



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE
AGUA POTABLE DE GUARACZAPAS ANTE DESLIZAMIENTOS,
PARROQUIA DE ANGOCHAGUA, CANTÓN IBARRA”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTOR:

Wilson Daniel Santacruz Quinchiguango

DIRECTORA:

Ing. Elizabeth Velarde. MSc.

Ibarra, enero 2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATRALES RENOVABLES

**"ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE
AGUA POTABLE DE GUARACZAPAS ANTE DESLIZAMIENTOS,
PARROQUIA DE ANGOCHAGUA, CANTÓN IBARRA"**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Elizabeth Velarde, MSc.

DIRECTORA

Biol. Renato Oquendo, MSc.

ASESOR

Ing. Tania Oña, MSc.

ASESORA

Ing. Carlos Verdezoto, MSc.

ASESOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentado mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100371255-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Santa Cruz Quinchiguango Wilson Daniel		
DIRECCIÓN:	Comunidad de Carabuela "Picuasi Pugro"		
E-MAIL:	santawhite@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2946-695	TELÉFONO MÓVIL:	0990460883

DATOS DE LA OBRA:	
TÍTULO:	"ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE GUARACZAPAS ANTE DESLIZAMIENTOS, PARROQUIA DE ANGOCHAGUA, CANTÓN IBARRA"
AUTOR:	Santa Cruz Quinchiguango Wilson Daniel
FECHA:	Enero, 2018
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE SE OPTA:	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
DIRECTORA:	Ing. Elizabeth Velarde, MSc

2. AUTORIZACIÓN DE USO FAVORABLE DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Wilson Daniel Santacruz Quinchiguango**, con cédula de identidad Nro. 100371255-9, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del Trabajo de Grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad, con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 29 de enero de 2018.

EL AUTOR

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above the printed name.

Santacruz Quinchiguango Wilson Daniel

C.C. 100371255-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

Yo, Wilson Daniel Santacruz Quinchiguango, con cédula de ciudadanía Nro. 100371255-9; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominado **“ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE GUARACZAPAS ANTE DESLIZAMIENTOS, PARROQUIA DE ANGOCHAGUA, CANTÓN IBARRA”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 29 de enero de 2018.



Santacruz Quinchiguango Wilson Daniel
C.C. 100371255-9

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Wilson Daniel Santacruz Quinchiguango, bajo mi supervisión.



Ing. Elizabeth Velarde, MSc.

Directora de tesis

AGRADECIMIENTOS

Es muy grato para mí anunciar mis agradecimientos, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, por haber compartido sus conocimientos, experiencias, y su amistad durante todo el período académico.

Además, a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMAPA-D), en especial al Ing. Geovanny Rivadeneira, responsable de la Unidad de Agua No Contabilizada, al Ing. Adrián Villacís, y al Ing. Germán Mediz, técnicos de la Unidad de Agua No Contabilizada, y también a la Ing. Mariela Pozo, responsable de la Unidad de Gestión Ambiental; por guiarme sabiamente durante el desarrollo del estudio.

A mi directora de tesis, la Ing. Elizabeth Velarde. MSc, docente de la Universidad técnica del Norte, quien mediante sus conocimientos y predisposición supo dirigir y garantizar el buen desarrollo del documento.

A mis asesores Biol. Renato Oquendo. MSc, Ing. Carlos Verdezoto. MSc, y a la Ing. Tania Oña. MSc, docentes de la Universidad Técnica del Norte, por la paciencia y el interés de obtener un producto satisfactorio mediante todas las ideas, sugerencias, comentarios compartidos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres *Carlos S.* y *Rosa Q.*, quienes me han guiado en el camino del bien y han sido mis apoyos incondicionales durante el aprendizaje de la ciencia, especialmente a mi hermana *Isolina S.*, y mi hermano *Maicol S.*, quienes han sido los pilares de ánimo para hacer realidad mis sueños, a toda mi familia por haber depositado toda la confianza en mí, y como olvidarme de mi amiga y compañera de vida *Leidy I.*, con quien inicio una nueva etapa en esta vida.

*Porque Jehová da la Sabiduría,
Y de su boca viene el conocimiento
Y la inteligencia.
Proverbios: 2:6*

RESUMEN

El cantón Ibarra ha sido objeto de estudios sobre temas relacionados a vulnerabilidades, amenazas y riesgos, a escala local. Es así que, en uno de los estudios realizados se determinó que, 47 elementos esenciales poseen vulnerabilidad alta por exposición ante amenazas de sismos, deslizamientos, inundaciones y erupciones volcánicas. Éste hecho despertó el interés de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMAPA-I), para realizar un estudio que permita contar con las capacidades de la empresa para reducir los riesgos y responder a emergencias y/o eventos adversos y asegurar la continuidad del servicio de agua potable con estándares de calidad. Bajo este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo, analizar la vulnerabilidad físico funcional del sistema de agua potable de Guaraczapas ante deslizamientos, en la parroquia de Angochagua. Para ello, se aplicó la metodología establecida por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) del año 2012, enfocada a la obtención de la información sobre las variables físicas (estado actual, antigüedad, mantenimiento, material de construcción, y estándares de diseño y construcción) y funcionales (cobertura de servicios, dependencia, redundancia y capacidad de intervención), que posteriormente fueron calificadas y ponderadas hasta la obtención del nivel de vulnerabilidad final de cada uno de los componentes del sistema. Los resultados demuestran que, el sistema de agua potable Guaraczapas y sus componentes se encuentran dentro de un territorio susceptible a movimientos de masa (bajo, moderada, mediana y alta). En lo que respecta a la vulnerabilidad física, el componente captación Guaraczapas con un valor final de 20 tiene vulnerabilidad baja, los tramos 1, 2 y 4 del componente línea de conducción principal Guaraczapas presentan vulnerabilidad baja con un valor final de 17,5, el tramo 3 presenta vulnerabilidad media con un valor final de 27,5, la planta de tratamiento Guaraczapas presenta vulnerabilidad baja con un valor final de 21. El análisis de vulnerabilidad funcional presenta vulnerabilidad moderada con un valor final de 7. Finalmente, la propuesta del plan de contingencias para el sistema de agua potable Guaraczapas, que contiene los dos programas, el de mantenimiento, y el de comunicación y capacitación, garantizará la solución de aquellas debilidades identificadas en el aspecto físico funcional del sistema.

SUMMARY

In the last years, the Ibarra canton has been subject to main and significant studies on issues related to vulnerabilities, threats and risks, at the local level. Thus, in one of the studies made, it was determined that 47 essential elements have high vulnerability due to exposure to earthquakes, landslides, floods and volcanic eruptions. This fact aroused the interest of the Municipal Water and Sewerage Company of Ibarra (EMAPA-I) to carry out a study that would allow the company's capabilities to reduce risks and respond to emergencies and / or adverse events and ensure the continuity of drinking water service with adequate quality standards. In this context, the main goal of this study was to analyze the physical functional vulnerability of the Guaraczapas drinking water system in the case of landslides in the Angochagua parish, Ibarra canton. To this end, the methodology established by the National Secretariat for Risk Management (SNGR) and the United Nations Development Program (PNUD) for the year 2012 was applied, focused on obtaining information on physical variables (current status , seniority, maintenance, construction material, and design and construction standards) and functional (service coverage, dependence, redundancy and intervention capacity), which were subsequently qualified and weighted until the level of final vulnerability of each of them was obtained. The results show that the Guaraczapas potable water system and its components are within a territory susceptible to mass movements (low, moderate, medium and high). With regard to physical vulnerability, the Guaraczapas catchment component with a final value of 20 has low vulnerability, sections 1, 2 and 4 of the Guaraczapas main driving line component present low vulnerability with a final value of 17.5, the Section 3 presents average vulnerability with a final value of 27.5, the Guaraczapas treatment plant presents low vulnerability with a final value of 21. The functional vulnerability analysis presents moderate vulnerability with a final value of 7. Finally, the proposal of the contingencies for the Guaraczapas potable water system, which contains the two programs, maintenance, and communication and training, will guarantee the solution of those weaknesses identified in the physical functional aspect of the system.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
CAPÍTULO I.....	17
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Objetivos.....	19
1.1.1. Objetivo general.....	19
1.1.2. Objetivos específicos.....	19
1.1.3. Pregunta directriz.....	19
CAPÍTULO II.....	20
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
2.1. Marco legal.....	20
2.1.1. Constitución de la República del Ecuador 2008. Registro Oficial 449 del 20 de octubre de 2008.....	20
2.1.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Registro Oficial 305 del 06 de agosto de 2014.....	21
2.1.3. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Registro Oficial Suplemento 303 del 19 de octubre de 2010.....	22
2.1.4. Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado. Registro Oficial Suplemento 290 del 30 de septiembre de 2010.....	22
2.1.5. Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017.....	24
2.2. ¿Dónde está el Ecuador en los procesos de gestión de riesgos?.....	25
2.3. Gestión del riesgo.....	26
2.4. Riesgo.....	27
2.5. Amenaza.....	27
2.6. Vulnerabilidad.....	28

2.7. Análisis de vulnerabilidad	28
2.8. Redes vitales	29
2.9. Sistema de agua potable	30
2.10. Normas para estudio y diseños de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Secretaría del agua	31
2.10.1. Quinta parte: captación y conducción para proyectos de abastecimiento de agua potable	31
2.10.2. Sexta parte: potabilización del agua	32
2.11. Plan de contingencia como herramienta de vulnerabilidad	33
CAPÍTULO III	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Materiales	34
3.2. Métodos	35
3.2.1. Caracterización general del área de estudio	35
3.2.2. Caracterización del sistema de agua potable Guaraczapas	35
3.2.3. Metodología para el análisis de vulnerabilidad física del sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos	36
3.2.4. Metodología para el análisis de vulnerabilidad funcional del sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos	40
3.2.5. Propuesta de un plan de contingencia para el sistema de agua potable Guaraczapas	42
CAPÍTULO IV	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. Caracterización general del área de estudio	43
4.2. Caracterización del sistema de agua potable	52
4.2.1. Área de captación Guaraczapas	53
4.2.2. Planta de tratamiento Guaraczapas	58
4.2.3. Línea de conducción	59
4.2.4. Distribución	61
4.3. Vulnerabilidad física del sistema de agua potable Guaraczapas	63
4.3.1. Población entrevistada	64

4.3.2. Determinación del análisis de vulnerabilidad física del sistema de agua potable Guaraczapas.....	64
4.4. Vulnerabilidad funcional del sistema de agua potable Guaraczapas.....	71
4.4.1. Determinación del análisis de vulnerabilidad funcional del sistema de agua potable Guaraczapas	72
4.5. Propuesta de un plan de contingencia para el sistema de agua potable Guaraczapas	73
4.5.1. Presentación del plan de contingencia	73
4.5.2. Objetivos del plan de contingencias	74
4.5.3. Programas del plan de contingencia	74
4.5.4. Matriz del plan de contingencia.....	76
CAPÍTULO V	82
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1. Conclusiones.....	82
5.2. Recomendaciones	83
CAPÍTULO VI	84
6. BIBLIOGRAFÍA	84
7. ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, equipo y software, e insumos.	34
Tabla 2. Calificación de vulnerabilidad física.	37
Tabla 3. Rangos y niveles de vulnerabilidad física.	39
Tabla 4. Calificación de vulnerabilidad funcional.....	41
Tabla 5. Rangos y niveles de vulnerabilidad funcional.....	42
Tabla 6. Área que ocupa la pendiente del cantón.	44
Tabla 7. Número de habitantes del cantón Ibarra por parroquias.....	46
Tabla 8. Sistemas de abastecimiento de agua.	47
Tabla 9. Características de las conexiones.	57
Tabla 10. Características de la línea de conducción.	60
Tabla 11. Población total de las parroquias de Ibarra beneficiada por el SAPG.....	62
Tabla 12. Sectores beneficiarios del servicio de agua potable.	63
Tabla 13. Distribución de los guardianes operadores.....	64
Tabla 14. Calificación de vulnerabilidad física de la captación Guaraczapas.....	65
Tabla 15. Calificación de vulnerabilidad física de los tramos 1, 2, 3 y 4.....	66
Tabla 16. Calificación de vulnerabilidad física del tanque rompe presión 1.	68
Tabla 17. Calificación de vulnerabilidad física de la Planta de Guaraczapas.	71
Tabla 18. Calificación de vulnerabilidad funcional.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del Sistema de Agua Potable Guaraczapas. ...	43
Figura 2. Mapa de nivel de amenaza de deslizamiento por cantón en el Ecuador.	49
Figura 3. Mapa de susceptibilidad a movimientos de masa en el cantón Ibarra.	50
Figura 4. Mapa de exposición del SAPG ante deslizamientos.	51
Figura 5. Mapa de ubicación del SAPG.	52
Figura 6. Área de captación Guaraczapas.	53
Figura 7. Mapa de las vías de acceso al área de captación.	54
Figura 8. Obras de captación.	55
Figura 9. Estructura externa del tanque recolector.	55
Figura 10. Canales artificiales.	56
Figura 11. Senderos artificiales.	56
Figura 12. Planta de tratamiento Guaraczapas.	58
Figura 13. Mapa de cobertura de servicio de agua potable del sistema Guaraczapas. ...	62

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2013, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el apoyo de la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea, iniciaron el proyecto “Análisis de Vulnerabilidad a nivel municipal” orientado en la gestión de riesgos. El desarrollo del proyecto bajo responsabilidad de la Universidad Técnica del Norte fue ejecutado en tres cantones: Ibarra, Esmeraldas, San Pedro de Huaca, y organizado bajo las directrices del análisis de la estructura del territorio a nivel geográfico, histórico y demográfico, en la identificación de los elementos estratégicos para su desarrollo y funcionamiento en tiempo normal y de crisis, y en el análisis de la vulnerabilidad de los elementos esenciales ante amenazas de origen natural, de la vulnerabilidad política, institucional y legal. De esta manera, en el cantón Ibarra se identificaron 78 elementos esenciales, de los cuales 32 son de importancia alta en tiempo normal y 50 en tiempo de crisis (Perfil territorial del cantón Ibarra, 2013).

Los 78 elementos esenciales fueron sometidos al análisis de la vulnerabilidad por exposición ante cuatro amenazas: sismos, deslizamientos, inundaciones y erupciones volcánicas, de los cuales 47 resultaron tener vulnerabilidad alta en relación al nivel de exposición e importancia. El área en donde se encuentran estos elementos esenciales son: conectividad, transporte, suministro de combustibles, infraestructura sanitaria, abastecimiento de electricidad, abastecimiento de agua potable, comunicación, salud, educación, entre otros.

Dentro del área de abastecimiento de agua potable, se identificaron 4 elementos esenciales, el área de captación Guaraczapas, la planta de tratamiento de agua potable Guaraczapas, la línea de conducción Guaraczapas-Caranqui, y la planta de tratamiento y bombeo de Caranqui, los cuales están expuestos a amenazas naturales. Además, la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMAPA-I) depende de estos componentes que forman parte del Sistema de Agua Potable Guaraczapas para brindar el servicio de abastecimiento a los sectores urbanos y rurales del cantón.

La falta de estudios sobre vulnerabilidad del tipo físico funcional del sistema no permite conocer y evaluar el normal funcionamiento de los componentes en tiempo normal o crisis o ante la ocurrencia de las amenazas naturales que pueden causar conflictos sociales (no se garantiza el acceso permanente al agua), pérdidas económicas (destrucción total o parcial de la infraestructura) y deterioro ambiental (contaminación de las fuentes de agua); ni elaborar un plan de contingencia que ayude a la reducción de riesgos.

La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2012), establecieron una propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidades en función de amenazas a nivel municipal. Amenazas del tipo sísmico, volcánico, inundación y deslizamiento de tierras.

La metodología de la SNGR se aplicó a un estudio realizado por el equipo técnico UTN (2013). El análisis de vulnerabilidad definida desde las amenazas y definida desde los procesos de la gestión del riesgo para evaluar la vulnerabilidad física y funcional del sistema de agua potable respectivamente (Universidad Técnica del Norte, Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Comisión Europea y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [UTN, SNGR, CE y PNUD], 2013). Como continuidad se aplicó a un tipo de estudio más específico y considerando que es una primicia para la EMAPA-I la realización de un estudio integral de la vulnerabilidad del sistema de agua potable del cantón Ibarra frente a sismos, inundaciones y deslizamientos (EMAPA-I, 2016), se prioriza la investigación sobre vulnerabilidad físico funcional del sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos, que incluye tres componentes principales: el área de captación Guaraczapas, la planta de tratamiento Guaraczapas y la línea de conducción principal.

Además, en el cantón Ibarra se registran eventos naturales de deslizamientos que han afectado significativamente el sistema de agua potable y las viviendas, causando pérdidas materiales, económicas y humanas (UTN, SNGR, CE y PNUD, 2013). Siendo así, el deslizamiento ocurrido el 15 de febrero de 2009 en la vía que conduce Ibarra-Lita, parroquia de Lita, y que provocó la suspensión de este servicio; también el deslizamiento producido el 11 de abril de 2009, en el sector de Yahuarcocha donde una gran precipitación generó la crecida de la quebrada Manzano Guaico provocando la

afectación al sistema de agua potable que abastece a Yahuarcocha (Sistema de Inventario de Desastres [DESINVENTAR], 1994-2016).

Bajo este listado de sucesos que han afectado al sistema de agua potable y considerando que el agua potable son vitales para la población y las actividades que se realizan diariamente, se justifica la realización del presente estudio. Por consiguiente, la información generada permitirá elaborar un plan de contingencia sustentada a la normativa nacional para la reducción de riesgos identificados que garanticen la continuidad del servicio para la población actual y futura de los sectores urbanos y rurales del cantón.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Analizar la vulnerabilidad físico funcional del Sistema de Agua Potable de Guaraczapas ante deslizamientos en la parroquia de Angochagua, cantón Ibarra.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar la vulnerabilidad física del sistema de agua potable de Guaraczapas ante deslizamientos.
- Analizar la vulnerabilidad funcional del sistema de agua potable de Guaraczapas ante deslizamientos.
- Proponer un plan de contingencia para el sistema de agua potable de Guaraczapas.

1.1.3. Pregunta directriz

¿Es vulnerable el sistema de agua potable de Guaraczapas ante deslizamientos considerando el tipo físico funcional?

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Las definiciones y/o conceptos básicos que se presentan a continuación, son el resultado de la recopilación y revisión bibliográfica de la información secundaria existente, en temas relacionados al presente estudio.

2.1. Marco legal

La siguiente normativa ecuatoriana vigente que sustenta el desarrollo del presente estudio, se presenta según el **Art. 425** de la Constitución de la República del Ecuador (2008) donde menciona que, el orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos.

2.1.1. Constitución de la República del Ecuador 2008. Registro Oficial 449 del 20 de octubre de 2008

Título VII Régimen del buen vivir

Capítulo I Inclusión y equidad

Sección novena Gestión del riesgo

Art.- 389. El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres naturales y antrópicos mediante la prevención del riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con la finalidad de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está formado por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley, y cuyas funciones principales son:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión del riesgo en su planificación y gestión.
4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión del riesgo.

**2.1.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.
Registro Oficial 305 del 06 de agosto de 2014**

Art.-1. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria.

Art.- 3. Garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y la recuperación, en sus distintas fases, formas y estado físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Art.- 4. Principios de la ley:

b) El agua como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad.

f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua.

g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua.

h) La gestión del agua es pública y comunitaria.

2.1.3. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Registro Oficial Suplemento 303 del 19 de octubre de 2010

Título III Gobiernos autónomos descentralizados

Capítulo III Gobierno autónomo descentralizado municipal

Sección primera Naturaleza jurídica, sede y funciones

Art.- 54. Funciones.- Son funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal las siguientes:

o) Regular y controlar las construcciones dentro de los límites cantonales, con mayor énfasis a las normas de control y prevención de riesgo y desastres.

2.1.4. Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado. Registro Oficial Suplemento 290 del 30 de septiembre de 2010

Título III Del sistema descentralizado de gestión de riesgos

Capítulo I Del sistema, su rectoría, fines y objetivos específicos

Art. 15.- Objeto.- El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos tiene por objeto integrar los principios, objetivos y estructura, competencias e instrumentos que lo constituyen, para su eficaz funcionamiento.

Art. 16.- **Ámbito.-** Las disposiciones normativas sobre gestión de riesgos son obligaciones y tienen aplicación en todo el territorio nacional. El proceso de gestión de riesgos incluye el conjunto de actividades de prevención, mitigación, preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción de los efectos de los desastres de origen natural, socio natural o antrópico.

Art. 18.- **Rectoría del Sistema.-** El Estado ejerce la rectoría del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo, cuyas competencias son:

g) Formular convenios de cooperación interinstitucional destinados al desarrollo de la investigación científica, para identificar los riesgos existentes, facilitar el monitoreo y la vigilancia de amenazas, para el estudio de vulnerabilidades.

Capítulo II De los organismos del sistema

Art. 19.- **Conformación.-** El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos: local, regional y nacional.

Art. 20.- **De la organización.-** La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, como órgano rector, organizará el Sistema de Gestión de Riesgos, a través de las herramientas reglamentarias o instructivas que se requieran.

Bajo ésta premisa y considerando el objetivo estratégico de la EMAPA-I que menciona “contar con las capacidades de la EMAPA-I para reducir riesgos y responder a emergencias y/o eventos adversos y asegurar la continuidad del servicio de agua potable con estándares adecuados de calidad”, y los macro proyectos donde tienen establecidos realizar el estudio integral de vulnerabilidades del sistema de agua potable y saneamiento del cantón Ibarra, con énfasis en preparación frente a sismos, y evaluación de la exposición a inundaciones y movimientos en masa de los elementos esenciales del sistema de agua potable (líneas de conducción, plantas de captación y tratamiento, estaciones de bombero, tanques de reserva), se sustenta la realización del presente estudio.

2.1.5. Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017

Objetivos nacionales para el buen vivir

Objetivo 3. Mejorar la calidad de vida de la población.

Políticas y lineamientos estratégicos

No. 3.10. Garantizar el acceso universal, permanente y sostenible y con calidad a agua segura y a servicios básicos de saneamiento, con pertinencia territorial, ambiente, social y cultural.

f) afirma que se debe proporcionar la elaboración e implementación de planes de seguridad de agua, para garantizar el acceso sostenible a agua salubre de consumo.

No. 3.11. Garantizar la preservación y protección integral del patrimonio cultural y natural y de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen natural o antrópico.

a) menciona que se debe diseñar e implementar normativas para prevenir, gestionar y mitigar los riesgos y desastres de origen natural y antrópico.

f) ampliar las capacidades del sector de seguridad, defensa y gestión de riesgos para la atención, rehabilitación y recuperación de las poblaciones, el patrimonio natural y las infraestructuras afectadas por desastres naturales y antrópicos.

Objetivo 7. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global.

Garantizar que las personas y colectividades estén protegidas de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico. La razón principal para orientar la gestión pública a la reducción de vulnerabilidad y los riesgos latentes, es por la alta probabilidad de ocurrencia de desastres, principalmente a la frecuente manifestación de fenómenos intensos de origen geológico y a las condiciones hidrometeorológicas locales y regionales propias del país.

Políticas y lineamientos estratégicos

No. 7.10. Implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático para reducir la vulnerabilidad económica y ambiental con énfasis en grupos de atención prioritaria.

d) establece que se deben incorporar criterios de mitigación y adaptación a cambio climático en la formulación y evaluación de planes y proyectos estratégicos, así como en los planes de contingencia que puedan afectar la infraestructura y la provisión de servicios.

2.2. ¿Dónde está el Ecuador en los procesos de gestión de riesgos?

En el Ecuador se han registrado estudios relacionados a vulnerabilidades, amenazas y riesgos, aplicados a nivel general. La necesidad de orientar estudios a nivel local despierta al ente rector en temas de reducción de riesgos, a proporcionar herramientas que permitan la implementación de políticas públicas para los actores del sistema nacional descentralizado. Posterior a la propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidades en función de amenazas a nivel municipal establecido por la misma, se abre la brecha para generar nuevos conocimientos aplicados a nivel cantonal (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [SNGR y PNUD], 2011).

En la actualidad, en el cantón Ibarra se han realizado estudios en cuestiones de riesgos, que pueden ser útiles para la gestión del riesgo en las instituciones públicas y privadas, y pueden utilizarse también como referencias para futuras investigaciones. Entre los estudios más destacados, a continuación citamos algunos de ellos:

- “Propuesta de un plan de reducción de vulnerabilidad físico funcional de redes vitales ante dos tipos de amenazas: sísmica y de deslizamientos en la parroquia Huaca, cantón San Pedro de Huaca”
- “Análisis de vulneabilidad de los elementos esenciales frente a las amenazas de deslizamientos y vulcanismo en el área de influencia de la quebrada Rumipamba, parroquia La Esperanza, provincia de Imbabura”

- “Determinación de la vulnerabilidad físico estructural de edificaciones ante cuatro tipos de amenazas: sísmica, volcánica, inundaciones y deslizamientos en la ciudad de Ibarra”
- “Plan de gestión de riesgos de elementos esenciales de importancia alta ante deslizamientos en el área de influencia de la quebrada Rumipamba, parroquia La Esperanza, provincia de Imbabura”

2.3. Gestión del riesgo

Para la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, 2011), la gestión de riesgos es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales y no estructurales para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) los efectos adversos de los desastres. La gestión del riesgo si bien no puede modificar la amenaza, busca evitar, reducir o transferir los efectos adversos de las amenazas mediante diversas actividades y medidas de prevención, mitigación y preparación (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas [UNISDR], 2009).

Es así, que en la subregión andina, con apoyo del Proyecto PREDECAN, se efectuaron tres experiencias en relación de análisis y mejora de los procesos de la gestión del riesgo. El primer caso, en Colombia, que consistió en el levantamiento y análisis de los procesos de interés de la Dirección de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior y de Justicia de Colombia (DGR), como ente rector de la coordinación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en ese país. El segundo caso, en Perú, donde el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) se enfocó en el análisis y mejora de los procesos del Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI), aclarando su misión en términos de la Gestión de Riesgo de Desastres; y el último caso, del Ecuador, que concentró el análisis de los procesos de gestión de riesgo en la región del Guayas, y particularmente en los procesos de preparación y enmarcados en la Estrategia Nacional para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres liderada por la

Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos (STGR). El objetivo integral fue identificar los procesos del sistema de gestión de riesgo y su interrelación al nivel nacional, regional y local, para mejorarlos y fortalecerlos (Narváez, Lavell y Pérez, 2009).

2.4. Riesgo

La SNGR (2011) define el riesgo como la probabilidad de acontecimientos o eventos adversos que pueden causar pérdidas humanas, materiales y económicas, modificación del ambiente, entre otros. Madero (2010) define el riesgo a un nivel más particular como el grado de ocurrencia de daños que puede recibir un elemento frente al impacto de un evento natural en el área de influencia en un tiempo dado. Los elementos que sufren directamente son la población, los servicios gubernamentales, las instalaciones e infraestructuras de ingeniería civil, las actividades económicas.

2.5. Amenaza

La SNGR (2011) considera que las amenazas naturales son procesos o fenómenos naturales que se dan dentro de un entorno natural específico, provocando daños o consecuencias de baja, media o alta magnitud en la parte social, económica y ambiental. Posterior, a una amenaza natural se pueden tener una secuencia de amenazas que se interrelacionan. Por ejemplo un movimiento sísmico puede provocar un deslizamiento, un deslizamiento una inundación (Plaza y Yépez, 1998).

En el presente estudio, la amenaza considera son los deslizamientos, que según Narváez (2002) son fenómenos naturales producto de cambios graduales en la composición, estructura, hidrología o uso incompatible del suelo, está muy relacionado con los sismos o las precipitaciones fuertes que sobresaturan el suelo. La magnitud del impacto depende del volumen de la masa en movimiento, la velocidad y el área inestable. Los principales efectos generales que puede ocasionar en el sistema de agua potable son:

- Modificación de las características físicas-químicas del agua.
- Destrucción total o parcial de la infraestructura del sistema de agua potable.
- Impactos indirectos debido a la suspensión de caminos.

- Represamientos aguas arriba de las bocatomas que pueden ocasionar su destrucción.

En Ecuador se evidencia los efectos o daños causados sobre el sistema de agua potable por los deslizamientos. Según reportes de prensas nacionales se tiene: el Comercio (2017) menciona que los habitantes del norte de Loja no cuentan con el líquido vital porque un deslizamiento de tierra afectó la tubería de conducción de uno de los sistemas de agua potable. El Telégrafo (2016) afirma que el deslizamiento del cerro El Gatazo afectó la distribución de agua potable del sistema regional, por el taponamiento del túnel y desacople de la tubería de 800 milímetros de conducción de agua a la ciudad de Esmeraldas. La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SGNR, 2016), en su web oficial menciona también, que la comunidad de San Pedro de Pulshi, cantón Riobamba, fue afectada por un deslizamiento que provocó daños en la toma de agua potable que abastece del líquido vital a 48 familias de la zona, dejándolas sin este insumo básico.

2.6. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se comprende como la tendencia o predisposición del territorio donde se encuentran el conjunto de elementos, a sufrir ataques y daños ante eventos naturales (sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos, entre otros); es decir las características y circunstancias de una comunidad, sistema, bien, entre otras; que les hace aptos o susceptibles a recibir daños de una amenaza o evento natural (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos [SNGR], 2012). En este sentido, Universidad Técnica del Norte (UTN, 2013) en el estudio “Análisis de Vulnerabilidad a nivel municipal”, determina que existen elementos esenciales que presentan vulnerabilidad ante eventos naturales, en las áreas de conectividad, transporte, suministro de combustibles, infraestructura sanitaria, abastecimiento de electricidad, abastecimiento de agua potable, comunicación, salud, educación, entre otros.

2.7. Análisis de vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad de un sistema de agua potable es la determinación del nivel de daño que puede recibir el sistema por un evento natural adverso y que puede afectar el normal cumplimiento de sus funciones. Según Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI, 2003), el análisis se puede realizar en distintos sectores como: física, operativa o funcional, administrativa, social, política, tecnológica, educativa,

cultural, entre otros. Para el caso de estudio se ha tomado énfasis a dos sectores que corresponden al físico-funcional.

- **Análisis de vulnerabilidad física de redes vitales**

El análisis de vulnerabilidad física de redes vitales según la SNGR (2011), se realiza para identificar las características y evaluar las condiciones de los sistemas en que la sociedad depende tanto durante su operación normal como durante situaciones de respuesta y recuperación frente a emergencias. Para el sistema de agua potable el análisis de vulnerabilidad física se lo realiza en cada uno de sus componentes (captación, conducción, tratamiento, entre otros) tomando en cuenta variables como la antigüedad y material de construcción, tipo de mantenimiento, y estándares de diseño y construcción.

- **Análisis de vulnerabilidad funcional de redes vitales**

El análisis de vulnerabilidad funcional según la SNGR (2011), menciona que se realiza para identificar y evaluar los factores que ayudan o dificultan la capacidad de las redes de funcionar correctamente en tiempos normales y en tiempo de crisis, y establece los efectos o impactos que tendría la paralización del servicio a la ciudad. Para el sistema de agua potable el análisis de vulnerabilidad funcional se lo realiza en base a las siguientes variables: cobertura de servicios, dependencia a elementos externos, alternativas de funcionamiento y capacidad de control.

2.8. Redes vitales

Una red o sistema vital es aquel que brinda servicios esenciales para el ser humano y dinamiza el desarrollo de una ciudad. Comprende el abastecimiento de agua potable, suministro de energía eléctrica, transporte, comunicación entre otros. Los servicios que brindan son de necesidad primordial durante o después de un desastre para retornar a la normalidad en el menor tiempo posible. La falla, interrupción o mal funcionamiento tendría consecuencias de gran magnitud tanto en tiempo normal como en crisis (Vargas, 2012).

2.9. Sistema de agua potable

Cano (2006) menciona que el sistema de agua potable es el conjunto de componentes construidos e implementados para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua a los usuarios en la zona urbana y rural. Los sistemas pueden funcionar a gravedad, bombeo o pueden ser mixtos para la circulación del agua desde la captación hasta la red de distribución. En el sistema a gravedad se aprovecha la pendiente del terreno, en el sistema por bombeo se necesita el uso de equipo electromecánico; mientras que en el sistema mixto, se aprovecha la gravedad del terreno y el equipo electromecánico.

El sistema de agua potable está constituido de los siguientes componentes:

- Captación.- Es el sitio en donde se origina el agua y también el sistema, puede ser una fuente superficial o subterránea. La construcción de la estructura se lo puede realizar con materiales de hormigón para muros y tanques, mientras que para los pozos deber estar recubiertos con tuberías de PVC o acero.
- Conducción.- Se refiere a la línea de conducción de agua desde la captación hasta el tanque de tratamiento. Forma parte de la línea de conducción las tuberías que deben estar enterradas y por lo general son de material PVC, polietileno, asbesto cemento o hierro de diferente diámetro según la necesidad y la cantidad de agua que circule.
- Almacenamiento-tratamiento.- Pueden ser uno o varios tanques en dónde el agua proveniente de la captación recibe tratamientos para eliminar contaminantes y dejarla en las condiciones que cumplan con la norma de calidad de agua apta para el consumo humano. Los tratamientos que debe recibir el agua dependerán de la calidad originaria desde la captación y de los equipos e insumos con los que cuente la empresa prestadora del servicio.
- Distribución.- Dentro de este componente se encuentran las redes de distribución mediante las tuberías implementadas para hacer llegar el agua ya tratada a los usuarios en los domicilios. Para esto se toma en cuenta la instalación de los medidores con la finalidad de garantizar la medida y el valor a pagar según la cantidad de consumo.

2.10. Normas para estudio y diseños de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Secretaría del agua

Las normas revisadas y actualizadas por la Secretaría del Agua del Ecuador tienen como propósito conseguir que los diseños de sistemas de abastecimiento de agua potable cumplan con las exigencias técnicas. Son aplicables al diseño de nuevas obras o al mejoramiento de aquellas existentes. A continuación se presenta un resumen de las especificaciones generales y específicas referentes a la captación, conducción, y plantas de potabilización y almacenamiento de agua (Secretaría del Agua, Registro Oficial N° 6, 1992-08-18).

2.10.1. Quinta parte: captación y conducción para proyectos de abastecimiento de agua potable

Las obras de captación deben:

- Proteger el sistema de abastecimiento contra el ingreso de substancias extrañas.
- Evitar que el agua entre a la conducción durante el mantenimiento, averías y daños.
- Realizarse tomando en cuenta los niveles de agua en la fuente de abastecimiento.
- Procurar que la captación sean desde los niveles superiores de la corriente.
- Garantizar la clarificación del agua captada.
- Realizarse en función de los caudales requeridos, las exigencias sanitarias epidemiológicas, posibilidad de inspección permanente de las obras, entre otras.
- Estar ubicados aguas arriba de las descargas de aguas servidas y de centros poblados.
- Deberán estar constituidos de una cámara (protección de afloramientos). Los afloramientos deberán descargar libremente, sin forzar ni alterar las condiciones hidráulicas naturales existentes. La cámara debe disponer de los accesorios básicos e indispensables para su correcto funcionamiento y control como los siguientes: cernidero en el ingreso de la tubería de salida a la conducción, vertedero de excesos o

una tubería de desborde al nivel de los afloramientos, sistema de desagüe, boca de visita con tapa sanitaria y válvula de control al inicio de la línea de conducción.

- Tener alrededor canales que permitan la conducción de aguas superficiales a desagües naturales.
- Tener un perímetro con malla o alambre de púas para evitar cualquier tipo de vandalismo.

La línea de conducción debe:

- Tener la protección contra el ingreso de cuerpos extraños.
- Instalarse en sitios públicos, en caso de pasar por un sitio privado se procederá a la expropiación.
- El ancho de la franja será el mínimo necesario que permita labores de mantenimiento y reparación. Las actividades agropecuarias y la circulación de vehículos dentro de la franja se realizarán solo si la conducción tiene una profundidad mayor a 1 m y tenga un recubrimiento de protección.
- Ser implementada con diferentes materiales según el tipo de funcionamiento, operación y mantenimiento.

2.10.2. Sexta parte: potabilización del agua

El diseño de las plantas de tratamiento comprenderá cuatro fases, caracterización del agua cruda, estudios de conceptualización, diseños definitivos y documentación del proyecto, así:

- La institución debe iniciar con un programa de muestreos con la finalidad de analizar el agua en períodos secos y lluviosos que ayudarán a la selección del tratamiento.
- La capacidad hidráulica o máxima de la planta será de un 10% a un 25% mayor que el caudal de diseño.
- El período de diseño será de por lo menos de 15 años.

- El funcionamiento de la planta deberá ser de 24 horas diarias.
- La planta debe tener vías de fácil acceso en cualquier época del año, contar con abastecimiento de energía, facilidad para evacuar aguas de procesos y lodos.
- El espacio o área debe ser suficiente para la implantación de la planta de tratamiento y estructuras complementarias.
- Con base a los resultados obtenidos los diseños definitivos de una planta de tratamiento tendrán: diseños hidráulicos sanitarios, arquitectónicos y paisajísticos, estructurales, eléctricos, mecánicos, implantación y obras civiles, plan de manejo del impacto ambiental, medidas de seguridad, organización administrativa y financiera, sistema de información operacional.
- La institución debe manejar y tener a la disposición los siguientes documentos del proyecto: memoria descriptiva, memoria de cálculos, planos, manual de operación y mantenimiento, especificaciones técnicas, presupuesto de las obras.

2.11. Plan de contingencia como herramienta de vulnerabilidad

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010), previo a un plan de contingencia es necesario realizar la planificación de contingencia que consiste en el que individuos de una institución a la par con otras instituciones construyan e intercambien criterios para crear perspectivas de escenarios de posibles riesgos, designar funciones o responsabilidades y tomar decisiones en tiempo de crisis. El registro de lo tratado y aprobado es el plan de contingencia. Por otro lado INDECI (2005) menciona que un plan de contingencia es una secuencia de procedimientos que una organización establece referentes a la coordinación, alerta, movilización y respuesta frente a una posible ocurrencia de un evento natural particular para el cual se tiene escenarios definidos de riesgo.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se describen los materiales utilizados durante la fase de campo y gabinete, así como los métodos aplicados para el desarrollo de los objetivos planteados y dar contestación a la pregunta directriz.

3.1. Materiales

A continuación se presenta el listado de los materiales, equipos y software, e insumos utilizados (Tabla 1).

Tabla 1. Materiales, equipo y software, e insumos.

	Documentos del sistema de agua potable Guaracazapas (Estudios, memorias técnicas, informes, entre otros).
	Carta topográfica de Ibarra. Escala 1: 50 000.
	Carta topográfica de San Pablo. Escala 1: 50 000.
	Planos catastrales del cantón Ibarra. Escala 1: 50 000.
	Cartografía digital e impreso del sistema de agua potable de Guaracazapas.
	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Ibarra. (2010).
Materiales	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de la parroquia de Angochagua. (2010).
	Normas del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) para agua potable y alcantarillado (1992).
	Metodología de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, 2011, 2012).
	Modelo de entrevista estructurada.
	Flexómetro.
	Computador portátil.
Equipo y software	Impresora.
	GPS Garmín.
	Cámara fotográfica.
	Programa ArcGis 10.0
Insumos	Insumos de oficina.
	Internet.

3.2. Métodos

La metodología que se utilizó es la establecida por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) del año 2012. En la actualidad, esta guía es considerada pionera para realizar el análisis de diferentes tipos de vulnerabilidad a nivel cantonal. Entre los estudios realizados se tiene los siguientes: “Proyecto Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal, perfil territorial cantón San Miguel Ibarra”, “Implementación de la Metodología de Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Cantonal-Cuenca”, “Proyecto Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal, perfil territorial cantón Esmeraldas”, “Análisis de Vulnerabilidad Cantón Santa Elena”, entre otros.

3.2.1. Caracterización general del área de estudio

Con la finalidad de conocer la situación actual del área de estudio, la caracterización se realizó mediante la revisión bibliográfica de los componentes físico y social más relevantes, donde se encuentra ubicado el sistema de agua potable Guaraczapas. Contiene información sobre ubicación geográfica, división política parroquial, pendiente del terreno, hidrografía, uso actual del suelo, clima, demografía, y abastecimiento de agua. Además, se determinó la exposición del territorio ante deslizamientos y la exposición del sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos. El primero mediante el análisis de estudios realizados en el Ecuador en temas relacionados a la amenaza de deslizamientos, y el segundo a través de la manipulación y sobreposición de los mapas e insumos cartográficos disponibles en la base de datos de la EMAPA-I y otros entes gubernamentales.

3.2.2. Caracterización del sistema de agua potable Guaraczapas

La metodología utilizada para realizar la caracterización del sistema de agua potable Guaraczapas, consistió en la recopilación de información primaria en la base de datos de la EMAPA-I y en las visitas de campo. Éste apartado, contiene una breve descripción de los acontecimientos y gestiones realizadas para la concesión de las fuentes de agua, e información resaltante de cada uno de los componentes del sistema (área de captación, planta de tratamiento, línea de conducción y distribución).

3.2.3. Metodología para el análisis de vulnerabilidad física del sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos

Con la finalidad de realizar el análisis de vulnerabilidad física del sistema de agua potable Guaraczapas se aplicó lo siguiente:

- **Población a entrevistar**

La población a entrevistar se identificó mediante la socialización del presente estudio en la EMAPA-I, donde se conoció los responsables de la gestión del sistema de agua potable Guaraczapas. Una vez, diseñado las preguntas que guardan estrecha relación con las variables para determinar el análisis de vulnerabilidad física y funcional, se procedió a realizar las entrevistas (metodología cualitativa) *in situ*, es decir en el sitio donde los responsables realizan las actividades de gestión. Dentro de los entrevistados se encuentran seis guardianes operadores y dos técnicos de la EMAPA-I.

- **Determinación del análisis de vulnerabilidad física del SAPG**

Para determinar el análisis de vulnerabilidad física del SAPG se empleó entrevistas estructuradas y no estructuradas (Anexo A: 1 y 2). Las preguntas se elaboraron para generar información sobre las variables de vulnerabilidad física (año de construcción, material de construcción, mantenimiento, normas EX IEOS para agua potable). Debido a que el sistema de agua potable tiene diferentes componentes como: captación, conducción y tratamiento, se aplicó sobre cada uno de ellos de la siguiente manera:

a) Vulnerabilidad generada por antigüedad y material de construcción.

- Determinar el año de construcción de cada uno de los elementos que conforma el sistema.
- Identificar el material de construcción de los diferentes elementos del sistema e igualmente en los tramos de tuberías de conducción donde exista varios tipos de materiales.

b) Vulnerabilidad generada por el tipo de mantenimiento

- Conocer si el plan de mantenimiento de los diferentes elementos está documentado o escrito.
- Determinar si el mantenimiento se lo realiza de forma predictiva (documentado) o correctiva (bajo una iniciativa del personal responsable como respuesta a un evento adverso).

c) Vulnerabilidad generada por estándares de diseño y construcción

- Identificar si la empresa encargada del abastecimiento de agua potable dispone de normas de estándares de calidad locales más exigentes que la del EX IEOS para la construcción de sistemas de agua potable y alcantarillado.
- Identificar si la empresa encargada del abastecimiento de agua potable aplicó las normas del EX IEOS para la construcción de sistemas de agua potable y alcantarillado.

d) Determinar el estado general del sistema de agua potable

El técnico responsable de la gestión del agua potable bajo criterio personal califica el estado del sistema como bueno, regular o malo.

La información obtenida se verificó *in situ*. Además, el nivel de vulnerabilidad relacionado con las variables establecidas se compararon en la tabla 2 de calificaciones de vulnerabilidad física.

Tabla 2. Calificación de vulnerabilidad física.

Factor de vulnerabilidad	Variable de vulnerabilidad	Indicadores	Ponderador	Valor de vulnerabilidad
Agua potable-captación	Estado actual	Bueno	1	5
		Regular		5
		Malo		10
	Antigüedad	0 a 25 años	1.5	1
		25 a 50 años		5
		mayor a 50 años		10

Agua potable-conducción		Planificado		1
	Mantenimiento	Esporádico	2	5
		Ninguna		10
		PVC		1
		Hormigón armado		1
	Material de construcción	Asbesto cemento		5
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo	2.5	10
		Antes del Ex IEOS		1
	Estándares de diseño y construcción	Entre el Ex IEOS y la norma local	3	5
		Luego de la norma local		10
		Bueno		1
	Estado actual	Regular	1	5
		Malo		10
		0 a 25 años		1
	Antigüedad	25 a 50 años	1.5	5
		mayor a 50 años		10
		Planificado		1
	Mantenimiento	Esporádico	2.5	5
		Ninguna		10
		PVC		5
	Material de construcción	Hormigón armado	2	1
		Asbesto cemento		5
		Tierra		10
	Antes del Ex IEOS		1	
Estándares de diseño y construcción	Entre el Ex IEOS y la norma local	3	5	
	Luego de la norma local		10	

Agua potable - planta de tratamiento		Bueno		1
	Estado actual	Regular	1	5
		Malo		10
		0 a 25 años		1
	Antigüedad	25 a 50 años	2	5
		mayor a 50 años		10
		Planificado		
	Mantenimiento	Esporádico	1	10
		Ninguna		10
		Hormigón armado		1
	Material de construcción	Asbesto cemento		5
		Mampostería de ladrillo	3	5
		Mampostería de piedra		10
	Estándares de diseño y construcción	Antes del Ex IEOS		1
		Entre el Ex IEOS y la norma local	3	5
Luego de la norma local			10	

Fuente: SNGR y PNUD (2012)

- **Determinación del nivel de vulnerabilidad física de los componentes del SAPG**

La determinación del nivel de vulnerabilidad física de los componentes del SAPG se obtuvo en primera instancia a partir de la multiplicación entre el valor de la amenaza deslizamiento y el ponderador. Finalmente el valor total o la sumatoria final se comparó en la tabla 3 de nivel de vulnerabilidad.

Tabla 3. Rangos y niveles de vulnerabilidad física.

Rangos	Nivel de vulnerabilidad
0 a 25	Baja
26 a 75	Media
más de 76	Alta

Fuente: SNGR y PNUD (2012)

3.2.4. Metodología para el análisis de vulnerabilidad funcional del sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos

El análisis de vulnerabilidad funcional del sistema de agua potable Guaraczapas consistió en lo siguiente:

- **Determinación del análisis de vulnerabilidad funcional del SAPG**

Para determinar el análisis de vulnerabilidad funcional del SAPG se utilizó las entrevistas estructuradas y no estructuradas (Anexo A: 2 y 3). Las preguntas se elaboraron para generar información sobre las variables de vulnerabilidad funcional (dependencia de elementos externos, alternativas de funcionamiento y capacidad de control).

a) Dependencia a los elementos externos

- Conocer la cobertura que tiene la empresa en la ciudad. Esto permite obtener el porcentaje de viviendas o habitantes que tienen y no tienen acceso al agua potable.
- Identificar los elementos externos de los que depende el sistema de agua potable garantiza el normal funcionamiento. Por ejemplo pueden ser insumos químicos utilizados para el tratamiento del agua como cloro gas, sulfato de cobre, floculantes, entre otros, la energía eléctrica para el funcionamiento de equipos y máquinas como aireadores, bombas, electro válvulas, entre otras, combustible, entre otros.

b) Alternativas de funcionamiento

- Realizar un inventario de todos los equipos indispensables para el buen funcionamiento en cada uno de los elemento del sistema de agua potable.
- Determinar que equipos indispensables pueden ser remplazados; en caso de ruptura, desgaste, avería, destrucción, entre otras.

c) Capacidad de control

- Identificar los mecanismos existentes de alerta y alarmas que se disponen para detectar irregularidades en el funcionamiento del sistema. Una vez detectados las

irregularidades se establece si el contingente humano, técnico y económico disponible es suficiente y está capacitado para atender o cubrir los impactos generados.

- Identificar el nivel de acceso a los sitios en donde existe las irregularidades porque permite dar una respuesta rápida ante fallos en el sistema.

La información obtenida se verificó *in situ*. Además, el nivel de vulnerabilidad relacionado con las variables establecidas se compararon en la tabla 4 de calificación de vulnerabilidad funcional.

Tabla 4. Calificación de vulnerabilidad funcional.

Factor de vulnerabilidad	Variables de vulnerabilidad	Indicadores	Vulnerabilidad funcional	Valor de vulnerabilidad
Agua potable	Cobertura de servicios	> 80%	Baja	1
		50 al 80%	Moderada	2
		< 50%	Alta	3
		Sin servicio	NA	4
	Dependencia	Sin dependencia	Baja	1
		Con dependencia	Alta	2
	Redundancia	Más de una	Baja	1
		Una	Moderada	2
		Ninguna	Alta	3
	Capacidad de intervención	Personal calificado y equipamiento	Baja	1
		Personal calificado sin equipamiento	Moderada	2
		Sin personal ni equipamiento	Alta	3

Fuente: SNGR y PNUD (2012)

- **Determinación del nivel de vulnerabilidad funcional del SAPG**

La determinación del nivel de vulnerabilidad funcional del SAPG se obtuvo a partir de la sumatoria de los valores obtenidos de cada una de las variables de la tabla de calificación de vulnerabilidad funcional y mediante su posterior comparación en la tabla de rangos y niveles de vulnerabilidad funcional, que se presenta a continuación (Tabla 5).

Tabla 5. Rangos y niveles de vulnerabilidad funcional.

Rangos	Nivel de vulnerabilidad
4 al 6	Baja
7 al 9	Moderada
10 al 12	Alta

Fuente: SNGR y PNUD (2012)

3.2.5. Propuesta de un plan de contingencia para el sistema de agua potable Guaraczapas

La elaboración de la propuesta de un plan de contingencia para el sistema de agua potable Guaraczapas ante eventos de deslizamientos se realizó posterior a los resultados del análisis de vulnerabilidad físico funcional del sistema mencionado, que incluye los tres componentes: captación, planta de tratamiento y la línea de conducción principal, que a su vez incluye los tanques de reserva y los tanques rompe presiones.

El plan de contingencia fue realizado a partir de las debilidades físicas y funcionales detectadas o identificadas en el sistema de agua potable Guaraczapas; es decir las variables físicas y funcionales que presentaron los valores de vulnerabilidad bajos en la tabla de calificaciones. Esta propuesta contiene: presentación del plan de contingencias, objetivos, programas y la matriz que contiene los programas. La matriz a su vez contienen: objetivo, responsables, componente, nombre del sector, tipo de debilidad, medida y/o actividad propuesta, indicador, medio de verificación, y presupuesto anual; para cada componente.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se demuestran los resultados obtenidos durante el estudio. Además, conjuntamente se presenta la discusión e información aclaratoria del desarrollo de los objetivos específicos planteados.

4.1. Caracterización general del área de estudio

La caracterización del área de estudio consistió en la descripción de los componentes físico y social más relevantes del área en donde se sitúa el sistema de agua potable Guaraczapas, con la finalidad de conocer la situación del territorio. La información corresponde a fuentes primarias y secundarias del cantón Ibarra, obtenidas mediante la revisión bibliográfica, como se presenta a continuación:

- **Ubicación geográfica**

Según Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Ibarra (PDOT Ibarra, 2015), el cantón Ibarra se encuentra localizado en la región norte del Ecuador, provincia de Imbabura. Limita al norte con la provincia del Carchi, al sur con la provincia de Pichincha, al este con el cantón Pimampiro, y al oeste con los cantones Urcuquí, Antonio Ante y Otavalo (Figura 1).

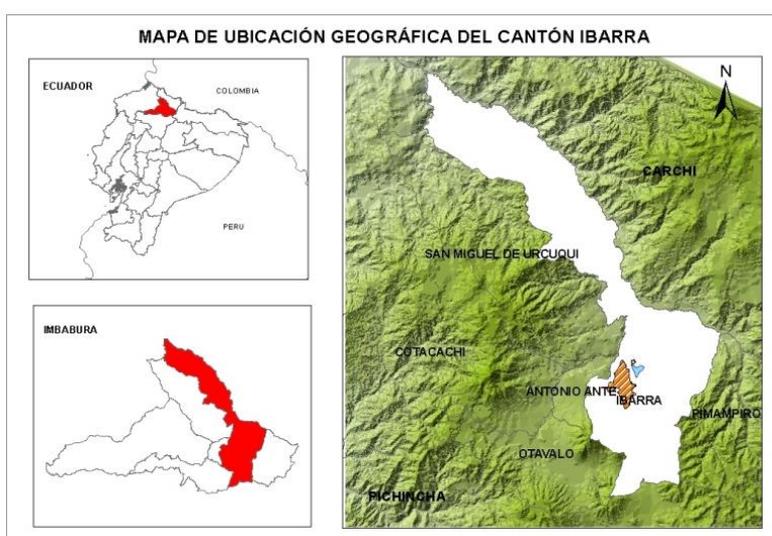


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del Sistema de Agua Potable Guaraczapas.

Elaboración: propia

- **División política parroquial**

El cantón Ibarra cuenta con una superficie de 1162,22 km², y está conformado por doce parroquias, cinco urbanas y siete rurales. Las parroquias urbanas son: San Francisco, El Sagrario, Caranqui, Alpachaca, y Priorato; mientras que las rurales son San Antonio, La Esperanza, Angochagua, Ambuquí, Salinas, La Carolina y Lita (PDOT Ibarra, 2015).

- **Pendiente**

El terreno del cantón es bastante irregular iniciando con terrenos casi planos como el de Salinas e Ibarra, con pendientes fuertes característico de la Carolina, la parte alta del cerro Imbabura, las estribaciones occidentales del macizo de Angochagua que va desde Angochagua hasta el sector de Yuracruz, además la vertiente Norte por el sector de Cochapamba. En la tabla 6, se presenta el área que ocupa la pendiente del terreno del cantón (PDOT Ibarra, 2015).

Tabla 6. Área que ocupa la pendiente del cantón.

Área (Ha)	Pendiente (%)
30617	5-12
22500	12-25
28423	25-50
24296	50-70
8507	> 70

Fuente: PDOT Ibarra (2015).

- **Hidrografía**

En el cantón Ibarra existen dos principales subcuencas, la del río Chorlaví y del río Tahuando. Las microcuencas que integran al río Tahuando son La Rinconada, Cucho Torres, Curiacu, Pungu Huayco y varios drenajes menores; mientras que aquellas que forman parte del río Chorlaví son drenajes menores de quebradas. Además, se puede evidenciar la existencia de tres tipos de ríos, los principales como el río Mira, río Lita y el río Chota, que tienen mayor caudal, y que establecen los límites del cantón; los secundarios como el río Ambi, Cachaco, Parambas, Collapí, San Pedro, San Jerónimo, Salado, Amarillo, Palacara, Pigunchuela y río Verde, característicos por tener menor caudal; y finalmente los terciarios como el río Tahuando, Chorlaví, Curiacu, Cascajal,

Verde Chico, y Ajaví, que son considerados afluentes de los ríos secundarios. El sistema lacustre como la laguna de Yahuarcocha, lagunas de Cubilche, aunque este último solo se forma en época de lluvia, también forman parte de la hidrografía del cantón Ibarra (Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Ibarra [PDOT Ibarra], 2015-2023).

La parroquia de Angochagua dónde se encuentra ubicado el sistema de agua potable Guaraczapas (área de captación, planta de tratamiento Guaraczapas y parte de la línea de conducción principal), forma parte de la microcuenca del río Tahuando (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Angochagua [PDOT Angochagua], 2010).

- **Uso actual del suelo**

El uso actual del suelo que se da en el cantón según sus características propias corresponden a unidades como: bosques, áreas erosionadas, cultivos de pasto, matorrales, páramos, zonas urbanas, entre otros. Las áreas de cultivo ocupan la mayor cantidad de superficie con 28707 Ha aproximadamente, que se distribuyen en las parroquias de Angochagua, La Esperanza, San Antonio, Salinas y también en las parroquias rurales de Caranqui, San Francisco y Sagrario; seguido por los bosques con 26900 Ha, localizadas en Lita y La Carolina; las áreas de pastizales y de cobertura arbustiva ocupan 25987 y 9946 Ha respectivamente. Las áreas de pastizales se encuentran en Lita, La Carolina y partes altas de Ambuquí, Sagrario y San Francisco; mientras que el área de cobertura arbustiva se encuentra en todo el cantón (PDOT Ibarra, 2015)

- **Clima**

El cantón Ibarra tiene una variedad de microclimas que van desde el frío andino en la zona de Angochagua, hasta el tropical seco del valle del Chota, que trasciende por el cálido húmedo de la zona de Lita y La Carolina. La temperatura media es de 15.9 °C, la máxima media entre los 20 y 25 °C y una mínima media entre los 7 y 11 °C. Los vientos promedios máximos y mínimos son de 7 m/s y 3.5 m/s respectivamente. Las precipitaciones están entre los 1000 mm y 1400 mm (PET, 2001)

- **Demografía**

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010), el cantón Ibarra tiene un total de 181175 habitantes. Entre los cuales 93389 son mujeres y 87786 son hombres. En la tabla 7, se detalla el número de habitantes del cantón por parroquias.

Tabla 7. Número de habitantes del cantón Ibarra por parroquias.

Parroquias	Sexo	Año 2010	Total
Ibarra	Hombres	67115	139721
	Mujeres	72556	
Angochagua	Hombres	1510	3263
	Mujeres	1753	
La Carolina	Hombres	1448	2739
	Mujeres	1291	
La Esperanza	Hombres	3686	7363
	Mujeres	3677	
Ambuquí	Hombres	2707	5477
	Mujeres	2770	
Lita	Hombres	1788	3349
	Mujeres	1561	
Salinas	Hombres	887	1741
	Mujeres	854	
San Antonio	Hombres	8595	17522
	Mujeres	8927	
Total global			181175

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010 (REDATAM-INEC, 2014). (PDOT Ibarra, 2015)

Cabe mencionar que, del total de número de habitantes (164606) de las parroquias rurales de San Antonio, Ibarra y La Esperanza, los beneficiados por el sistema de agua potable Guaraczapas son 54944 habitantes, correspondiente al 33,38. Los habitantes de las parroquias Angochagua, La Carolina, Ambuquí, Lita y Salinas son abastecidas por otros sistemas como: La Carbonería, La Palestina, La Florida, Sur Oriental, entre otros (Agua No Contabilizada EMAPA-I, 2016).

- **Abastecimiento de agua**

En el cantón Ibarra el abastecimiento del agua para la población se lo realiza a través de la red pública que satisface a 34338 usuarios, pozo a 495, río o vertiente a 2781, carro repartidor a 132, y otros que abastece a 419 usuarios (INEC, 2010). A continuación se presenta estos sistemas de abastecimiento que tienen su origen en las captaciones (Tabla 8).

Tabla 8. Sistemas de abastecimiento de agua.

Sistema	Captación	Tipo
Ibarra	Guaraczapas (11)	Vertiente
	Yuyucocha	Vertiente
	Yuyucocha #1	Pozo profundo
	Yuyucocha #2	Pozo profundo
	Yuyucocha #3	Pozo profundo
	Caranqui	Pozo profundo
San Antonio	La Quinta	Pozo profundo
	San Juan Pocyo	Vertiente
Yahuarcocha	Santa Clara	Pozo profundo
	Santo Domingo	Vertiente
Aloburo Priorato	La Carbonería 1	Vertiente
	La Carbonería 2	Vertiente
	La Carbonería 3	Vertiente
	Santa Martha 1	Quebrada
	Santa Martha 2	Quebrada
	Chica	Quebrada
Sur Oriental	Cachimbuela	Quebrada
	Cerro Imbabura 1	Vertiente
	Cerro Imbabura 2	Vertiente
	El Estanco	Vertiente
	Hcda. La Merced	Vertiente
Salinas	Pucango	Vertiente
	Cueva Santa	Vertiente
	La Tamaya	Canal de riego
	Concejo 1	Vertiente
	Concejo 2	Vertiente

	Cuambo	Vertiente
	Cuajara	Vertiente
Ambuquí	Rancho Chico	Quebrada
Juncal	Juncal	Canal de riego
Carpuela	Carpuela	Canal de riego
Chota	La Portada	Vertiente
	Gualupe	Vertiente
La Carolina	Luz de América	Vertiente
	El Achotal	Quebrada
Lita	Quebrada Honda	Quebrada
Florida La Palestina	La Palestina	Vertiente

Fuente: PDOT Ibarra (2015)

Es importante mencionar que, el sistema de agua potable Guaraczapas no presta el servicio de abastecimiento de agua potable a la parroquia de Angochagua, a pesar de que el sistema de agua potable Guaraczapas (área de captación, planta de tratamiento y parte de la línea de conducción principal) se encuentran ubicados en la parroquia. Sin embargo, existen fuentes como: Chupacorrall, Cono Corral, Cuchimbuela, La Merced, Puncago, Inगतola, Chalvapugio, Santa Martha 1, y Santa Martha 2, que abastecen a la población de la parroquia de Angochagua (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Angochagua [PDOT Angochagua], 2010).

- **Exposición del territorio ante deslizamientos**

Con base a la información presentada por D'Ercole y Trujillo (2003), en el estudio denominado “Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador. Los desastres un reto para el desarrollo”, mencionan que el Ecuador es un territorio expuesto a amenazas naturales de diferentes tipos. En este sentido, la superficie que está expuesta a los deslizamientos a diferentes niveles desde bajo hasta muy altos es de 92350 km², es decir el 30% del territorio nacional (Figura 2).

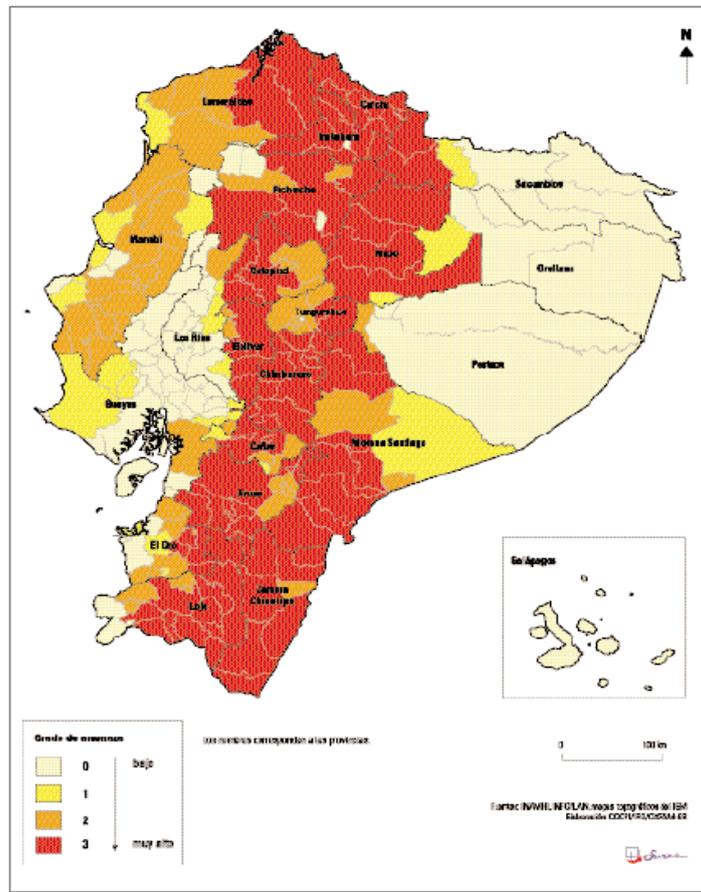


Figura 2. Mapa de nivel de amenaza de deslizamiento por cantón en el Ecuador.

Fuente: INAMHI, INFOPLAN, mapas topográficas del IGM

A partir de la información proporcionada del mapa del nivel de amenaza de deslizamientos por cantón en el Ecuador (escala: 1/100.000), aunque sea difícil establecer un diagnóstico más exacto; se observa que la mayor parte del territorio del cantón Ibarra está expuesto ante la amenaza de deslizamientos a nivel muy alto. Bajo este contexto, el estudio realizado por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (SNGR y PNUD, 2013), detalla a un nivel más particular aquellos elementos esenciales, específicamente 47 que tienen vulnerabilidad alta ante deslizamientos, erupciones volcánicas, entre otros; elementos esenciales que incluye el presente tema de estudio.

Una vez, entendido que el territorio del cantón está expuesto ante la amenaza de deslizamientos, mediante el análisis de la cartografía proporcionada por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos del cantón Ibarra (SGNR Ibarra, 2016), se identificaron a nivel local, cuatro escenarios o niveles de susceptibilidad a movimientos de masa,

que van desde baja hasta alta (Figura 3). Entendiéndose lo que Ayala (2000), establece: los deslizamientos, caídas o desprendimientos, vuelcos o desplomes, expansiones laterales, flujos, y movimientos complejos son clasificaciones de la remoción o movimiento de masa según el tipo de movimiento. Por tal fundamento que es confiable y aplicable a nivel internacional se considera las áreas de susceptibilidad a movimientos de masa como áreas de deslizamientos.

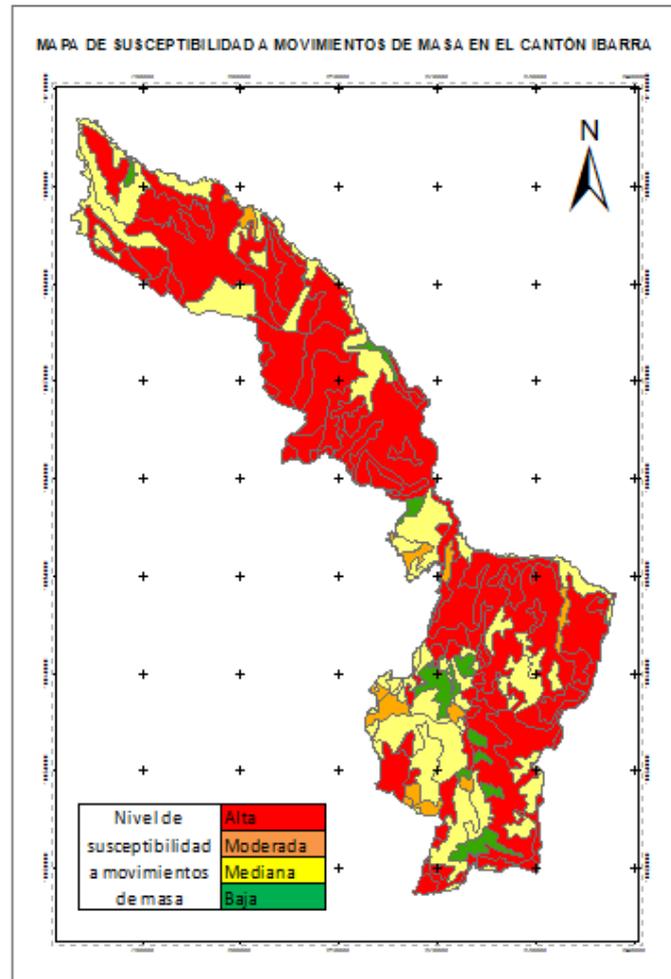


Figura 3. Mapa de susceptibilidad a movimientos de masa en el cantón Ibarra.

Fuente: SNGR (2016)

- **Exposición del sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos**

La EMAPA-I, específicamente la Unidad de Agua No Contabilizada genera la base de datos sobre cada uno de los sistemas de agua potable del cantón Ibarra, base de datos relacionada a las conexiones, usuarios, monitoreo de caudal, actualización de la cartografía de los sistemas de agua, entre otras.

La exposición del sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos, se determinó mediante la sobreposición de este sistema sobre el mapa de susceptibilidad a movimientos de masa (Figura 4), que una vez analizada estos productos se estableció que el componente captación se encuentra en una zona de mediana susceptibilidad, la línea de conducción con sus respectivos tanques de reservas y tanques rompe presiones están inmersas dentro de las zonas de baja, mediana, moderada y alta susceptibilidad, y la planta de tratamiento Guaraczapas en una zona de mediana susceptibilidad a movimientos de masa.

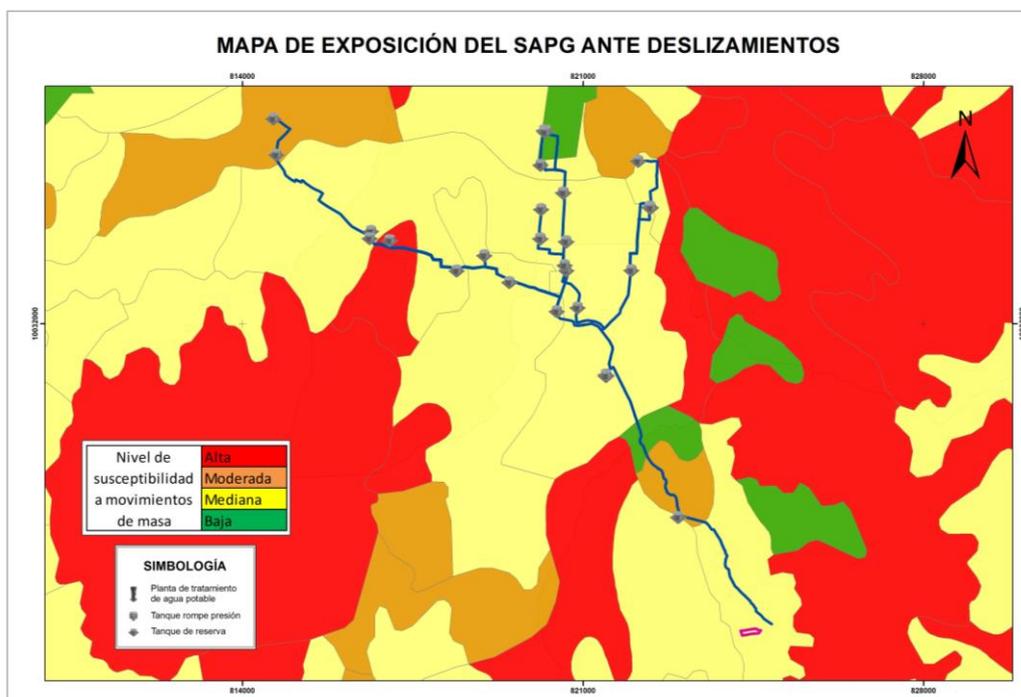


Figura 4. Mapa de exposición del SAPG ante deslizamientos.

Fuente: Laboratorio de Geomática, UTN

- **Historia de la concesión de las fuentes de agua Guaraczapas**

En el año de 1969, la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA, realizó la captación de las once vertientes para el abastecimiento del agua potable a todos los sectores del cantón y principalmente a la ciudad de Ibarra. Antes de las obras de captación y almacenamiento; estas aguas discurrían por la quebrada Yanajaca. El 8 de diciembre de 1986, el Gerente de la EMAPA, solicitó al Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos en la agencia Ibarra, la concesión de aprovechamiento de las

vertientes de Guaraczapas para el servicio del cantón Ibarra. Al encontrarse haciendo uso de este recurso la finalidad de la gestión fue para legalizar tal uso.

De acuerdo a las consideraciones presentadas la Agencia concede a la EMAPA el derecho de aprovechamiento de las aguas que nacen en las vertientes de Guaraczapas para agua potable de Ibarra por tiempo indefinido quedando legalizado en la ciudad de Ibarra el 1 de septiembre de 2003 (Expediente Nro. 1-85-2279 (n), 1986).

4.2. Caracterización del sistema de agua potable

El sistema de agua potable de Guaraczapas se encuentra ubicada en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Los cuatro elementos o componentes principales de este sistema como son: el área de captación Guaraczapas, la planta de tratamiento Guaraczapas, la línea de conducción, y distribución; atraviesan las parroquias rurales y urbanas del cantón; siendo así la captación, la planta de tratamiento, y una parte de la línea de conducción y distribución que se localizan en la parroquia rural de Angochagua, y otra parte de la línea de conducción y distribución que se sitúan en la parroquia rural de La Esperanza, San Antonio y en las parroquias rurales del cantón (Figura 5).

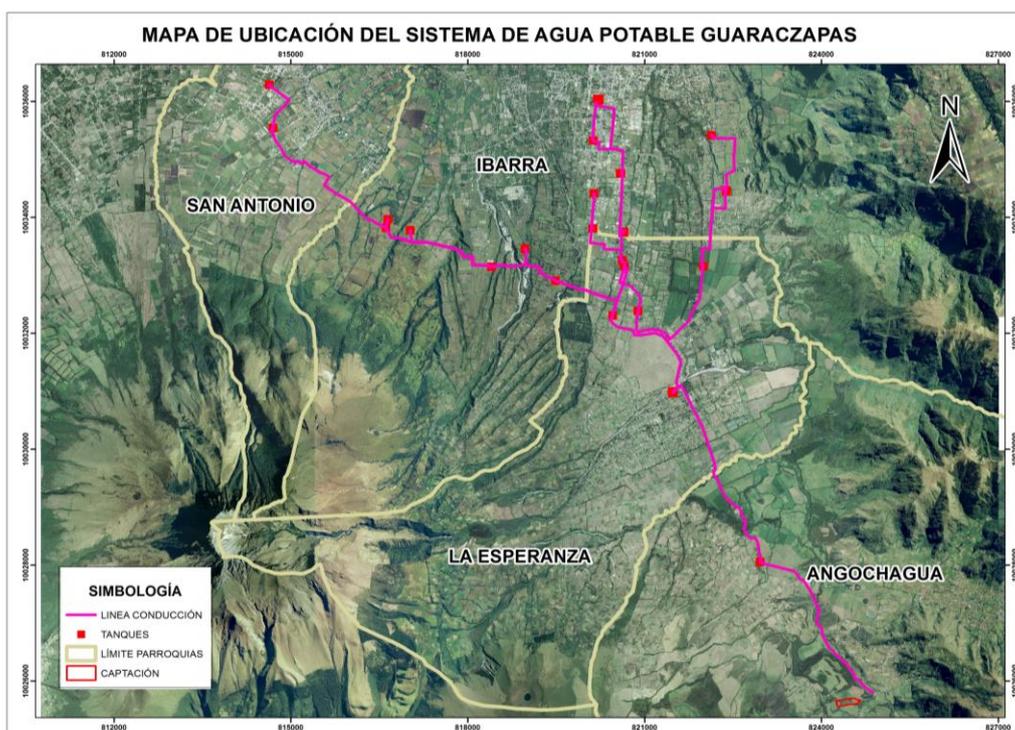


Figura 5. Mapa de ubicación del SAPG.

Elaboración: propia

4.2.1. Área de captación Guaraczapas

Las aguas de las vertientes de Guaraczapas forman parte de la cuenca del río Mira, subcuenca del río Mira y microcuenca del río Tahuando. Se encuentra a una altitud de 2800 msnm, en la parroquia de Angochagua, cantón Ibarra, específicamente en la hacienda La Magdalena a dos kilómetros al norte de la hacienda Zuleta. Cuenta con un caudal de 158 l/s provenientes de once fuentes o manantiales (Expediente Nro. 1-85-2279 (n), 1986).

- **Superficie del área de captación**

La superficie total del área de captación es de 34986,8 m², valor obtenido mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG). Esta área colinda al norte con la vía de segundo orden (empedrado) y zonas de cultivo, al sur, al este y al oeste con zonas de cultivo (pasto, bosque) (Figura 6).

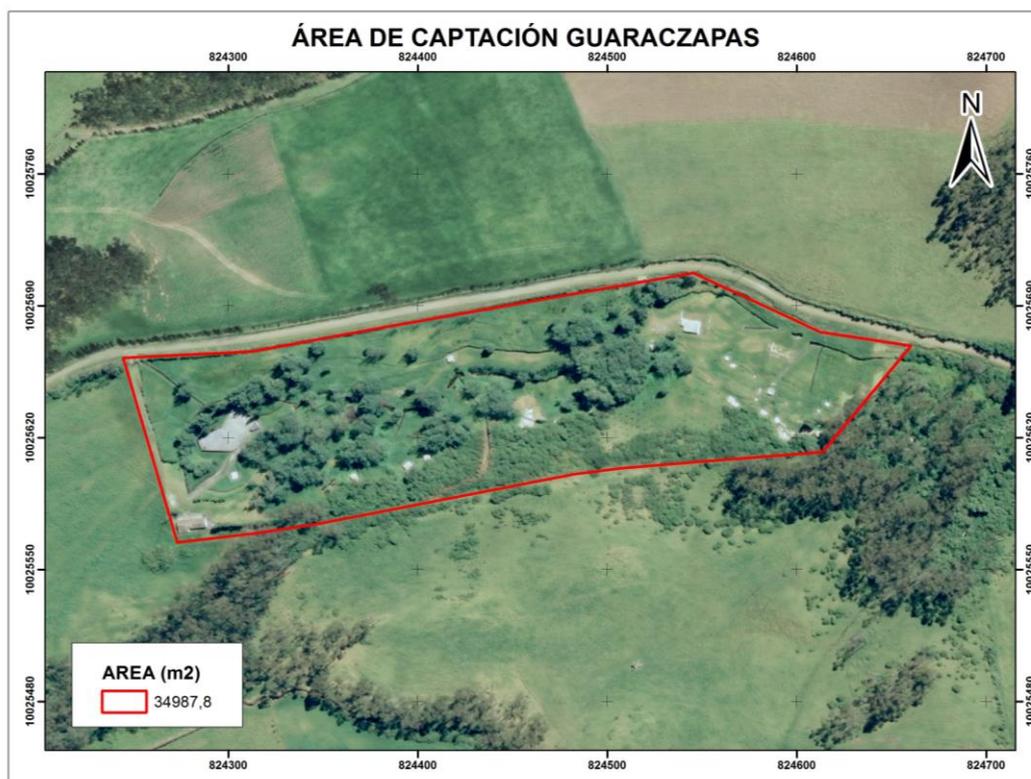


Figura 6. Área de captación Guaraczapas.

Elaboración: propia

- **Vías de acceso**

El acceso al área de captación es posible gracias a dos tipos de vías: el de primer orden (asfalto) que se encuentra en óptimas condiciones e inicia en el puente de Rumipamba y llega hasta el cantón Cayambe y el de segundo orden (empedrado) de estado regular e inicia en el desvío que va a Angochagua, pasa por la planta de tratamiento Guaraczapas y el área de captación Guaraczapas para finalmente interconectarse con la vía principal de primer orden (Figura 7). Además, estas vías de acceso son las arterias por las cuales el personal de la EMAPA-I transporta los materiales e insumos hacia los dos componentes, por lo que el mantenimiento de estas vías son consideradas muy importantes.



Figura 7. Mapa de las vías de acceso al área de captación.

Elaboración: propia

El área de captación está formada principalmente por:

Vertientes.- existen once vertientes que sumados dan como resultado un caudal de 158 l/s. Las obras de captación son de hormigón armado y están constituidas de una cámara

(protección de afloramientos). Además, disponen de accesorios básicos e indispensables para su correcto funcionamiento y control como los siguientes: cernidero en el ingreso de la tubería de salida a la conducción, vertedero de excesos o una tubería de desborde al nivel de los afloramientos, sistema de desagüe, tapa metálica para la revisión y mantenimiento, entre otros; según lo dispone las normas para el estudios y diseños de sistema de agua potable. Cabe mencionar que en cada una de las vertientes existen rótulos que brindan una información general (Figura 8).



Figura 8. Obras de captación.

Tanques recolectores.- Existen ocho tanques recolectores y un tanque recolector general. El agua que llega a los tanques recolectores se almacena en el tanque recolector general que a su vez es transportada a la Planta de Tratamiento de Guaraczapas. La estructura general de los tanques es de hormigón cicropio (piedra), hormigón armado (hierro, varillas y acero) y el techo de eternit (Figura 9).



Figura 9. Estructura externa del tanque recolector.

Canales.- Construidos de hormigón armado, que permiten la conducción o evacuación de aguas superficiales y aquellas provenientes del mantenimiento de las obras de captación, hacia los desagües naturales (Figura 10).



Figura 10. Canales artificiales.

Senderos.- Se puede presenciar dos tipos: artificial construidas de hormigón y naturales. Permiten el acceso hacia las vertientes y tanques recolectores (Figura 11).

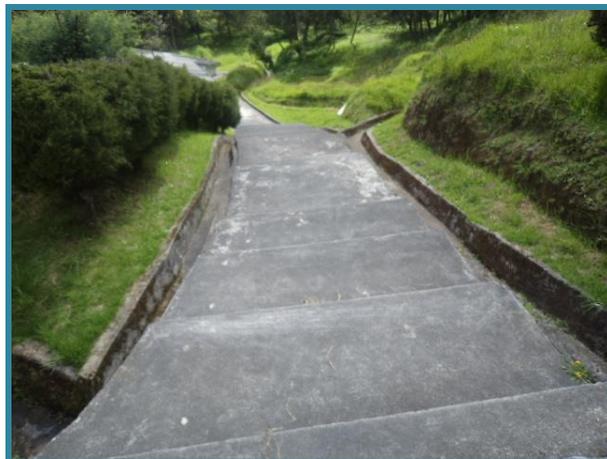


Figura 11. Senderos artificiales.

Conexiones.- Se pueden dividir en dos secciones: las que conducen el agua desde las vertientes hasta los tanques recolectores y las que conducen desde los tanques recolectores hasta el tanque recolector general (Anexo B: 1). Los materiales de estas conexiones al principio fueron de asbesto cemento que mediante un proyecto de Japón denominado “Proyecto para el mejoramiento del sistema de agua potable para el cantón Ibarra en la República del Ecuador” fueron cambiadas por PVC en el año 2007

(cartografía EMAPA-I, 2015) (entrevista estructurada, 2016). Las características de las conexiones se detallan a continuación (Tabla 9).

Tabla 9. Características de las conexiones.

Conexión		Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Desde	Hasta			
V1A	TR7	Tubería PVC	75	57
TR7	TRG	Tubería PVC	100	23,60
V5	TR8	Tubería PVC	100	13
TR8	TR5	Tubería PVC	200	64,50
V6	TR8	Tubería PVC	100	10
V1	V2	Tubería PVC	100	5,30
V2	TR6	Tubería PVC	100	39,50
TR6	TR5	Tubería PVC	100	47,70
V4	V3	Tubería PVC	100	3
V3	TR6	Tubería PVC	100	34,70
TR5	TRG	Tubería PVC	200	18
V7	TR4	Tubería PVC	100	20
TR4	TRG	Tubería PVC	200	57,50
V8A	TR2	Tubería PVC	300	48
V9A	TR2	Tubería PVC	50	52,30
V3A	TR3	Tubería PVC	50	35,81
TR3	TR2	Tubería PVC	50	29,30
V8	TR2	Tubería PVC	100	59
V9	TR2	Tubería PVC	150	78,40
V10	TR1	Tubería PVC	50	18,50
TR1	TR2	Tubería PVC	250	126,20
TR2	TRG	Tubería HD	400	123
TRG	PTG	Tubería HD	400	450

Fuente: Cartografía del SAPG (2015)

V: vertiente
TR: tanque recolector
TRG: tanque recolector general
PVC: policloruro de vinilo
HD: hierro dúctil
PTG: planta de tratamiento Guaraczapas

4.2.2. Planta de tratamiento Guaraczapas

El agua proveniente de las vertientes de Guaraczapas llega a la planta de tratamiento del mismo nombre, específicamente al aireador (Figura 12) en dónde el agua se precipita en forma de chorros. La finalidad es la eliminación de gases y sustancias volátiles para mejorar el olor y sabor. El aireador está formado por 80 bandejas de 4m², construido de hormigón armado. La tubería que proviene de las vertientes y que sale al siguiente tanque es de hierro dúctil de 400 mm de diámetro (EMAPA-I, 2012 y Cartografía Sistema de Agua Potable Guaraczapas EMAPA-I, 2015).



Figura 12. Planta de tratamiento Guaraczapas.

- **Descripción general del proceso de tratamiento**

La desinfección se realiza con cloro gas, a través de dos dosificadores conectados en serie a dos cilindros de 90 kg, al terminarse el cloro gas de un cilindro se acciona a través de una válvula automática el otro cilindro, así se evita la suspensión de cloro gas al agua.

- **Control del proceso**

Los guardianes operadores verifican periódicamente: el buen estado del equipo de cloración (rotámetro se encuentre en el nivel de trabajo), que la banda calefactora esté conectada a la red eléctrica y funcionando, que el equipo hidroneumático funcione correctamente y que no exista fugas de cloro gas.

- **Desinfección automática y manual**

La dosis de cloro gas se determina en función del caudal de entrada y al no disponer de este instrumento en la planta; la dosis es determinado en el laboratorio para condiciones normales de trabajo de 0.5 kg/hora, que se debe mantener entre 0.5 a 0.7 ppm. Esto asegura la correcta desinfección del agua al salir de la planta de tratamiento.

Se dispone de un tanque plástico de 400 l/s ubicado junto al aireador en donde se prepara una solución de cloro, mezclando 12 libras de hipoclorito de calcio en 400 lt de agua. Se regula la válvula de salida del clorador a fin de obtener el caudal necesario de 1.5 l/min para evitar que la dosis suba o baje.

- **Mantenimiento**

Los guardianes son los responsables del mantenimiento del área de la planta de tratamiento Guaraczapas. Es decir, las áreas verdes y todas las instalaciones en general. El lavado y desinfección del aireador lo realizan el lunes de cada semana, el tiempo aproximado que se demoran en realizar esta actividad es de dos horas (Entrevista estructurada, 2016).

4.2.3. Línea de conducción

La línea de conducción Guaraczapas está formada por la línea principal y las secundarias, que están implementadas o enterradas según el tipo de material por tubería de policloruro de vinilo (PVC) y hierro dúctil (HD), y según el diámetro por tuberías desde 63 hasta 400 mm. La línea de conducción principal inicia en la planta de tratamiento Guaraczapas y finaliza en el sector denominado La Cadena, parroquia La Esperanza; la secundaria inicia en el sector de La Cadena y se divide hacia los sectores: San Juan, Santa Rosa, El Tejar, El Retorno, Bellavista, Caranqui, San Cristóbal, Chamanal, 19 de Enero, Turupamba pertenecientes a la parroquia de Ibarra; otra parte de la línea de conducción secundaria va a los sectores de la parroquia de San Antonio, como se presenta a continuación (Tabla 10).

Tabla 10. Características de la línea de conducción.

N° tramo	Desde	Hasta	Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)
1	Planta Guaraczapas	Tanque rompe presión 2	Tubería HD	400	6954,53
2	Tanque rompe presión 2	Inicio de Quebrada Rumipamba	Tubería HD	315	131,62
3	Inicio de Quebrada Rumipamba	Final de Quebrada Rumipamba	Tubería PVC	315	76,68
4	Final de Quebrada Rumipamba	Empate (sector La Cadena)	Tubería HD	315	806,14
5	Empate (sector La Cadena)	Tanque de reserva San Juan	Tubería PVC	200 y 90	1508,81
6	Tanque de reserva San Juan	Tanque de reserva Santa Rosa del Tejar	Tubería PVC	90	1680,04
7	Tanque de reserva San Juan	Tanque de reserva Santa Rosa	Tubería PVC	90	1714,83
8	Tanque de reserva Santa Rosa	Tanque de reserva El Tejar	Tubería PVC	90 y 63	1409,41
9	Empate (sector La Cadena)	Tanque de reserva 2	Tubería PVC	110	983,25
10	Tanque de reserva 2	Tanque de reserva 3	Tubería PVC	110	1110,72
11	Empate (sector La Cadena))	Tanque rompe presión 3	Tubería PVC	250	1221,63
12	Tanque rompe presión 3	Tanque rompe presión 4	Tubería PVC	250	903,77
13	Tanque rompe presión 4	Tanque de reserva El Retorno Alto	Tubería PVC	250	709,09
14	Tanque de reserva El Retorno Alto	Tanque de reserva Retorno Bajo	Tubería PVC	250	1098,57
15	Empate (tanque de reserva Retorno Bajo)	Planta de Caranqui	Tubería PVC	315	1287,15
16	Tanque rompe presión 4	Tanque de reserva Bellavista Alto	Tubería PVC	160	1179,36

17	Tanque de reserva Bellavista Alto	Tanque de reserva Bellavista Bajo	Tubería PVC	160	615,12
18	Tanque de reserva Retorno Bajo	Tanque de reserva General Pintag	Tubería PVC	110	1058,17
19	Tanque de reserva General Pintag	Planta Caranqui	Tubería PVC	110	663,84
20	Tanque rompe presión 3´	Tanque repartidor de caudales	Tubería PVC	160	4705,38
21	Tanque rompe presión 3´	Tanque de reserva San Cristóbal	Tubería PVC	160	1372,33
22	Tanque de reserva San Cristóbal	Tanque de reserva 19 de Enero	Tubería PVC	160	1221,19
23	Empate (tanque rompe presión 3´)	Tanque de reserva Chamanal	Tubería PVC	63	291,97
24	Tanque de reserva 19 de Enero	Tanque repartidor de caudales	Tubería PVC	160	2112,83
25	Empate (tanque rompe presión 3´)	Tanque de reserva Turupamba	Tubería PVC	50	199,76
26	Tanque repartidor de caudales	Tanque de reserva Santo Domingo	Tubería PVC	160	152,19
27	Tanque repartidor de caudales	Tanque de reserva Cipreces	Tubería PVC	160	2987,22
28	Tanque de reserva Cipreces	Tanque de reserva 27 de Noviembre	Tubería PVC	110	1028,69

Fuente: Unidad de agua no contabilizada EMAPA-I (2016)

Además, en la línea de conducción principal y secundaria se encuentran 30 tanques de reservas, 1 tanque repartidor de caudales y 5 tanques rompe presiones, que están ubicados en diferentes sectores rurales y urbanos de las parroquias de Ibarra y San Antonio.

4.2.4. Distribución

La distribución del agua potable para la población del sector rural y urbano del cantón Ibarra, se da a través de los tanques de reserva y la línea de distribución. Las parroquias beneficiadas son: Ibarra, San Antonio y La Esperanza (Figura 13).

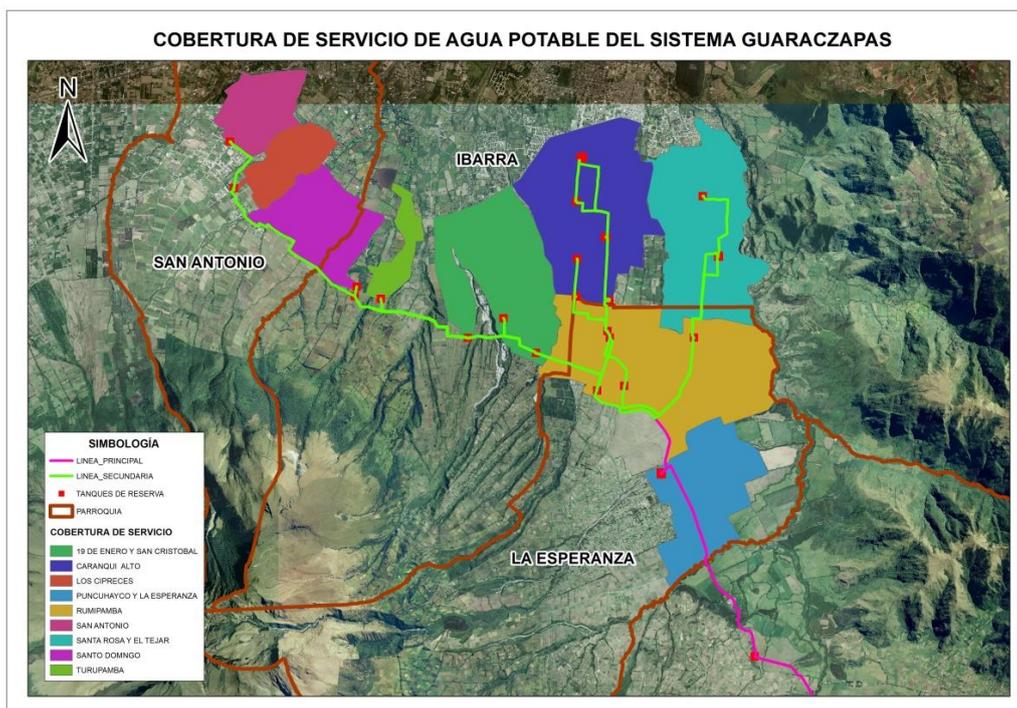


Figura 13. Mapa de cobertura de servicio de agua potable del sistema Guaraczapas.

Elaboración: propia

La cobertura de servicio de agua potable que presta la EMAPA-I a través del sistema Guaraczapas a las parroquias rurales Ibarra, San Antonio y la Esperanza es del 33,38%, valor obtenido a partir de la población total de las tres parroquias que es de 164606 habitantes. La diferencia que corresponde al 66,62% de la cobertura es realizada a través de otros sistemas de agua potable como son: La Carbonería, La Palestina, La Florida, Sur oriental, entre otros. Sin embargo, la cobertura del SAPG a las parroquias es del 100%, valor que corresponde a 54944 habitantes. Esto es debido a que el caudal (158 l/s) proveniente de las vertientes de Guaraczapas no tiene suficiente caudal para abastecer a más habitantes; es decir no hay más agua. Es importante mencionar que la población se obtuvo a través de la multiplicación del número total de clientes que es 14459 por el promedio de personas por hogar que es 3,8 (INEC, 2011-2012) (Tabla 11).

Tabla 11. Población total de las parroquias de Ibarra beneficiada por el SAPG.

Parroquia	Nº de habitantes	Nº de clientes	Nº de personas/hogar
Ibarra	139721	14459	3.8

San Antonio	17522	
La Esperanza	7363	
Total habitantes	164606	54944,2

Fuente: ENIGHUR, 2011-2012, INEC, 2013

Los sectores beneficiados del servicio de agua potable son La Remonta, Rumipamba, Caranquí, entre otros; como se detallan a continuación (Tabla 12).

Tabla 12. Sectores beneficiarios del servicio de agua potable.

Nombre	Sectores
Tanque de reserva Rumipamba (TR # 1)	Tanque de reserva La Remonta, Rumipamba (población)
Tanque de reserva La Remonta	Yaguachi (cuartel La Remonta)
Tanque de reserva General Pintag	Caranqui Central, Avenida Atahualpa, Candelaria, Los Ceibos (calle Hernán Gonzales de Saa)
Tanque de reserva San Juan	San Francisco, Santa Rosa
Tanque de reserva Santa Rosa de El Tejar	Romerillo Alto y Bajo, Primavera, El Rosal Alto y Bajo, Cdla. Consejo Provincial, Las Malvinas
Tanque de reserva El Tejar	El Tejar, La Primavera, El Bosque
Tanque de reserva Bellavista Bajo	Caranqui Central, Guayaquil de Piedras
Tanque de reserva San Cristóbal	Guayaquil Alto, Chamanal, San Cristóbal Bajo
Tanque de reserva Chamanal	Chamanal
Tanque de reserva 19 de Enero	Urbanización 19 de Enero

Fuente: Unidad de agua no contabilizada EMAPA-I (2016)

4.3. Vulnerabilidad física del sistema de agua potable Guaraczapas

A continuación se presenta los resultados obtenidos para el análisis de vulnerabilidad física del sistema de agua potable Guaraczapas, en relación al número de entrevistados, los valores de calificación adquiridos y el nivel de vulnerabilidad final de cada uno de los componentes.

4.3.1. Población entrevistada

Las entrevistas fueron aplicadas *in situ* a seis guardianes operadores y dos técnicos de la EMAPA-I. Los guardianes operadores se encuentran distribuidos estratégicamente en el área de captación, planta de tratamiento y la línea de conducción principal (Tabla 13). En la planta de tratamiento Guaraczapas existen 3 guardianes operadores, quienes desempeñan sus labores en turnos de 24 horas, es decir trabajan 24 y descansan 48 horas, para luego nuevamente incorporarse al turno.

Tabla 13. Distribución de los guardianes operadores.

Componente	Guardián responsable
Captación Guaraczapas	1
Planta de tratamiento Guaraczapas	3
Línea de conducción principal	2

Elaboración: propia

Sin embargo, es importante mencionar que existen 9 guardianes más distribuidos en la línea de conducción secundaria, dando un total de 15 guardianes responsables en todo el sistema Guaraczapas. Todos cumplen las funciones de operación y mantenimiento de cada uno de los componentes (Anexo C: 1). Cabe mencionar que, estos últimos no fueron considerados para las entrevistas, debidos principalmente a su ubicación en la línea de conducción secundaria que no contempla el estudio.

4.3.2. Determinación del análisis de vulnerabilidad física del sistema de agua potable Guaraczapas

Los tres componentes del sistema de agua potable Guaraczapas fueron sometidos al análisis de vulnerabilidad física ante deslizamientos. En las siguientes tablas se calificaron cada una de las variables que permiten obtener el valor final de vulnerabilidad.

- **Captación**

La captación registra un valor final de 20 que se encuentra en el rango de 0 a 25 definiendo el nivel de vulnerabilidad baja. El único problema que se detecta es en la variable antigüedad debido a que las obras de captación fueron construidas en el año de

1969. La captación en general se encuentra en buen estado por el mantenimiento planificado que se realiza (Anexo A: 6, Anexo B: 2), por el tipo de material de construcción que es hormigón armado caracterizado por ser fuerte y resistente; a pesar de que fueron construidas antes de la normativa promulgada por el EX IEOS para la construcción de sistemas de agua potable y alcantarillado, éstas cumplen con los estándares adecuados que garantizan su normal funcionamiento (Tabla 14).

Tabla 14. Calificación de vulnerabilidad física de la captación Guaraczapas.

Captación de agua Guaraczapas				
VARIABLES	INDICADOR	Valor del indicador	Ponderador	Valor final de vulnerabilidad
Estado actual	Bueno	5	1	5
Antigüedad	25 a 50 años	5	1.5	7.5
Mantenimiento	Planificado	1	2	2
Material de construcción	Hormigón armado	1	2.5	2.5
Estándares de diseño y de construcción	Antes del Ex IEOS	1	3	3
Vulnerabilidad baja		Total		20

Elaboración: propia

- **Línea de conducción**

El componente línea de conducción principal está formada por 4 tramos o secciones que conducen el agua potable a los tanques de reserva y tanques rompe presiones. Por ello el análisis de vulnerabilidad física se realizó en cada tramo.

Se encontró que los tramos 1, 2 y 4 registran valores finales de 17,5; que se encuentran en el rango de 0 a 25 definiendo el nivel de vulnerabilidad baja (Tabla 15). Los valores de las variables mantenimiento y material de construcción no se aplican. El primero debido a la característica física (diámetro 400 mm), a la constante circulación del agua potable y porque se encuentran bajo el suelo, y segundo porque el material de construcción es hierro dúctil y en la tabla de calificación de vulnerabilidad no aplica. Mientras que el tramo 3 registra un valor final de 27,5 que se encuentra en el rango de 26 a 75 definiendo el nivel de vulnerabilidad media. Los valores mantenimiento no se

aplica debido a la característica física (diámetros de 63, 90, 110, 160, 250, 315 y 200 mm), a la constante circulación del agua potable y porque se encuentran bajo el suelo. La diferencia de los resultados es debido a que en este tramo el material de construcción es PVC.

El estado general de la línea de conducción principal es buena debido a que se realizó el mejoramiento del sistema en el año 2007 (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, 2005), los materiales de construcción que son el PVC y el hierro dúctil, en el primer caso presentan ventajas como resistencia y durabilidad (al impacto, al aplastamiento, al deterioro ocasionado por factores climáticos, entre otros), facilidad de instalación y mantenimiento, y además por la capacidad de resistir el ataque de agentes químicos, entre otras ventajas. La tubería subterránea de PVC puede estar en servicio por muchas décadas. En Estados Unidos y en Canadá el 95% y 70% respectivamente de las tuberías son instaladas para acueductos municipales y distribución de agua potable (The Vinyl Institute, Inc, 2003), y el segundo caso porque es un material fuerte, fácil de instalar, de muchos años de vida útil, entre otras. Además cumplen con los estándares internacionales de fabricación como el ISO 2531 (CNBM International Corporation).

Tabla 15. Calificación de vulnerabilidad física de los tramos 1, 2, 3 y 4.

Tramo 1(PTG-TRP2)				
Variables	Indicador	Valor del indicador	Ponderador	Valor final de vulnerabilidad
Estado actual	Bueno	1	1	1
Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
Mantenimiento		NA	2,5	0
Material de construcción		NA	2	0
Estándares de diseño y de construcción	Entre el Ex IEOS y la normativa local	5	3	15
Vulnerabilidad baja		Total		17,5
Tramo 2 (TRP2-Inicio de la Quebrada Rumipamba)				

Variables	Indicador	Valor del indicador	Ponderador	Valor final de vulnerabilidad
Estado actual	Bueno	1	1	1
Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
Mantenimiento		NA	2,5	0
Material de construcción		NA	2	0
Estándares de diseño y de construcción	Entre el Ex IEOS y la normativa local	5	3	15
Vulnerabilidad baja		Total		17,5

Tramo 3 (Inicio–Final de la Quebrada Rumipamba)

Variables	Indicador	Valor del indicador	Ponderador	Valor final de vulnerabilidad
Estado actual	Bueno	1	1	1
Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
Mantenimiento		NA	2,5	0
Material de construcción	PVC	5	2	10
Estándares de diseño y de construcción	Entre el Ex IEOS y la normativa local	5	3	15
Vulnerabilidad media		Total		27,5

Tramo 4 (Final de la Quebrada Rumipamba-Empate sector La Cadena)

Variables	Indicador	Valor del indicador	Ponderador	Valor final de vulnerabilidad
Estado actual	Bueno	1	1	1
Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
Mantenimiento		NA	2,5	0
Material de construcción		NA	2	0
Estándares de diseño y de construcción	Entre el Ex IEOS y la normativa	5	3	15

construcción local

**Vulnerabilidad
baja**

Total

17,5

Elaboración: propia

Cabe señalar que en la línea de conducción secundaria existen 24 tramos más que no han sido consideradas en el análisis de vulnerabilidad físico funcional principalmente porque forman parte de una línea de conducción y a la vez de distribución.

- **Tanques rompe presiones y tanques de reserva**

Los 3 tanques rompe presiones y los 3 tanques de reserva también se encuentran formando parte de línea de conducción principal. Por ello, son considerados también en el análisis de vulnerabilidad física.

Los tanques rompe presiones y los tanques de reserva que se encuentran en la línea de conducción principal presentan valores de 26, 30 y 36 definidos en el rango de 25 a 75 como vulnerabilidad media (Tabla 16). Las diferencias entre los valores se dan principalmente por las variables estado actual debido a que se consideran buenos en unos casos y regular en otros; antigüedad por el hecho de que unos tienen una edad de 0 a 25 años y otros de 25 a 50 años; y finalmente por los estándares de diseño y de construcción por la razón de que fueron construidos antes de las normas.

Tabla 16. Calificación de vulnerabilidad física del tanque rompe presión 1.

Nombre	Variables	Indicador	Valor del indicador	Ponderador	Valor final de vulnerabilidad
Tanque rompe presión 1	Estado actual	Bueno	1	1	1
	Antigüedad	0 a 25 años	5	1,5	7,5
	Mantenimiento	Esporádico	5	2,5	12,5
	Material de construcción	Hormigón armado	1	2	2
	Estándares de diseño y de construcción	Antes del Ex IEOS	1	3	3

	Vulnerabilidad media		Total		26
Tanque rompe presión 2'	Estado actual	Regular	5	1	5
	Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
	Mantenimiento	Esporádico	5	2,5	12,5
	Material de construcción	Hormigón armado	1	2	2
	Estándares de diseño y de construcción	Entre el Ex IEOS	5	3	15
	Vulnerabilidad media		Total		36
Tanque rompe presión 2	Estado actual	Regular	5	1	5
	Antigüedad	25 a 50 años	5	1,5	7,5
	Mantenimiento	Esporádico	5	2,5	12,5
	Material de construcción	Hormigón armado	1	2	2
	Estándares de diseño y de construcción	Antes del EX IEOS	1	3	3
	Vulnerabilidad media		Total		30
Tanque de Reserva N° 1 (Rumipamba)	Estado actual	Regular	5	1	5
	Antigüedad	25 a 50 años	5	1,5	7,5
	Mantenimiento	Esporádico	5	2,5	12,5
	Material de construcción	Hormigón armado	1	2	2
	Estándares de diseño y de construcción	Antes del Ex IEOS	1	3	3
	Vulnerabilidad media		Total		30
Tanque de Reserva La	Estado actual	Regular	5	1	5
	Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
	Mantenimiento	Esporádico	5	2,5	12,5

Esperanza 1	Material de construcción	Hormigón armado	1	2	2
	Estándares de diseño y de construcción	Entre el Ex IEOS y la norma local	5	3	15
	Vulnerabilidad media		Total		36
	Estado actual	Regular	5	1	5
	Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
	Mantenimiento	Esporádico	5	2,5	12,5
Tanque de Reserva Yaguachi	Material de construcción	Hormigón armado	1	2	2
	Estándares de diseño y de construcción	Entre el Ex IEOS y la norma local	5	3	15
	Vulnerabilidad media		Total		36

Elaboración: propia

- **Planta de tratamiento Guaraczapas**

La planta de tratamiento Guaraczapas registra un valor final de 21 que se encuentra en el rango de 0 a 25 definiendo el nivel de vulnerabilidad baja (Tabla 17). El estado de la planta es buena, por el mantenimiento planificado que se lleva a cabo (Anexo A: 5), por el tipo de material de construcción que es hormigón armado caracterizado por ser fuerte y resistente; y construidas entre la normativa EX IEOS y la norma local. La planta tiene una edad aproximada de 18 años. El tratamiento del agua según la información del guardián operador es excelente y es considerada la mejor de la provincia de Imbabura (Entrevista estructurada, 2016).

Tabla 17. Calificación de vulnerabilidad física de la Planta de Guaraczapas.

Planta de tratamiento Guaraczapas				
VARIABLES	INDICADOR	Valor del indicador	Ponderador	Valor final de vulnerabilidad
Estado actual	Bueno	1	1	1
Antigüedad	0 a 25 años	1	2	2
Mantenimiento	Planificado	-	1	-
Material de construcción	Hormigón armado	1	3	3
Estándares de diseño y de construcción	Entre el Ex IEOS y la norma local	5	3	15
Vulnerabilidad baja		Total		21

Elaboración: propia

4.4. Vulnerabilidad funcional del sistema de agua potable Guaraczapas

El análisis de vulnerabilidad funcional del sistema Guaraczapas se realizó considerando las siguientes variables: cobertura de servicios, dependencia de elementos externos, equipos indispensables, y capacidad de intervención.

La cobertura de servicio de agua potable que presta la EMAPA-I a través del sistema Guaraczapas a las parroquias de Ibarra, San Antonio y La Esperanza es del 33,38%; siendo cubierto la diferencia por otros sistemas ya mencionados en la sección de la distribución del agua potable. Pese a ello, la cobertura del SAPG a las parroquias es del 100%.

El área de captación no presentó dependencia a elementos externos debido a que la captación y recolección se da por la fuerza de la gravedad, ni de equipos indispensables ya que la estructura física no necesita manipulación para su operación. La capacidad de control es suficiente mediante un guardián operador quién a su vez se encarga de la revisión de las vertientes, operación y mantenimiento de las obras de captación y tanques recolectores. Las vías de acceso son buenas facilitando la rápida respuesta ante cualquier eventualidad.

La planta de tratamiento Guaraczapas presentó dependencias de elementos externos como cloro gas, cloro granulado y energía eléctrica, indispensables para el proceso de tratamiento (Anexo B: 3 y 4). La sustitución del cloro gas es mediante el transporte desde la bodega de EMAPA-I hasta la planta de tratamiento. Durante este intervalo de tiempo o algún corte de energía eléctrica se procede al proceso manual. El reducido espacio existente en el cuarto de cloración automática y en la casa del guardián operador no permite almacenar el cloro gas (Anexo B: 5 y 6).

Los equipos indispensables para el normal funcionamiento como válvulas, dosificador, manguera, cilindro (Anexo B: 7, 8, 9 y 10) no presentan remplazos inmediatos; solamente la bomba de succión (Anexo B: 11) es sometida a mantenimiento, para el resto de equipos es necesario comunicar al jefe inmediato en caso de alguna irregularidad. A pesar de ello, los guardianes operadores permanecen en constante comunicación a través de la radio y línea convencional, y realizan revisiones controladas.

4.4.1. Determinación del análisis de vulnerabilidad funcional del sistema de agua potable Guaraczapas

Con base al fundamento anterior se realizó la determinación del análisis de vulnerabilidad funcional. El sistema de agua potable Guaraczapas registra un valor final de 7 que se encuentra en el rango de 7 a 9 definiendo el nivel de vulnerabilidad moderada (Tabla 18). El problema radica principalmente en las variables dependencia a elementos externos y la redundancia. En el primer caso, dependencia de la energía eléctrica, cloro gas, bombas, válvulas, entre otros; y en el segundo debido a que no existen remplazos inmediatos si los equipos llegaran a fallar o se agoten los insumos químicos esenciales para el proceso de cloración. La respuesta rápida para solucionar ambas variables es implementar un espacio suficientemente grande con las condiciones necesarias para que no se deterioren los insumos, equipos, entre otros; y la seguridad que brinde protección tanto a la instalación como al guardián operador (Entrevista estructurada, 2016).

Tabla 18. Calificación de vulnerabilidad funcional.

Variables	Indicadores	Vulnerabilidad funcional	Valor final de vulnerabilidad
Cobertura de servicios	> 80%	Baja	1
Dependencia	Con dependencia	Alta	2
Redundancia	Ninguna	Alta	3
Capacidad de intervención	Personal calificado y equipamiento	Baja	1
Vulnerabilidad moderada		Total	7

Elaboración: propia

4.5. Propuesta de un plan de contingencia para el sistema de agua potable Guaraczapas

Cabe notar que, la EMAPA-I con el fin de asegurar la provisión del servicio de agua potable a la población ha realizado la legalización para el aprovechamiento de 158 l/s, de las aguas que afloran en las vertientes de Guaraczapas. Ésta concesión se lo ha hecho por tiempo indefinido y dada su finalidad no existe pago de tasa alguna. Además, en lo que respecta al manejo de la microcuenca del río Tahuando y donde se encuentran los tres componentes del SAPG, ha realizado la reforestación de una superficie total de 6 hectáreas en la zona del volcán Imbabura, mediante especies nativas principalmente el Yagual (*Polylepis incana Kunth*) y el Aliso (*Alnus glutinosa*) (Entrevistas, 2016). La continuidad de las gestiones que se realicen sobre el manejo de esta microcuenca es responsabilidad de la EMAPA-I, y que en el presente estudio no se considera.

4.5.1. Presentación del plan de contingencia

La elaboración del análisis de vulnerabilidad físico funcional del sistema de agua potable Guaraczapas, ha permitido entender la dinámica de operación y mantenimiento del sistema, y observar las posibles debilidades físicas funcionales que pueden

ocasionar la paralización del servicio; causada por algún evento natural, específicamente deslizamientos.

La presente propuesta permitirá el fortalecimiento de las actividades que tengan debilidades pero que a pesar de ello se vienen realizando; y también la implementación de nuevas actividades que mediante la intervención eficaz, acción correctiva y/o respuesta rápida por parte de los responsables garantizará el normal funcionamiento de este sistema.

4.5.2. Objetivos del plan de contingencias

Objetivo general del plan de contingencias

Disponer de un plan de contingencia para el sistema de agua potable Guaraczapas que permita corregir, mitigar o minimizar las debilidades físicas y funcionales detectadas en el presente estudio.

Objetivos específicos del plan de contingencias

- Desarrollar medidas y/o actividades para las debilidades físicas y funcionales detectadas en el sistema de agua potable Guaraczapas.
- Socializar el plan de contingencia a los responsables técnicos y guardianes operadores) del sistema de agua potable Guaraczapas.
- Ejecutar las medidas y/o actividades desarrolladas para las debilidades físicas y funcionales detectadas en el sistema de agua potable Guaraczapas.

4.5.3. Programas del plan de contingencia

El plan de contingencias contiene dos principales programas encaminadas a la corrección, mitigación o minimización de las debilidades físicas y funcionales detectadas en el sistema de agua potable Guaraczapas. El programa de mantenimiento, y el de comunicación y capacitación.

El primer programa abarca el mantenimiento a las obras de captación, tanques recolectores, tanque rompe presiones, áreas verdes, entre otros; en la captación, planta

de tratamiento, y línea de conducción principal a fin de mantener las estructuras físicas en buenas condiciones. Además, el registro de las actividades que se realizan en la captación (entrega de insumos, visitas, entre otros), registro de información de las matrices de control (control de contenedores de cloro gas, registro de lavado y desinfección de aireadores, control de macromedición, registro de visitas, entre otros), en la planta de tratamiento; cuya finalidad es que puedan ser evaluados por los técnicos cuando se lo requiera.

El último programa incluye la continuidad del uso de los mecanismos de alerta (radios de comunicación, teléfono, entre otros) que permitan la comunicación entre los guardianes operadores y los jefes inmediatos en caso de alguna irregularidad, las capacitaciones que se deben realizar a los guardianes ubicados en los componentes en temas sobre primeros auxilios, manejo de extintores, riesgos naturales, entre otros; y finalmente la ejecución de simulacros sobre fugas de cloro gas en la planta de tratamiento. La finalidad es que el personal tenga los conocimientos necesarios para responder adecuadamente ante cualquier tipo de eventualidades.

A continuación se presenta la matriz del plan de contingencia, contiene los programas, objetivo, responsables. Además, el componente, nombre del sector, tipo de debilidad, medida y/o actividad propuesta, indicador, medio de verificación, y presupuesto aproximado, para cada componente del sistema:

4.5.4. Matriz del plan de contingencia

Programa de Mantenimiento						
Objetivos del programa de mantenimiento:	Proteger el estado de la infraestructura de las obras civiles del área de captación y planta de tratamiento. Garantizar el registro de las actividades que se realizan en el área de captación y planta de tratamiento. Garantizar la movilización y acceso rápido de los vehículos y personal, al área de captación y planta de tratamiento. Garantizar el equipamiento de equipos e insumos químicos en la planta de tratamiento con la finalidad de reemplazarlos en el momento que se agoten y/o deterioren. Mantener la continua cloración del agua en la planta de tratamiento. Reponer inmediatamente posibles rupturas de tuberías en la línea principal Guaraczapas para evitar posible suspensión o corte de servicio de abastecimiento de agua potable.					
Responsable:	Guardián operador, EMAPA-I.					
Componente	Nombre del sector	Tipo de debilidad	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Captación	Guaraczapas	Física	Continuar con el mantenimiento ordenado y periódico de las obras de captación y tanques recolectores a fin de mantener las obras civiles en buenas condiciones (dos veces al año).	N° de mantenimientos realizados/año	Registro de mantenimiento	439.04
		Física	Continuar con el mantenimiento ordenado y periódico de las áreas verdes, canales, y senderos (una vez al año)	N° de mantenimientos realizados/año	Registro de mantenimiento	1 100.00
		Funcional	Continuar realizando la entrega de la bitácora al guardián para el registro de las actividades realizadas (mantenimiento de obras de captación, tanques	N° de bitácoras entregados/año	Bitácora entregada	40.00

			recolectores, áreas verdes, canales, senderos, vistas, entre otros) en el área de captación (una vez al año).			
		Funcional	Gestionar el mantenimiento de las vías de acceso a la captación con el Gad parroquial, a fin de garantizar la movilización y acceso rápido de los vehículos y personal al área de captación (una vez al año).	N° de gestiones realizadas/año	Oficios	500.00
Planta de Tratamiento	Guaraczapas	Física	Continuar con el mantenimiento (lavado y desinfección) de los aireadores (una vez a la semana).	N° de mantenimientos realizados/año	Registro de mantenimiento	329.28
		Física	Continuar con el mantenimiento de las áreas verdes y de las instalaciones en general (tres veces al año).	N° de mantenimientos realizados/año	Registro de mantenimiento	82.32
		Física	Continuar con el mantenimiento de la bomba de succión del agua y la bomba de desinfección de los aireadores, a fin de evitar problemas durante el funcionamiento (una vez al año).	N° de mantenimientos realizados/año	Registro de mantenimiento	44.96
		Física	Continuar realizando la revisión periódica de los materiales y equipos, con la finalidad de identificar posibles fallas durante el funcionamiento de la planta de tratamiento (permanente).	N° de revisiones realizadas/año	Registro de revisiones	6 600.00
		Funcional	Continuar con la entrega de registros de control de contenedores de cloro gas, consumo de hipoclorito de	N° de registros entregados/año	Registros entregados	40.00

			calcio, lavado y desinfección de aireadores, tomas de cloro residual, e ingreso de vistantes a la planta de tratamiento, entre otros; para garantizar el contínuo registro de las actividades que se realizan en la planta de tratamiento (una vez al año).			
		Funcional	Gestionar el mantenimiento de las vías de acceso a la planta de tratamiento con el Gad parroquial, a fin de garantizar la movilización y acceso rápido de los vehículos y personal a la planta (una vez al año).	N° de gestiones realizadas/año	Oficios	500.00
		Física	Continuar realizando el proceso de cloración manual cuando se agote el cloro gas (4 meses) o en caso de un corte de energía eléctrica (tres veces al año).	N° de cloraciones manuales realizadas/año	Registro de cloración manual	82.32
		Funcional	Disponer permanentemente en la planta de tratamiento el cloro gas y cloro granulado (cuando se agoten) para realizar la cloración automática y/o manual. Además, de los insumos químicos necesarios para el funcionamiento de la planta de tratamiento (permanente).	N° de elementos, equipos indispensables disponibles/año	Registro de elementos, equipos indispensables dispuestos	2 000.00

		Funcional	Contar con remplazo inmediato para materiales como válvulas, dosificador, mangueras, entre otros; a fin de responder rápidamente ante cualquier eventualidad (una vez al año).	N° de materiales que disponen de remplazo inmediato/año	Registro de materiales que disponen de remplazo inmediato	500.00
		Funcional	Mantener los dispositivos contra incendios vigentes para responder efectivamente ante posibles incendios en la planta de tratamiento (una vez al año).	N° de extintores vigentes/N° de extintores totales	Registro fotográfico	150.00
Línea de conducción principal	Guaracazapas-La cadena	Física	Continuar con el mantenimiento de los tanques de reserva y los tanques rompe presiones ubicados en la trayectoria de la línea de conducción principal (permanente).	N° de mantenimientos realizados/año	Registro de mantenimiento	13 200.00
		Funcional	Realizar la reposición inmediata de las tuberías en caso de alguna irregularidad (permanente).	N° de cambios realizados/año	Registro fotográfico	1 000.00
Programa de Comunicación y Capacitación						
Objetivos del programa de comunicación y capacitación:	Comunicar al jefe inmediato ante la posible ocurrencia de alguna irregularidad en cada uno de los componentes. Generar conocimientos sobre los diferentes temas a fin responder efectivamente ante cualquier eventualidad.					
Responsable:	Guardián operador, EMAPA-I.					

Componente	Nombre del sector	Tipo de debilidad	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Captación	Guaraczapas	Funcional	Mantener la comunicación con el guardián operador de la Planta de Tratamiento Guaraczapas en caso de alguna irregularidad (permanente).	N° de comunicaciones realizadas/año	Bitácora del guardián operador	6 600.00
		Funcional	Continuar realizando capacitaciones al guardián operador sobre manejo de extintores, riesgos naturales, primeros auxilios, entre otros (dos veces al año).	N° de capacitaciones realizadas/año	Registro de capacitaciones	200.00
Planta de Tratamiento	Guaraczapas	Funcional	Mantener la comunicación permanente con el jefe inmediato a través de mecanismos de alerta (teléfono convencional, radios de comunicación) en caso de cualquier contingente o irregularidad (permanente).	N° de comunicaciones realizadas/año	Bitácora del guardián operador	6 600.00
		Funcional	Continuar con la capacitación sobre manipulación de cloro residual y cloro granulado, primeros auxilios, manejo de extintores, entre otros, a fin de actualizar conocimientos (una vez al año).	N° de capacitaciones realizadas/año	Registro de capacitaciones	300.00
		Funcional	Continuar realizando simulacros sobre fugas de cloro gas y riesgos naturales con la finalidad de que los guardianes operadores responder efectivamente ante cualquier eventualidad (una vez al año).	N° de simulacros realizados/año	Informe de simulacros	1 000.00
Línea de	Guaraczapas-	Funcional	Mantener la comunicación permanente con el jefe	N° de	Bitácora del	6 600.00

conducción principal	La cadena		inmediato a través de mecanismos de alerta (radios de comunicación), en caso de cualquier contingente o irregularidad (permanente).	comunicaciones realizadas/año	guardián operador	
		Funcional	Realizar recorridos constantes por la línea de conducción principal a fin de detectar irregularidades (permanente).	Nº de irregularidades detectadas/año	Registro de irregularidades detectadas	13 200.00
Total en letras: Sesenta y un mil ciento siete dólares americanos con noventa y dos centavos				Total en números: \$ 61 107.92		

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones a las que se ha llegado durante la ejecución del estudio, además, se anota las recomendaciones dirigidas principalmente a los responsables de la gestión del sistema de agua potable Guaraczapas.

5.1. Conclusiones

- El sistema de agua potable de Guaraczapas y sus cuatro componentes (captación, planta de tratamiento Guaraczapas, línea de conducción y distribución) se encuentran dentro de un territorio susceptible a movimientos de masa que involucra también deslizamientos. Los niveles de susceptibilidad van desde baja, moderada, mediana hasta alta.
- Los tres componentes del sistema de agua potable de Guaraczapas presentan diferentes calificaciones finales de vulnerabilidad física. Es así, que el área de captación de Guaraczapas con un valor final de 20 tiene vulnerabilidad baja, teniendo que ajustar algunas debilidades detectadas como el mantenimiento que a pesar de ser planificado debe ser documentado.
- Los tramos 1, 2 y 4 de la línea de conducción principal, presentan vulnerabilidad baja debido a que la variable tipo de material (Hierro dúctil) no aplica dando como valor final 17,5. El tramo 3 a diferencia de los tramos 1, 2 y 4 tiene vulnerabilidad media registrando un valor final de 27,5 debido a que la variable tipo de material (PVC) influye en el resultado a pesar de ser un material que cumple con las normas aplicables. Finalmente, la planta de tratamiento de Guaraczapas presenta vulnerabilidad baja con un valor final de 21, por el hecho de que los valores de las variables son mínimos.
- El sistema de agua potable de Guaraczapas en relación al análisis de vulnerabilidad funcional presenta un valor final de 7 definidos en el rango de 7 a 9 como vulnerabilidad moderada. Las dependencias a elementos externos como cloro gas, energía eléctrica, entre otros, y la falta de redundancia de algunos equipos indispensables para el buen funcionamiento como válvulas, dosificadores, entre

otros; hacen posible que el sistema en tiempo de crisis tenga problemas de funcionamiento.

- La propuesta del plan de contingencia realizada para el sistema de agua potable de Guaraczapas garantiza la solución de aquellas debilidades identificadas en el aspecto de la infraestructura, mantenimiento, dotación de equipos indispensables, entre otras.
- Una vez determinado el análisis de vulnerabilidad físico funcional del sistema de agua potable Guaraczapas, como sustento y fundamento a la pregunta de investigación planteada se determinó que, el área de captación, los tramos 1, 2 y 4 de la línea de conducción principal, y la planta de tratamiento si son vulnerables físicamente ante deslizamientos a un nivel bajo. Al igual que, el tramo 4 de la línea de conducción principal que si es vulnerable mediamente. En cuanto a la vulnerabilidad funcional de todo el sistema de agua potable Guaraczapas ante deslizamientos se determinó que, si es vulnerable a un nivel moderado.
- La metodología propuesta por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), para el análisis de vulnerabilidades en función de las amenazas naturales es una herramienta muy aplicable a nivel cantonal, puesto que permite conocer que preparado está una organización, institución, entidad, entre otros; para enfrentar una amenaza natural en tiempo normal y de crisis.

5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios integrales de vulnerabilidades con énfasis en preparación frente a otros tipos de amenazas naturales que puede presentar el territorio.
- Tratar de mantener el nivel de vulnerabilidad determinado en este estudio a fin de asegurar la continuidad del buen funcionamiento del sistema de agua potable Guaraczapas y la prestación del servicio con estándares de calidad.
- Socializar el presente documento en la EMAPA-I a los técnicos y guardianes operadores encargados de operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Guaraczapas.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

Arias, D. (2014). *Determinación de la Vulnerabilidad Físico Estructural de edificaciones ante cuatro tipos de Amenazas: Sísmica, Volcánica, Inundaciones y Deslizamientos en la ciudad de Ibarra* (tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

Asamblea Nacional República del Ecuador. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Registro Oficial N° 305 del 6 de agosto de 2014. Ecuador.

Asamblea Nacional República del Ecuador. (2014). Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado. Registro Oficial Suplemento N° 290 del 30 de septiembre de 2010. Ecuador

Asamblea Nacional República del Ecuador (2008). Constitución de la República del Ecuador. Ecuador.

Asamblea Nacional República del Ecuador. (2010). Código de Organización Territorial, COOTAD. Registro Oficial Suplemento N° 303 de 19 de octubre de 2010. Ecuador.

Asociación de Colombia de Ingeniería Sísmica. (2009). Estudio general de Amenaza Sísmica de Colombia 2009. Colombia.

Ayala, A. (2003). Landslide: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones Geográficas*, 41, 7-25.

Cano, W. (2006). *Análisis de Vulnerabilidad del Sistema de Agua Potable de Santa Catarina Pinula*, Guatemala (trabajo de graduación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Castillo, L. (2017). Un deslizamiento de tierra dejó sin agua a barrios del norte de Loja. *El Comercio*. Recuperado de

<http://www.elcomercio.com/actualidad/deslizamiento-tierra-agua-loja-luvias.html>

DESINVENTAR. (1994-2016). Sistema de Inventario de Desastres. Colombia: Corporación OSSO. Recuperado de <https://online.desinventar.org/desinventar/#ECU-DISASTER>

D'Ercole y Trujillo. (2003). *Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador. Los desastres, un reto para el desarrollo*. Quito, Ecuador.

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra. (2012). *Sistema de Gestión de Calidad. Instructivo para la operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Guaraczapas*. Ibarra, Ecuador.

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza.

Fleischhaauer, M. Greinving, S. y Wanczura, S. (2007). Planificación Territorial para la gestión de Riesgos en Europa. Boletín de la A. G. E. N° 45, pp. 49-78.

Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra. (2010). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ibarra. Ibarra.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua. (2010). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Angochagua. Ibarra.

Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (2008-2010). Guía Técnica para la Reducción de la Vulnerabilidad en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Nicaragua.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2011-2012). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los hogares urbanos y rurales 2011-2012*. Ecuador.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Población y Demografía. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

- Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos. Agencia de Ibarra. (1986). Solicitud de Concesión de Aprovechamiento de las Aguas de las Fuentes denominadas Guaraczapas. Expediente Nro. 1-85-2279 (n).
- Regional Norte. (1 de marzo de 2016). Deslizamiento de tierra suspendió servicio de agua potable en Esmeraldas. *El Telégrafo*. Recuperado de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-norte/1/deslizamiento-de-tierra-suspendio-servicio-de-agua-potable-en-esmeraldas>
- Madero, F. (2010). *Manual para la Evaluación de los Factores de Vulnerabilidad y su Aplicación en el Ecuador*. Instituto de Altos Estudios nacionales. Ecuador.
- Metzger, P y Robert, J. (2013). Elementos de reflexión sobre la Resiliencia Urbana: usos críticos y Aportes Potenciales. *Territorios*, 28, 21-40.
- Ministerio de Desarrollo urbano y Vivienda. (2003). *Guías Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad en los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento*. Ecuador.
- Narváez, J. (2002). *Diagnóstico de la Vulnerabilidad Física y Funcional del Sistema de Acueducto y Alcantarillado de Santa Rosa de Cabal*, Risaralda. Empresa de Obras Sanitarias de Santa Rosa de Cabal, Risaralda.
- Narváez, L. Lavell, A. y Pérez, G. (2009). Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina. *La Gestión del Riesgo de Desastre: un enfoque basado en procesos*. Perú.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación División de Medio Ambiente , Cambio Climático y Bioenergía. (2009). *Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres Una Guía*. Roma.
- Organización Panamericana de la Salud. (1998). *Mitigación de desastres Naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Mitigación de desastres en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento*. Lima, Perú.

- Román, M. (2006). *Plan de Prevención para Emergencias por Desastres Naturales en la provincia de Pichincha, su Organización y Aplicación en la Educación Básica en la próxima década*. Instituto de Altos estudios Nacionales, Quito.
- Ruiz Pérez, M. (2012): “Vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales: el caso de la isla de Mallorca (Baleares, España)”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p 16-52. ISSN: 1578-5157
- Ruiz, M. (2016). *Plan de Gestión de Riesgos de Elementos Esenciales de Importancia Alta ante Deslizamientos en el Área de Influencia de la Quebrada Rumipamba, parroquia La Esperanza, provincia de Imbabura* (tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Secretaría del Agua. (1992). Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. Ecuador.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). Plan Nacional de Desarrollo/Plan de Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Ecuador.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Comisión Europea, Global Risk Identification Programme, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2011). Guía para Implementar el Análisis de Vulnerabilidades a nivel cantonal. Ecuador.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Comisión Europea, Global Risk Identification Programme, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2011). Propuesta Metodológica para el Análisis de Vulnerabilidades en Función de Amenazas a Nivel Municipal. Ecuador.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012). Guía de Implementación Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal. Ecuador.

- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2016). Noticias. Recuperado de <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/sngr-entrega-ayuda-a-comunidad-afectada-por-deslizamiento/>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014). Marco de Referencia Conceptual sobre Vulnerabilidad Territorial. Quito.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (2016). Análisis de Vulnerabilidad del cantón Latacunga. Ecuador.
- Vargas, W. (2012). Vulnerabilidad de los Sistemas Vitales de Costa Rica: Infraestructura Vial, Energía Eléctrica y Telecomunicaciones. En Adamson, M. y Castillo, F. (Ed). Costa Rica en el tercer milenio: Desafíos y Propuestas para la Reducción de Vulnerabilidad (448 p.). Costa Rica: Contrastes Vivos de Costa Rica.
- Vásquez, L. (2014). *Propuesta de un Plan de Reducción de Vulnerabilidad Físico Funcional de Redes Vitales ante Dos Tipos de Amenazas: Sísmica y de Deslizamientos en la parroquia Huaca, cantón San Pedro de Huaca* (tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Universidad Técnica del Norte, Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Comisión Europea, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2013). “Proyecto Análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal” Perfil Territorial cantón San Miguel de Ibarra. Ibarra.
- Yépez, R. (2015). *Análisis de Vulnerabilidad de los Elementos Esenciales frente a las Amenazas de Deslizamiento y Vulcanismo en el área de influencia de la Quebrada Rumipamba, parroquia La Esperanza, provincia de Imbabura* (tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

7. ANEXOS

Anexo A

Anexo 1.- Entrevista estructuradas para determinar al análisis de vulnerabilidad física

ENTREVISTA ESTRUCTURADA COMPONENTE-CAPTACIÓN

Lugar y fecha: _____

Datos del entrevistado:

<i>Apellidos:</i>		<i>Coordenadas geográficas:</i>		
<i>Nombres:</i>		<i>x:</i>	<i>y:</i>	<i>z:</i>
<i>Unidad:</i>		<i>E-mail:</i>		
<i>Teléfono:</i>		<i>Cargo:</i>		

Objetivo: Recopilar información que aporte al análisis de vulnerabilidad física del Sistema de Agua Potable de Guaraczapas ante Deslizamientos.

Desarrollo

¿De qué material están construidas las obras de captación?

- a) PVC
- b) Hormigón armado
- c) Asbesto cemento
- d) Mampostería de piedra o de ladrillo

¿En qué año se realizó la construcción de las obras de captación?

¿Se han realizado nuevas construcciones o remodelaciones en las obras de captación?

¿El mantenimiento de las obras de captación en Guaraczapas es?

- a) Planificado
- b) Correctivo
- c) Ninguna

¿Cada que tiempo se realiza el mantenimiento de las obras de captación?

¿Qué aspectos se consideraron para establecer la periodicidad del mantenimiento de la estructura de captación en Guaraczapas?

¿Cómo se realiza el mantenimiento de las obras de captación?

De acuerdo a su criterio, ¿cómo considera el estado de las obras de captación?

¿Por qué?

- a) Bueno
 - b) Malo
 - c) Regular
-

Anexo 2.- Entrevista no estructuradas

**ENTREVISTA NO ESTRUCTURADA
COMPONENTE-CAPTACIÓN**

Objetivo: Recopilar información complementaria que aporte a la caracterización del sistema de agua potable Guaraczapas.

Desarrollo

¿Cuántos guardianes operadores son responsables del área de captación?

¿Cuál es el horario de trabajo de los guardianes operadores?

¿Qué tiempo trabaja como guardián operador en el área de captación?

¿Dónde viven los guardianes operadores?

¿Cuáles son las actividades que desempeñan los guardianes operadores en el área de captación?

¿Realizan mantenimientos a los equipos indispensables como bombas, dosificadores, entre otros? ¿Cada qué tiempo?

¿Los guardianes operadores registran las actividades que se realizan en el área de captación? ¿En qué realizan el registro? ¿Qué tipo de registros?

En caso de que se agote la bitácora para el registro de las actividades ¿Cuál es el procedimiento que se realiza?

¿Se puede disponer de una bodega para el almacenamiento de los insumos químicos en el área de captación?

Durante la ejecución de las actividades del guardián operador ¿Ha ocurrido accidentes? ¿Qué tipo de accidentes?

¿Han ocurrido acontecimientos o sucesos de eventos naturales como deslizamientos, sismos, entre otros; en el área de captación?

¿La EMAPA-I realiza la dotación de los equipos de protección personal a los guardianes operadores? ¿Cuáles equipos de protección personal? ¿Cada qué tiempo?

¿La EMAPA-I realiza capacitaciones a los guardianes operadores? ¿Qué temas? ¿Dónde reciben las capacitaciones? ¿Cada qué tiempo?

¿La EMAPA-I realiza algún tipo de simulacros? ¿Qué tipo de simulacros? ¿Le sirvió de ayuda la ejecución de simulacros?

¿Qué unidades físicas como tanques rompe presiones, tanques de reserva, entre otros; existen posteriores al área de captación? ¿Cómo se llaman?

¿Se siente satisfecho realizando la actividad como guardián operador en el área de captación?

¿Se siente satisfecho trabajando para la EMAPA-I?

¿La EMAPA-I toma en cuenta la participación de los guardianes en reuniones, eventos cívicos, eventos deportivos, entre otros?

¿Cómo considera la calidad del agua que proveniente del área de captación? ¿Ha recibido opiniones, quejas, sugerencias de otras personas sobre la calidad del agua que proviene del área de captación?

Anexo 3.- Entrevista estructurada para determinar el análisis de vulnerabilidad funcional

**ENTREVISTA ESTRUCTURADA
COMPONENTE-CAPTACIÓN**

Objetivo: Recopilar información que aporte al análisis de vulnerabilidad funcional del Sistema de Agua Potable de Guaraczapas ante Deslizamientos.

Desarrollo

¿Existen elementos externos como insumos químicos (cloro gas, floculantes, entre otros), combustible (para el funcionamiento de equipos y máquinas) o energía eléctrica que ayudan al normal funcionamiento en la captación?

¿Cuál es la medida preventiva que realiza en caso de que algún elemento externo se agote o falte?

¿Existen equipos indispensables como tuberías, uniones, entre otros que ayude el normal funcionamiento en la captación?

En caso de una falla o emergencia, ¿se dispone de equipos para el reemplazo de aquellos que son indispensables para el funcionamiento?

¿Existen mecanismos de alerta que detecten problemas en el funcionamiento en la captación ¿Cuáles son?

En caso de detectar problemas en el funcionamiento en la captación. ¿Mediante qué medio comunica a los jefes superiores?

En caso de detectar problemas en el funcionamiento en la captación. ¿Considera usted que es suficiente el personal para solucionar el problema?

En caso de detectar problemas en el funcionamiento en la captación. ¿Usted cuenta con el equipamiento necesario para solucionar el problema?

Anexo 4.- Ficha de campo componente captación



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO DE IBARRA



Análisis de Vulnerabilidad Físico Funcional del Sistema de Agua Potable de Guaraczapas ante Deslizamientos, parroquia de Angochagua, cantón Ibarra

FICHA DE CAMPO COMPONENTE-CAPTACIÓN

Investigador:		Ubicación:	Parroquia:	
Fecha:			Cantón:	

1.- Datos generales:

Nombre vertiente:			
Coordenadas geográficas:	Longitud (X)	Latitud (Y)	Altitud (Z)

2.- Responsables

Nombres	Equipos de protección personal	Horarios de trabajo

3.- Características físicas y otras:

Dimensiones externas			Estado (B, M, R)		Material obra civil		Edad (años)
Largo	Ancho	Profundidad	Paredes	Cubierta	Paredes	Cubierta	
Tipo		Forma	Funcionamiento		Mantenimiento		
					Planificado	Esporádico	Ninguno

4.- Vías de acceso

Tipo	Subtipo	Estado (B, M, R)	Medio de transporte	Observaciones

Anexo 5.- Ficha de campo unidades de la línea de conducción principal

		LEVANTAMIENTO DE INFORMACION - DEPARTAMENTO DE AGUA NO CONTABILIZADA												
EVALUACION Y DESCRIPCION DE TANQUES DE RESERVA														
PROGRAMA:		Sectorización hidráulica y Reducción de agua no Contabilizada de la Ciudad de Ibarra												
NOMBRE TANQUE:						FECHA:								
NOMBRE SECTOR:						RESPONSABLE:								
CARACTERISTICAS FISICAS Y OTRAS														
DIMENSIONES INTERNAS APROX.	largo				ancho				profund.			diámetro		
DIMENSIONES EXTERNAS(m)	largo				ancho				profund.			diámetro		
VOLUMEN INTERIOR (m3)	físico				neto									
FORMA	circular				rectang.				cuadrada				otra	
EDAD ESTIMADA (años)	edad.aprox.													
TIPO	enterrado				semient.									
MATERIAL OBRA CIVIL	piso				paredes				cubierta				otro	
CONDICIONES GENERALES	nuevo				buenas				regulares				malas	
DIAMETRO DE TUBERIA DE ENTRADA	pvc				h.dúctil				h.galvan.				asbesto	
DIAMETRO DE TUBERIA DE SALIDA	pvc				h.dúctil				h.galvan.				asbesto	
PROCEDENCIA TUBERIA ENTRADA														
DESTINO TUBERIA														
AREAS SERVIDAS														
CAJA DE VALVULAS DE TANQUE	material				dimensión				cubierta				Tapa Sanitaria	
DESAGUE	material				diámetro				material 2				diámetro	
REBOSE	material				diámetro				material 2				diámetro	
ESTADO TANQUE EXTERIOR(nuevo,bueno,regular,malo)	paredes				cubierta				pintura				enlucido	
CERRAMIENTO	pared				malla				cimiento(si es posible)				enlucido	
	material				material				material				bueno	
	altura prom.				altura prom.				altura prom.				regular	
	estado				estado				estado				malo	

	otro		otro		otro		otro	
FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO Y CONTINUIDAD DEL SERVICIO(nuevo,bueno,regular,malo)	tanque		tuberías de entrada		tuberías de salida		desague/rebose	
CARACTERISTICAS OPERATIVAS DE VALVULAS	nuevas		buenas		regulares		malas	
OBSERVACIONES								
NOTA:								

Elaborador por: Unidad de agua no contabilizada EMAPA-I, 2016

Anexo 6.- Registro del mantenimiento planificado en el área de captación


DEPARTAMENTO DE AGUA POTABLE
INFORME DIARIO DE TRABAJO
 0002160

Ubicación: Las Fuentes 56 Felix año nuevo 2017
 Período del: Enero al: Año: 2017

FECHA	HORA	LABOR
Domingo 01	7:am	Asco a las fuentes y del recolector N°6 diay realizo todos los tanques y las bocas de visita 9:30 am me retiro a las fuentes y queda sin necesidad
Lunes 02	7:am	Asco a las fuentes y del recolector N°6 diay iso el asco de todos los tanques y las bocas de visita 11:30 am me retiro a las fuentes y eso por feriado y queda S/N.
Martes 03	7:am	Asco a las fuentes y del recolector N°6 diay iso el asco a todos los tanques y las bocas de visita diay me paso a picar las ramas en los tanques frente al surtimiento 5:pm me retiro a las fuentes y queda S/N.
Miércoles 04	7:am	Asco a las fuentes y del recolector N°6 diay iso el asco a todos los tanques y las bocas de visita diay me paso a sacar hierba del alrededor del tanque N°4 5:pm me retiro a las fuentes y queda S/N.
Jueves 05	7:am	Asco a las fuentes y del recolector N°6 diay iso el asco a todos los tanques y las bocas de visita 5:pm me retiro a las fuentes y queda sin necesidad.
Viernes 06	7:am 5:pm	Asco a las fuentes y del recolector N°6 diay iso el asco a todos los tanques y las bocas de visita diay iso el de retirarme a las fuentes y queda sin necesidad
Sábado 07	7:am	Asco a las fuentes y del recolector N°6 diay iso el asco a todos los tanques y las bocas de visita 5:pm me retiro a las fuentes y queda todo sin necesidad.
OBSERVACIONES		PEDIDOS

VTO. BUENO


 GUARDIAN OPERADOR

Ubicación: de las fuentes

Periodo del: Enero

al:

Año: 2017

FECHA	HORA	LABOR
08.01.17	7:am	Aseo d las fuentes y del recolector N°6 diay iso la revisioin d todo el sistema y se encuentra todo bien 5:pm me retiro d las fuentes y queda sin novedad.
Lunes 09	7:am	Aseo d las fuentes y del recolector N°6 diay iso el aseo d todos los tanques y las bocas de visita diay me puse a limpiar la cancha que esta junto al calle publica esta lugar al saneamiento 5:pm me retiro d las fuentes y queda sin novedad.
Martes 10	7:am	Aseo d las fuentes y del recolector N°6 diay iso el aseo d todos los tanques y las bocas de visita diay me puse a cortar la hierba con la motoguincha desde el pestan asta el recolector N°2 y tambien todo lo que es en el recolector final 5:pm me retiro d las fuentes y queda sin novedad.
Miercoles 11	7:am	Aseo d las fuentes y del recolector N°6 diay iso el aseo d todos los tanques y las bocas de visita diay me pisimos arreglar el techo d las fuentes poniendo 2 pedacos de eternit para tapar las goteras y luego nos pisimos arreglar 2 tubos del serramiento que al caer un carro sea doblado y si logramos arreglar todo eso con la ayuda de compañero Carlos Potosi 5:pm me retiro d las fuentes y queda sin novedad.
Jueves 12	7:am	Aseo d las fuentes y del recolector N°6 diay iso el aseo d todos los tanques y las bocas de visita luego me puse
OBSERVACIONES		PEDIDOS
Jueves 12 del 2017 8:30 am llego la ingeniera marile pozo con los estudiantes del colegio asiedo		a limpiar encima de los tanques 1, 2, 3 poniendo hierba 5:pm me retiro d las fuentes y queda sin novedad.

Gilberto Salinas
GUARDIAN OPERADOR

VTO. BUENO



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO DE IBARRA



DEPARTAMENTO DE AGUA POTABLE

INFORME DIARIO DE TRABAJO

58

0002162

Ubicación: Las Fuentes
 Período del: Enero al: _____ Año: 2017

FECHA	HORA	LABOR
Viernes 13	7:am	Aseo a las fuentes y del recolector N°6 diay ise el aseo de todos los tanques y las bocas de visita diay me puse a limpiar al rededor de los tanques N°4 y N°5 picando la hierba 5:pm me retire a las fuentes y queda SIN.
Sabado 14	7:am	Aseo a las fuentes y del recolector N°6 diay ise el fondo y desinfección de todos los tanques y las bocas de visita en ese trabajo use 3 libras de cloro granulado 5:pm me retire a las fuentes y queda sin novedades.
Domingo 15	7:am	Aseo a las fuentes y del recolector N°6 diay ise el aseo de todo el sistema y se encuentra bien 10:30 am me retire a las fuentes y queda sin novedades.
Lunes 16	7:am	Aseo a las fuentes y del recolector N°6 diay ise el aseo de todos los tanques y las bocas de visita diay ise el aseo a rasajiendo redes y picadas a todo del tanque N°4 y N°5 5:pm me retire a las fuentes y queda sin novedades.
Martes 17	7:am	Aseo a las fuentes y del recolector N°6 diay ise el aseo de todos los tanques y las bocas de visita diay ise de limpiar la cuneta en el recolector N°5 5:pm me retire a las fuentes y queda sin novedades.
Miercoles 18	7:am	Aseo a las fuentes y del recolector N°6 diay ise el aseo de todas las tanques y las bocas de visita diay me puse a limpiar una segría alado del recolector N°9 5:pm me retire a las fuentes y queda sin novedades.

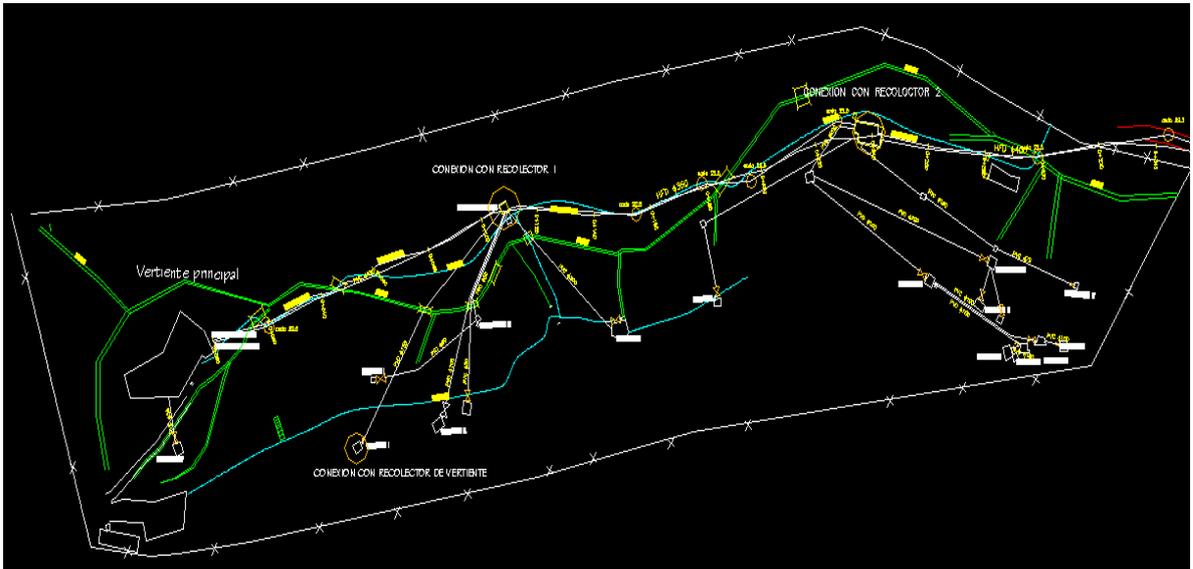
OBSERVACIONES	PEDIDOS

Gilberto Solimón
 GUARDIAN OPERADOR

VTO. BUENO

Anexo B

Anexo 1.- Conexiones en el área de captación



Anexo 2.- Mantenimiento del área de captación



Anexo 3.- Cilindro de cloro gas



Anexo 4.- Uso de energía eléctrica



Anexo 5.- Casa de cloración automática



Anexo 6.- Casa del guardián operador



Anexo 7.- Válvulas



Anexo 8.- Dosificador



Anexos 9 y 10.- Manguera y cilindro



Anexo 11.- Bomba de succión



Anexo C

Anexo 1.- Distribución de los guardianes en el SAPG

Componentes	Distribución	Guardián responsables	Supervisión
Área de vertientes	Área de vertientes	1	Fija
Planta de tratamiento Guaraczapas	Planta de tratamiento Guaraczapas	3	Fija
Línea de conducción	Desde planta de tratamiento Guaraczapas hasta el puente Rumipamba	1	Móvil
	Desde el puente Rumipamba hasta Chugchupungo	1	Móvil
	Sistema Santa Rosa	1	Móvil
	Sistema del Retorno	1	Móvil
	Sistema Caranqui Centro-Ejido de Caranqui	1	Móvil
	San Cristóbal, Chamanal, 19 de Enero	1	Móvil
	Santo Domingo, Tanguarín, Compañía de Jesús	1	Móvil
	Central de San Antonio, 27 de Noviembre	1	Móvil
Planta de tratamiento Caranqui	Planta de tratamiento Caranqui	3	Fija

Elaboración: propia