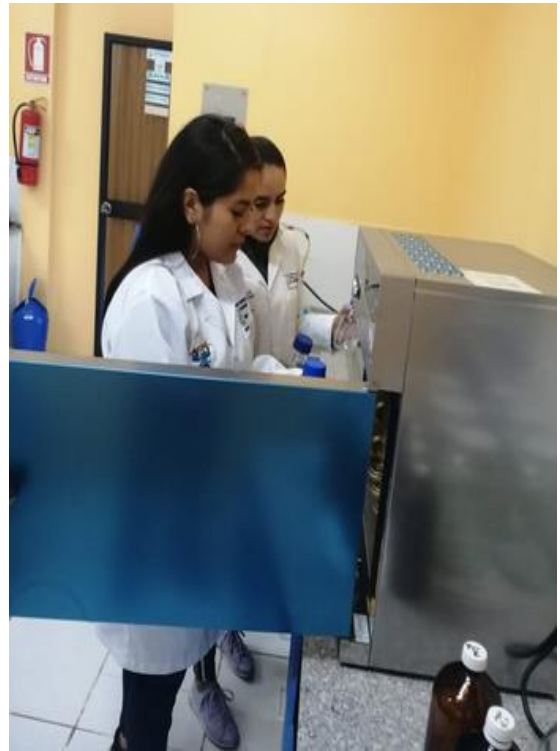
Toma de muestras de agua en el componente tratamiento



Toma de muestras de agua en viviendas del cantón Echeandía



Almacenado, y rotulación de muestras



Análisis de laboratorio

ANEXO 3
FICHAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Ficha 1

Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – captación

FACTOR DE	VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	Observación	Deslizamiento	valores	Ponderado	Deslizamiento	Valor Máximo	
CAPTACIÓN	Estado actual	Bueno			1,				
		Regular			5,	1		5	
		Malo			10				
	Antigüedad	0 a 25 años				1,			
		25 a 50 años				5,	1		1
		mayor a 50 años				10			
	Mantenimiento	Planificado				1,			
		Esporádico				5,	2		2
		Ninguna				10			
	Material de construcción	PVC							
		Hormigón armado				1,			
		Asbesto cemento				5,			
Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo					10	2,5		25	
Estándares de diseño y construcción	Antes de IEOS								
	Entre el IEOS y la norma local				1,	3		30	
	Luego de la norma local				5,				
					10				

Fuente: SGR, 2011

Ficha 2

Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – conducción

FACTOR DE	VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	Observación	Deslizamiento	valores	Ponderado	Deslizamiento	Valor Máximo
CONDUCCIÓN	Estado actual	Bueno			1,			
		Regular			5,	1		5
		Malo			10			
	Antigüedad	0 a 25 años			1,			
		25 a 50 años			5,	1		1
		mayor a 50 años			10			
	Mantenimiento	Planificado			1,			
		Esporádico			5,	2		2
		Ninguna			10			
	Material de construcción	PVC						
		Hormigón armado			1,			
		Asbesto cemento			5,			
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo			10	2,5		2,5
	Estándares de diseño y construcción	Antes de IEOS						
		Entre el IEOS y la norma local			1,	3		30
Luego de la norma local				5,				
				10				

Fuente: SGR, 2019

Ficha 3

Tabla de calificación de vulnerabilidad de deslizamiento – tratamiento

FACTOR DE VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	Observación Deslizamiento	valores	Ponderado Deslizamiento	Valor Máximo
TRATAMIENTO	Estado actual	Bueno	1,	1	5
		Regular	5,		
		Malo	10		
	Antigüedad	0 a 25 años	1,	1	1
		25 a 50 años	5,		
		mayor a 50 años	10		
	Mantenimiento	Planificado	1,	2	2
		Esporádico	5,		
		Ninguna	10		
	Material de construcción	PVC	1,	2,5	2,5
		Hormigón armado	5,		
		Asbesto cemento	10		
Estándares de diseño y construcción	Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo	1,	3	15	
	Antes de IEOS	5,			
	Entre el IEOS y la norma local	10			
	Luego de la norma local				

Fuente: SGR, 2011

ANEXO 4

ANÁLISIS DE LABORATORIO

	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL DEPARTAMENTO: SERVICIOS DE LABORATORIO Pariseritoma Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) BOGOTÁ - COLOMBIA Teléfono: (57) 3012113	 Servicio de Acreditación Ecuatoriana Acreditación N° OAE LE 20 06.039 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	--

Nombre de peticionario:	SRTA. ARIANA ANDRADE
Fecha:	2019-11-05
Condición llegada y tipo de envase:	Botella de vidrio con tapa
Fecha y hora de recepción en LAB:	2019-10-22 / 18H30
Fecha de muestreo:	2019-10-22 / 11H20
Fecha del Análisis:	2019-10-22 – 2019-11-05
Tipo de muestra declarada por el cliente:	AGUA POTABLE
Punto de Muestreo:	CASA FAMILIA ANDRADE
Análisis Solicitado:	Físico - Químico - Microbiológico
Persona que tomó la muestra:	Srta. Ariana Andrade
Muestreo:	Es responsabilidad del cliente
Condiciones Ambientales de análisis:	T max : 25°C. - T min : 15°C.

Resultados Analíticos

PARÁMETROS	METODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE K=2	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Aluminio	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	0.07	± 9%	-
Azúcar total	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	< 0.01	-	0.01
Dureza	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	0.10	± 6.3%	6.3
Dureza total	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	0.03	± 10%	0.4
Grasa	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	0.05	± 20%	-
Cloruro total	PEELABCEITTA/8 AFHA4506/C	mg/L	0.03	± 30%	0.1
Cloro Total	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	0.03	-	0.1 – 1.5
Cloruro	PEELABCEITTA/8 AFHA4506/C	mg/L	0.03	-	-
Cobre	PEELABCEITTA/8 AFHA4506/C	mg/L	0.04	± 20%	0.2
Cobalto	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	0.07	-	-
Coliformes Totales	PEELABCEITTA/8 AFHA2006/C	NMP/100 mL	< 1**	± 20%	< 2**
Coliformes fecales	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	NPM/100 mL	< 1**	± 20%	-
Turbiedad	PEELABCEITTA/8 IS.22-2002	mg/L	0.002	± 10%	0.5
Cromo Total	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	0.05	-	0.20
Demanda total	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/J1120	mg/L	04	-	-
Fierro total	PEELABCEITTA/8 AFHA0306/F D	mg/L	0.28	± 30%	1.5
Fósforo total	PEELABCEITTA/8 N.4500-PO-E	mg/L	0.25	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la autorización escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los copiosos asociados.
 MC01-14

Página 1



CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

DEPARTAMENTO:
SERVICIOS DE LABORATORIO

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

Hierro total	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3030E	mg/L	0.04	-	-
Manganeso total	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	mg/L	0.069	-	-
Molibdeno	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	mg/L	0.003	-	-
Níquel	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	mg/L	< 0.005	-	0.07
Nitritos	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	mg/L	0.05	-	3.0
Nitratos	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	mg/L	0.12	-	50
Nitrógeno amoniacal	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3030 E	mg/L	< 0.01	-	-
Plata	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	mg/L	0.005	-	-
Plomo	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	mg/L	< 0.006	± 6%	0.01
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/58 APHA311 B	mg/L	2	± 0.8%	-
Color	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	UTC	< 1	± 22%	15
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	Unidades de pH	7.05	± 0.2%	-
Turbiedad	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	NTU	0.57	± 18%	5
Conductividad	PEE/LABCESTTA/58 APHA3030B,3112B	uS/cm	91.56	-	-
Sólidos totales disueltos	PEE/LABCESTTA/58 APHA2540 C	mg/L	32.06	-	-

Observaciones:

- Límite máximo permitido NORMA NTE INEN 1108:2014, Quinta Edición
- Este informe no puede ser reproducido en su totalidad sin aprobación del CESTTA

Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

Informe No:	A - 081
COD EMAPAG:	AP - 120 - LAB
Cliente:	Sra. Ariana Andrade
Fecha:	2019-10-22
Condición legal y tipo de envase:	Botella de vidrio con tapa
Fecha y hora de recepción en LAB:	2019-10-22 / 14H15
Fecha de muestreo:	2019-10-22 / 11H40
Fecha del Análisis:	2019-10-22 - 2019-10-29
Tipo de muestra declaro por el cliente:	Agua Cruda
Punto de Muestreo:	INGRESO PLANTA DE TRATAMIENTO
Análisis Solicitado:	Físico - Químico - Microbiológico
Persona que tomo la muestra:	Sra. Ariana Andrade
Muestreo:	Es responsabilidad del cliente
Condiciones Ambientales de análisis:	T máx.: 25°C. - T mín.: 15°C.


Resultados Analíticos

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE K=3	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Amoníaco	MÉTODO INTERNO-CQ-30	mg/l	1.08	+ 4%	-
Azúcar total	MÉTODO INTERNO-CQ-40	mg/l	<0.01	-	-
Boro	MÉTODO INTERNO-CQ-35	mg/l	0.10	+ 0.1%	1
Bromo total	MÉTODO INTERNO-CQ-08	mg/l	0.01	+ 10%	-
Bromo	MÉTODO INTERNO-CQ-08	mg/l	0.01	+ 10%	-
Calcio total	MÉTODO INTERNO-CQ-06	mg/l	0.00	+ 10%	0
Cian	MÉTODO INTERNO-CQ-07	mg/l	0.00	-	-
Clorato	MÉTODO INTERNO-CQ-04	mg/l	0.13	-	-
Cromo	MÉTODO INTERNO-CQ-09	mg/l	0.01	+ 20%	2
Cromo total	MÉTODO INTERNO-CQ-09	mg/l	0.07	-	-
Carbono inerte	MÉTODO INTERNO-CQ-21	mg/100 mL	20	+ 20%	100
Carbono orgánico	MÉTODO INTERNO-CQ-03	mg/100 mL	0	+ 20%	-
Cloro residual	MÉTODO INTERNO-CQ-02	mg/l	0.00	+ 10%	0.07
Cromo Total	MÉTODO INTERNO-CQ-04	mg/l	0.00	-	-
Desecho total	MÉTODO INTERNO-CQ-05	mg/l	0	-	-
Fierro total	MÉTODO INTERNO-CQ-05	mg/l	0.00	+ 10%	1.0
Fosforo total	MÉTODO INTERNO-CQ-07	mg/l	0.00	-	-
Hierro total	MÉTODO INTERNO-CQ-05	mg/l	0.15	+ 10%	1.0

Margen total	MÉTODO INTERNO- CQ-418	mg/L	0.01	-	-
Nitrito	MÉTODO INTERNO- CQ-420	mg/L	0.05	-	-
Nitro	MÉTODO INTERNO- CQ-421	mg/L	<0.05	-	-
Nitrato	MÉTODO INTERNO- CQ-422	mg/L	0.05	-	-
Sulfato	MÉTODO INTERNO- CQ-423	mg/L	0.05	-	-
Suspen. animal	MÉTODO INTERNO- CQ-424	mg/L	<0.01	-	-
Peso	MÉTODO INTERNO- CQ-425	mg/L	0.00	-	-
Peso	MÉTODO INTERNO- CQ-426	mg/L	<0.00	+0%	0.01
Sulfato	MÉTODO INTERNO- CQ-427	mg/L	2	+0%	100
Color	MÉTODO INTERNO- CQ-428	UTC	<3	+2%	7
Presión de Hidrogeno	MÉTODO INTERNO- CQ-429	Unidades de pH	6.61	+0.2%	6-8
Turbidez	MÉTODO INTERNO- CQ-430	NTU	0.25	+10%	10.0
Conductividad	MÉTODO INTERNO- CQ-431	µm/s	40.0	-	-
Sólidos totales disueltos	MÉTODO INTERNO- CQ-432	mg/L	20.0	-	-

Observaciones:

- Muestra receptada en el laboratorio
- Límite máximo permitido indicado en la tabla 1. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, TULSMA, N. 083-B
- Este informe no puede ser reproducido en su totalidad sin aprobación de la E.P. - EMAPA-G


 Ing. Quím. Raúl Allan
 RESPONSABLE TÉCNICO


 ep-emapag
 Ing. Quím. Raúl Allan
 TEC. SCH-LAB