



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO DE IBARRA



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



AUTOR:
DANIEL SANTACRUZ

Ibarra, Enero 2018

DIRECTORA:
ING. ELIZABETH VELARDE

An aerial photograph of a city, likely in a tropical region, featuring a wide, muddy-brown river that winds through the urban landscape. In the foreground, a large, prominent tree with dense, reddish-brown foliage stands out against the city buildings. The background shows more of the city and distant hills under a hazy sky. The word "INTRODUCCIÓN" is overlaid in the center in a white, bold, sans-serif font with a blue drop shadow.

INTRODUCCIÓN

2013

**“PROYECTO ANALISIS DE VULNERABILIDADES A NIVEL MUNICIPAL”
PERFIL TERRITORIAL CANTON
SAN MIGUEL DE IBARRA**



47 Elementos esenciales	S
	D
Vulnerabilidad alta	I
	EV

Realizar un estudio de vulnerabilidad del SAPG con la finalidad de establecer medidas para la reducción de riesgos



Objetivo General

Analizar la vulnerabilidad físico funcional del sistema de agua potable de Guaracapas ante deslizamientos , en la parroquia de Angochagua, cantón Ibarra.

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



Pregunta directriz

¿Es vulnerable físico
funcionalmente el
sistema de agua
potable de
Guaracapas ante
deslizamientos?



REVISIÓN DE LITERATURA





Marco legal



- Constitución de la República del Ecuador 2008
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua
- Código Orgánico de Ordenamiento territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)
- Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017

- El Ecuador en los procesos de riesgo
- Gestión del Riesgo
- Riesgo
- Amenaza
- Vulnerabilidad
- Análisis de vulnerabilidad (física, funcional)
- Redes Vitales
- Sistema de Agua Potable
- Normas para Estudio y Diseños de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes
- Plan de Contingencia



Marco teórico

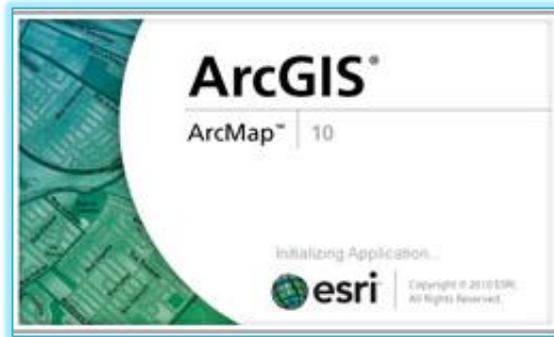
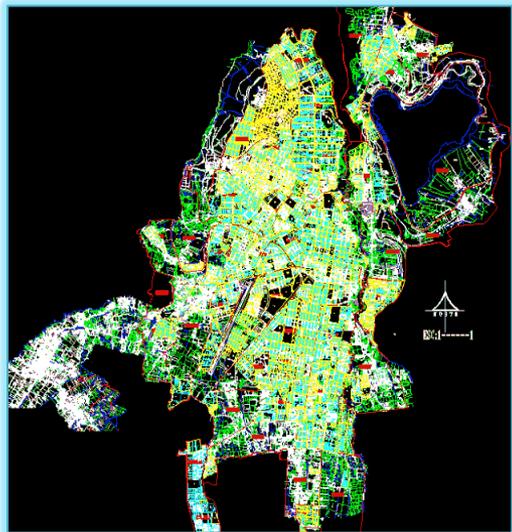




MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

- Planos catastrales
- Cartografía digital e impreso del SAPG
- Metodología de la SNGR



Equipos y software

- Computador
- Impresora
- GPS
- Cámara digital
- Arc Map versión 10.0

Insumos

- Insumos de oficina
- Internet



Caracterización del área de estudio

Exposición del territorio ante deslizamientos

Exposición del SAPG ante deslizamientos

- Revisión bibliográfica de los componentes físico y social del área de estudio
- Análisis de estudios realizados en el Ecuador en temas de amenaza de deslizamientos
- Sobreposición de los mapas cartográficos

Análisis de vulnerabilidad física del SAPG

Población a entrevistar

- Socialización del estudio en la EMAPA-I
- Técnicos responsables y guardianes operadores

Determinación del análisis de vulnerabilidad física

- Entrevistas estructuradas y no estructuradas sobre variables físicas
- Cada uno de los componentes del SAPG

Tabla 6.- Calificación de vulnerabilidad física.

Factor de vulnerabilidad	Variable de vulnerabilidad	Indicadores	Ponderador	Valor de la amenaza
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
	Mantenimiento	Planificado	2	1
		Esporádico		5
		Ninguna		10
	Material de construcción	PVC	2.5	1
		Hormigón armado		1
		Asbesto cemento		5
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo		10
	Estándares de diseño y construcción	Antes del Ex IEOS	3	1
		Entre el Ex IEOS y la norma local		5
Luego de la norma local		10		

Fuente: SNGR Y PNUD (2012)

Análisis de vulnerabilidad física del SAPG

Determinación del nivel de vulnerabilidad física

- Se obtuvo de la sumatoria del valor de la amenaza y la comparación

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

Tabla 6.- Calificación de vulnerabilidad física.

Factor de vulnerabilidad	Variable de vulnerabilidad	Indicadores	Ponderador	Valor de la amenaza
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
	Mantenimiento	Planificado	2	1
		Esporádico		5
		Ninguna		10
	Material de construcción	PVC	2.5	1
		Hormigón armado		1
		Asbesto cemento		5
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo		10
	Estándares de diseño y construcción	Antes del Ex IEOS	3	1
		Entre el Ex IEOS y la norma local		5
Luego de la norma local		10		

Fuente: SNGR Y PNUD (2012)

Análisis de vulnerabilidad funcional del SAPG

Determinación del análisis de vulnerabilidad funcional

- Entrevistas estructuradas y no estructuradas sobre variables funcionales

Determinación del nivel de vulnerabilidad funcional

- Se obtuvo de la sumatoria del valor de vulnerabilidad y la comparación

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

Tabla 10.- 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 (2011)

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

- Posterior a los resultados del análisis de vulnerabilidad físico funcional
- A partir de las debilidades físicas funcionales (variables con valores bajos)



Programas del plan de contingencias

Objetivo:

Responsables:

Componente	Nombre del sector	Tipo de debilidad	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

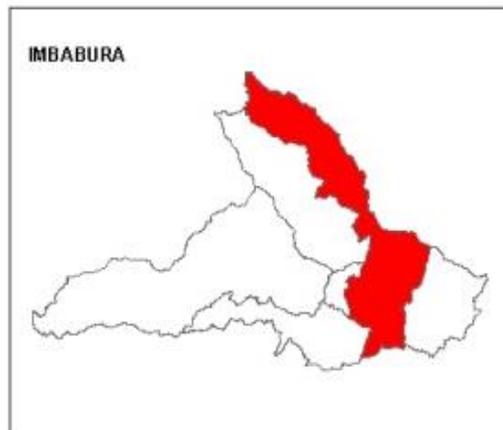


Caracterización general del área de estudio

Ubicación geográfica

- El cantón Ibarra se encuentra localizado en la región norte del Ecuador, provincia de Imbabura
- Norte provincia del Carchi, sur provincia de Pichincha, este cantón Pimampiro, y oeste cantones Urcuquí, Antonio Ante y Otavalo. PDOT Ibarra (2015)

MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN IBARRA

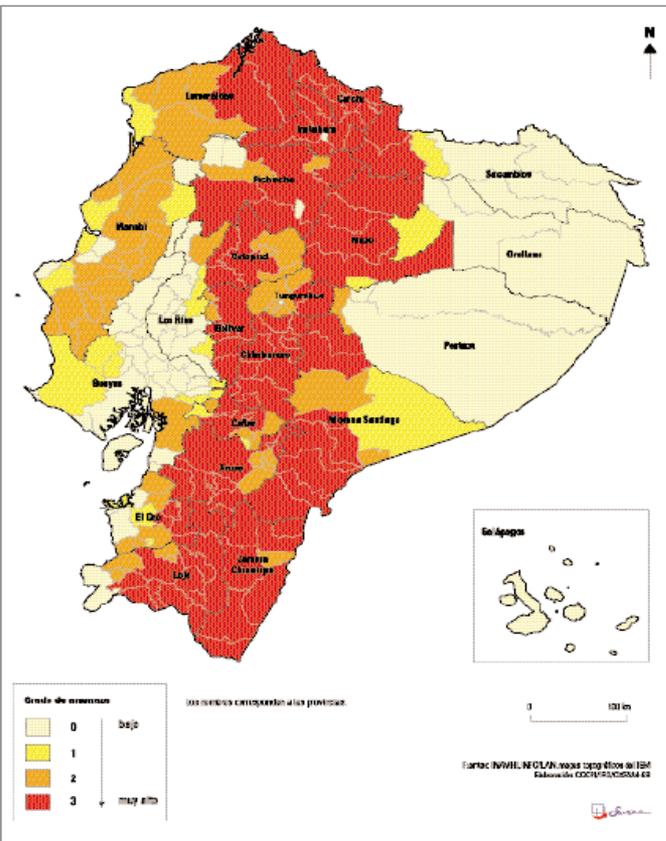


Caracterización general del área de estudio

Exposición del territorio ante deslizamientos

- Ecuador es un territorio expuesto a amenazas naturales de diferentes tipos
- 92.350 km² están expuestas a los deslizamientos a diferentes niveles desde bajo hasta muy altos.
- Cantón Ibarra expuesto a deslizamientos a un nivel alto

D'Ercole y Trujillo (2003)



A nivel más particular: 47 elementos esenciales tienen vulnerabilidad alta ante amenazas naturales que incluye deslizamientos (SNGR y PNUD, 2003).

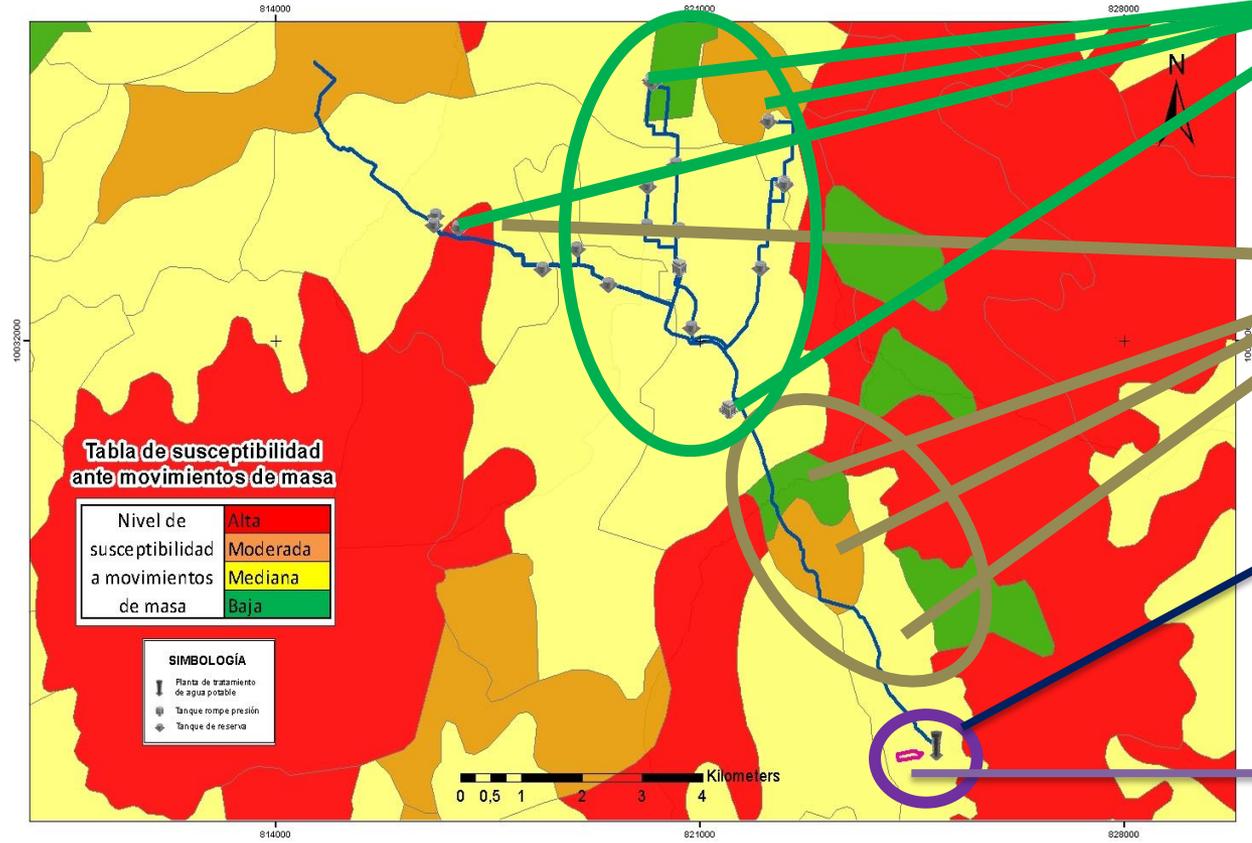
A nivel local: Se identificaron 4 niveles de susceptibilidad a movimientos de masa (SNGR, 2016). Ayala (2000) deslizamientos, caídas, desprendimientos son clasificación de movimientos de masa.

Caracterización general del área de estudio

Exposición del SAPG ante deslizamientos

- Sobreposición del SAPG sobre el mapa de susceptibilidad a movimiento de masa

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE MASA SOBRE EL SISTEMA DE AGUA POTABLE GUARACZAPAS



Mediana susceptibilidad

Mediana susceptibilidad

Caracterización del SAPG

Ubicación

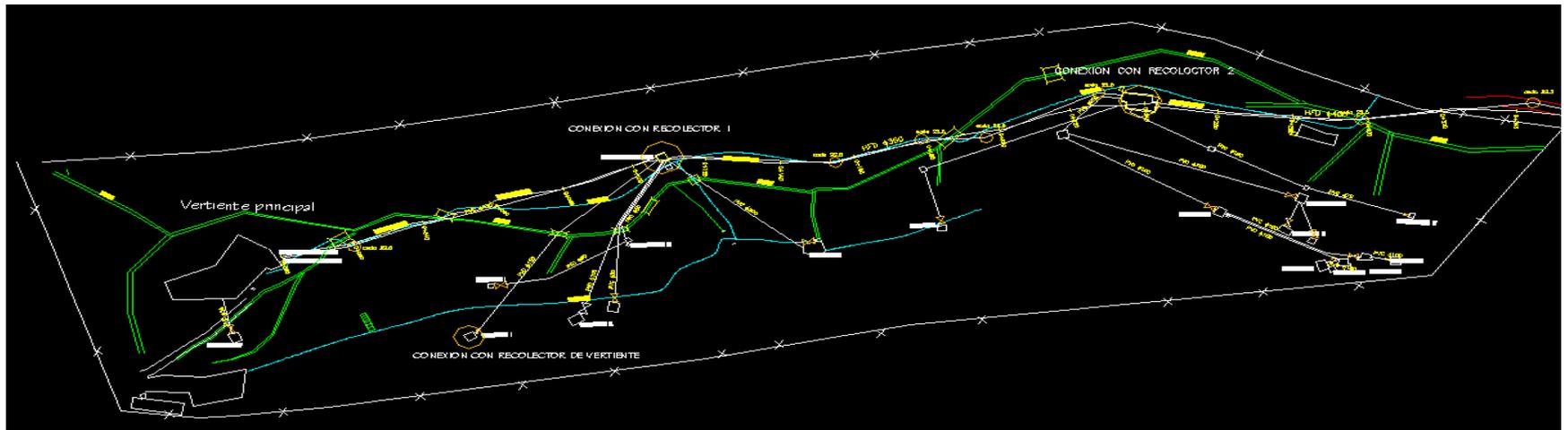
- EL SAPG (captación, línea de conducción principal, planta de tratamiento) se encuentran ubicadas en las parroquias Angochagua, La Esperanza, San Antonio.



Caracterización del SAPG

Captación Guaraczapas

- Caudal 158 l/s (11 vertientes)
- Superficie 34.986,8 m²
- Tanques recolectores 8
- Tanque recolector general 1
- Conexiones (AC x PVC 2007) (D= 50 - 400 mm)



Caracterización del SAPG

Planta de tratamiento Guaraczapas

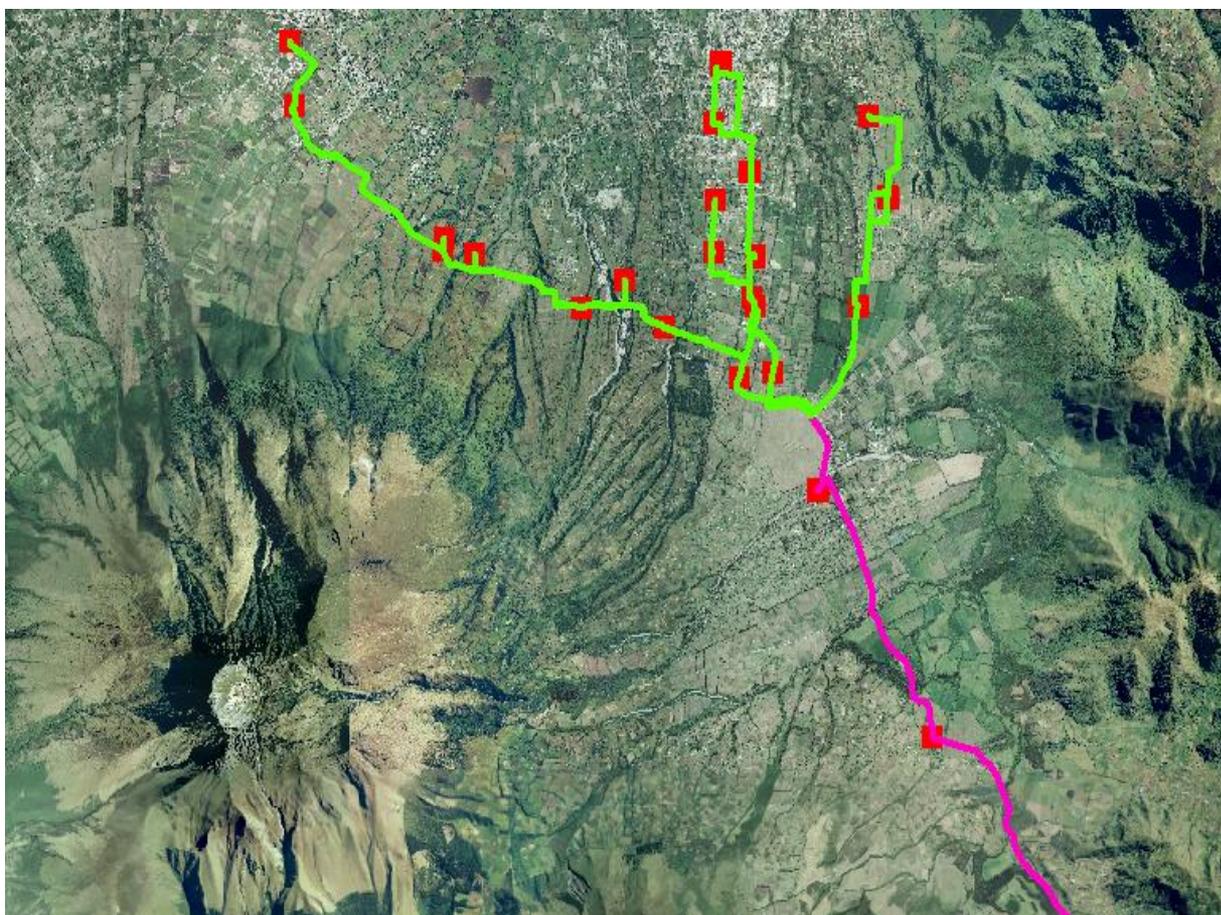
- Aireador (80 bandejas), material hormigón armado
- Proceso de tratamiento: automática (cloro gas) y manual (cloro granulado)
- Mantenimiento (guardián operador)



Caracterización del SAPG

Línea de conducción

- Línea principal (4 tramos) Planta de Tratamiento – La Cadena
- Línea secundaria (24 tramos) La Cadena – San Juan, Santa Rosa, El Tejar, Caranqui..., San Antonio
- 30 tanques de reserva, 1 tanque repartidor y 5 tanques rompe presiones

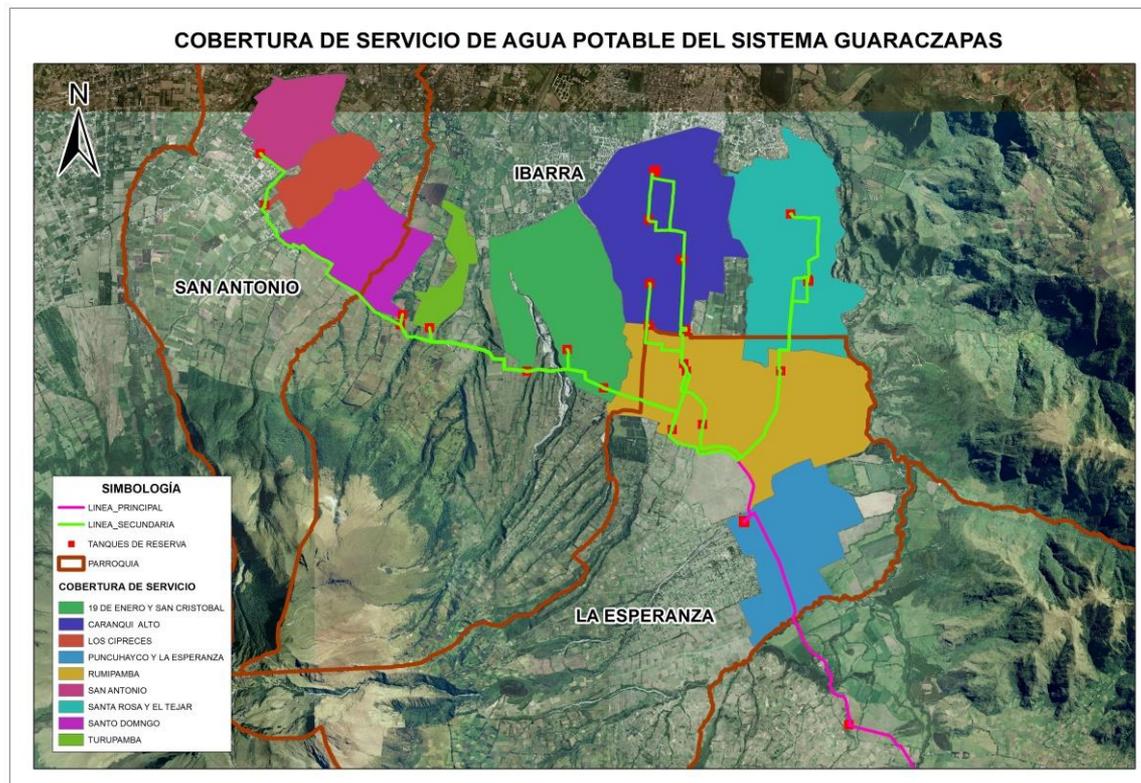


Caracterización del SAPG

Línea de distribución

- Parroquias beneficiadas: Ibarra, San Antonio y La Esperanza
- Cobertura de servicios

Parroquia	Nº de Habitantes	Nº de clientes	Nº de personas/hogar
Ibarra	139 721	14 459	3.8
San Antonio	17 522		
La Esperanza	7363		
Total habitantes	164 606	54 944.2	



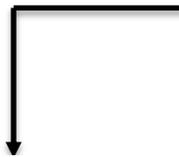
Vulnerabilidad física

Captación 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

1969 (47 años)



Vulnerabilidad física

Línea de
conducción
(tramos: 1, 2 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 norma local	5	3	15
Vulnerabilidad baja		Total		17,5

Vulnerabilidad física

Línea de conducción (tramo 3)



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	5	3	15
Vulnerabilidad media		Total		27,5

Vulnerabilidad física

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

Estado: bueno
Tratamiento: excelente

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

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programa de mantenimiento

Objetivos: 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 remplazarlos 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.

Responsables:Guardián operador, EMAPA-I.

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Captación	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
Captación	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

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programa de mantenimiento

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Captación	Continuar realizando la entrega de la bitácora al guardián para el registro de las actividades realizadas (mantenimiento de obras de captación, tanques recolectores, áreas verdes, canales, senderos, visitas, entre otros) en el área de captación (una vez al año).	N° de bitácoras entregados/año	Bitácora entregada	40.00
Captación	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

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programas de mantenimiento

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Planta de tratamiento	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
Planta de tratamiento	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
Planta de tratamiento	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
Planta de tratamiento	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

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programa de mantenimiento

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Planta de tratamiento	Continuar con la entrega de registros de control de contenedores de cloro gas, consumo de hipoclorito de calcio, lavado y desinfección de aireadores, tomas de cloro residual, e ingreso de visitantes a la planta de tratamiento, entre otros; para garantizar el continuo registro de las actividades que se realizan en la planta de tratamiento (una vez al año).	N° de registros entregados/año	Registros entregados	40.00
Planta de tratamiento	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
Planta de tratamiento	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

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programa de mantenimiento

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Planta de tratamiento	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
Planta de tratamiento	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
Planta de tratamiento	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

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programa de mantenimiento

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Línea de conducción principal	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
Línea de conducción principal	Realizar la reposición inmediata de las tuberías en caso de alguna irregularidad (permanente).	N° de cambios realizados/año	Registro fotográfico	1 000.00

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programa de Comunicación y Capacitación

Objetivos: 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.

Responsables:Guardián operador, EMAPA-I.

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Captación	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
Captación	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

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programa de Comunicación y Capacitación

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Planta de tratamiento	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
Planta de tratamiento	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
Planta de tratamiento	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

Propuesta de un plan de contingencia para el SAPG

Programas de Comunicación y Capacitación

Componente	Medida y/o actividad propuesta	Indicador	Medio de verificación	Presupuesto anual
Línea de conducción principal	Mantener la comunicación permanente con el jefe inmediato a través de mecanismos de alerta (radios de comunicación), en caso de cualquier contingente o irregularidad (permanente).	N° de comunicaciones realizadas/año	Bitácora del guardián operador	6 600.00
Línea de conducción principal	Realizar recorridos constantes por la línea de conducción principal a fin de detectar irregularidades (permanente).	N° 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	



**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

Conclusiones

- El sistema de agua potable de Guaraczapas y sus cuatro componentes (captación, planta de tratamiento Guaraczapas, línea de conducción y distribución) se encuentra dentro de un territorio susceptible a movimientos de masa que involucra también deslizamientos. Los niveles de susceptibilidad van desde baja, moderada, mediana hasta alta.
- El **área de captación 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. En lo que respecta a **la línea de conducción principal**, los tramos 1, 2 y 4 con un valor final de 17, 5 tiene **vulnerabilidad baja** debido a que la variable tipo de material (Hierro Dúctil) no aplica dando. El tramo 3 con un valor final de 27,5 tiene **vulnerabilidad media**, 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** con un valor final de 21 tiene **vulnerabilidad baja**.
- El sistema en relación al análisis de vulnerabilidad funcional con un valor final de 7 tiene **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.

Conclusiones

- La propuesta del plan de contingencia realizada para el sistema de agua potable de Guaraczapas garantiza la solución de las debilidades presentadas en el aspecto de la infraestructura, mantenimiento, dotación de equipos indispensables, entre otras.
- 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 el territorio y sus elementos esenciales para enfrentar una amenaza natural en tiempo normal y de crisis.

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.

GRACIAS...