

Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente

Tema: Determinación de la vulnerabilidad de las unidades militares ante una eventual erupción del Volcán Cotopaxi mediante herramientas geoespaciales

Autor: Galarza Obando, Wilmer Amílcar
Director: Doctor Padilla Almeida, Oswaldo Vinicio

febrero del 2025



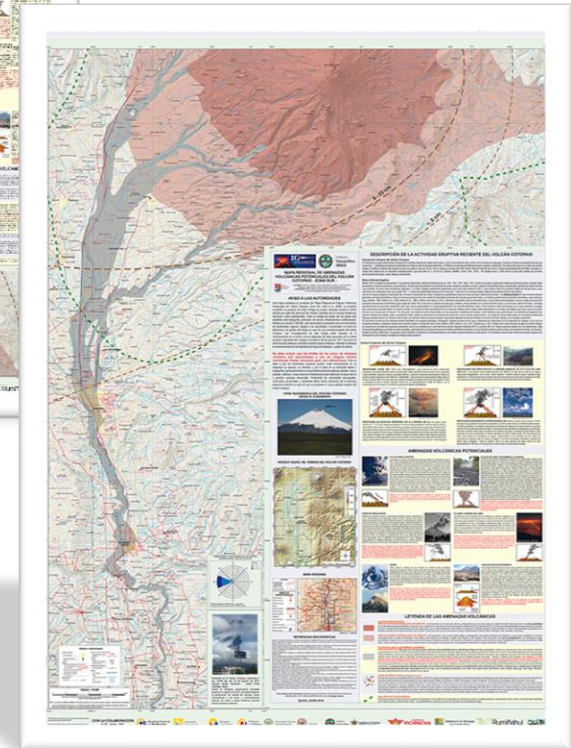
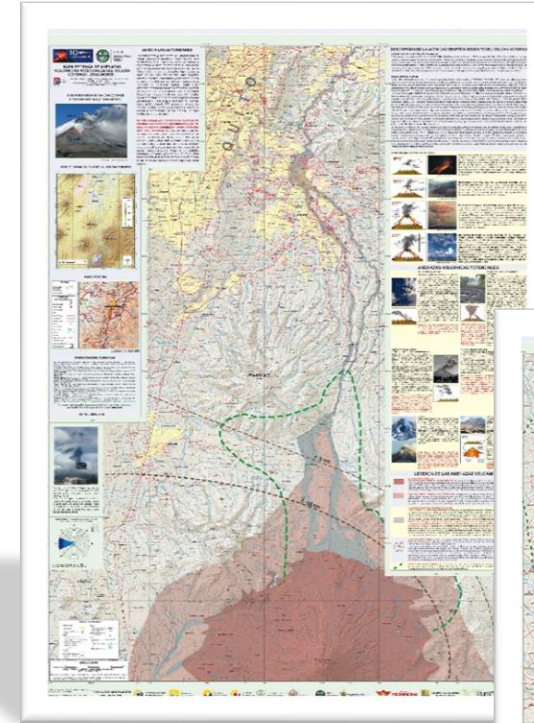
❑ INTRODUCCIÓN

❑ MARCO TEÓRICO

❑ METODOLOGÍA

❑ ANÁLISIS Y RESULTADOS

❑ CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



PRESENTACIÓN DEL TEMA

El propósito del proyecto es evaluar el **grado de vulnerabilidad de las unidades militares localizadas en la zona de influencia de los lahares, producto de una eventual erupción del Volcán Cotopaxi.**

¿Cómo lo realizamos?



Mediante un análisis territorial detallado basado en herramientas geoespaciales.

¿Qué pretendemos?



Se busca identificar áreas de riesgo y proponer medidas preventivas para minimizar los impactos de una posible erupción volcánica en las unidades militares.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El Volcán Cotopaxi ha registrado históricamente eventos eruptivos marcadas por flujos piroclásticos que queman todo a su paso, nubes de ceniza que sofocan la atmósfera y torrentes de lahares que arrasan la infraestructura en una masa de lodo y escombros.

Tales escenarios plantean una amenaza a:

- La infraestructuras que se localizan en las áreas de recorrido de lahares como es el caso de las **instalaciones militares**, pueden ser afectadas de manera directa, **causando problemas en sus operaciones militares, logística y lo más crítico, afectando la seguridad de su personal.**

Por todo esto es necesario



Enfrentar este peligro con previsión, precisión y gestionar herramientas que permitan construir de manera eficaz planes de evacuación y contingencia.



OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el grado de vulnerabilidad de las unidades militares frente a una posible erupción del Volcán Cotopaxi, mediante un análisis territorial detallado, utilizando herramientas geoespaciales para identificar áreas de riesgo y proponer medidas preventivas.

Objetivos específicos

- Recopilar y sistematizar información de estudios previos realizados en el área del proyecto.
- Establecer el grado de vulnerabilidad de las unidades militares ubicadas en la zona de influencia del Volcán Cotopaxi: **Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 "Patria", Fuerte Militar "San Jorge" y Academia de Guerra**, para determinar su capacidad de respuesta ante una eventual erupción.
- Proponer un conjunto de medidas preventivas basadas en los resultados del análisis territorial.

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN



¿En qué medida las unidades militares ubicadas en la zona de influencia del Volcán Cotopaxi, específicamente la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 "Patria", el Fuerte Militar "San Jorge" y la Academia de Guerra, son vulnerables frente a una posible erupción volcánica, considerando su proximidad a las áreas de flujos de lodo (lahares); y cómo pueden las medidas preventivas basadas en un análisis territorial detallado y el uso de herramientas geoespaciales reducir esta vulnerabilidad y mejorar su capacidad de respuesta?

ZONA DE ESTUDIO

zona afectada de manera directa por los lahares producto de una eventual erupción del Volcán Cotopaxi, la misma que se circunscribe a las provincias de Pichincha (zona norte) y la provincia de Cotopaxi (zona sur), de manera más directa el cantón Rumiñahui donde se localizan el **Fuerte Militar “San Jorge”** y la **Academia de Guerra**, y por otro lado el cantón Latacunga donde se ubica la **Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 "Patria "**.

CONCEPTOS CLAVES

1) Ciclo de la gestión de riesgos



ciclo continuo de gestión, compuesto por diversas fases interconectadas que permiten la preparación, respuesta y recuperación ante eventos adversos.

2) Clasificación de los fenómenos naturales

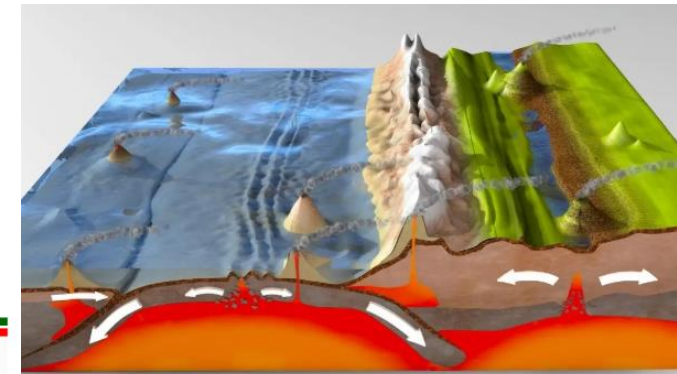
Fenómenos meteorológicos

Están relacionados con los procesos atmosféricos y su interacción con la superficie terrestre



Fenómenos Geodinámicos

Están asociados a la actividad interna de la Tierra y su interacción con la superficie terrestre. Son el resultado de procesos tectónicos, volcánicos y gravitacionales que moldean el relieve del planeta.



CONCEPTOS CLAVES

3) Vulnerabilidad ante desastres naturales

El país es altamente vulnerable a eventos naturales debido a su ubicación geográfica en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Posee una intensa actividad sísmica y volcánica.

Ecuador continental presenta 215 volcanes; 27 potencialmente activos; uno de ellos es el volcán Cotopaxi que se destaca no solo por su cono perfecto y su altura (5.897 metros sobre el nivel del mar), sino también por su potencial destructivo



CONCEPTOS CLAVES

4) Caracterización del Volcán Cotopaxi

Está ubicado en la región central de la cordillera de los Andes en Ecuador, es uno de los volcanes más icónicos y activos del país, es un estratovolcán, formado por la acumulación de capas alternantes de lava, ceniza y otros materiales volcánicos. Los estratovolcanes se caracterizan por tener una estructura cónica y erupciones explosivas debido a la alta viscosidad de su magma rico en sílice

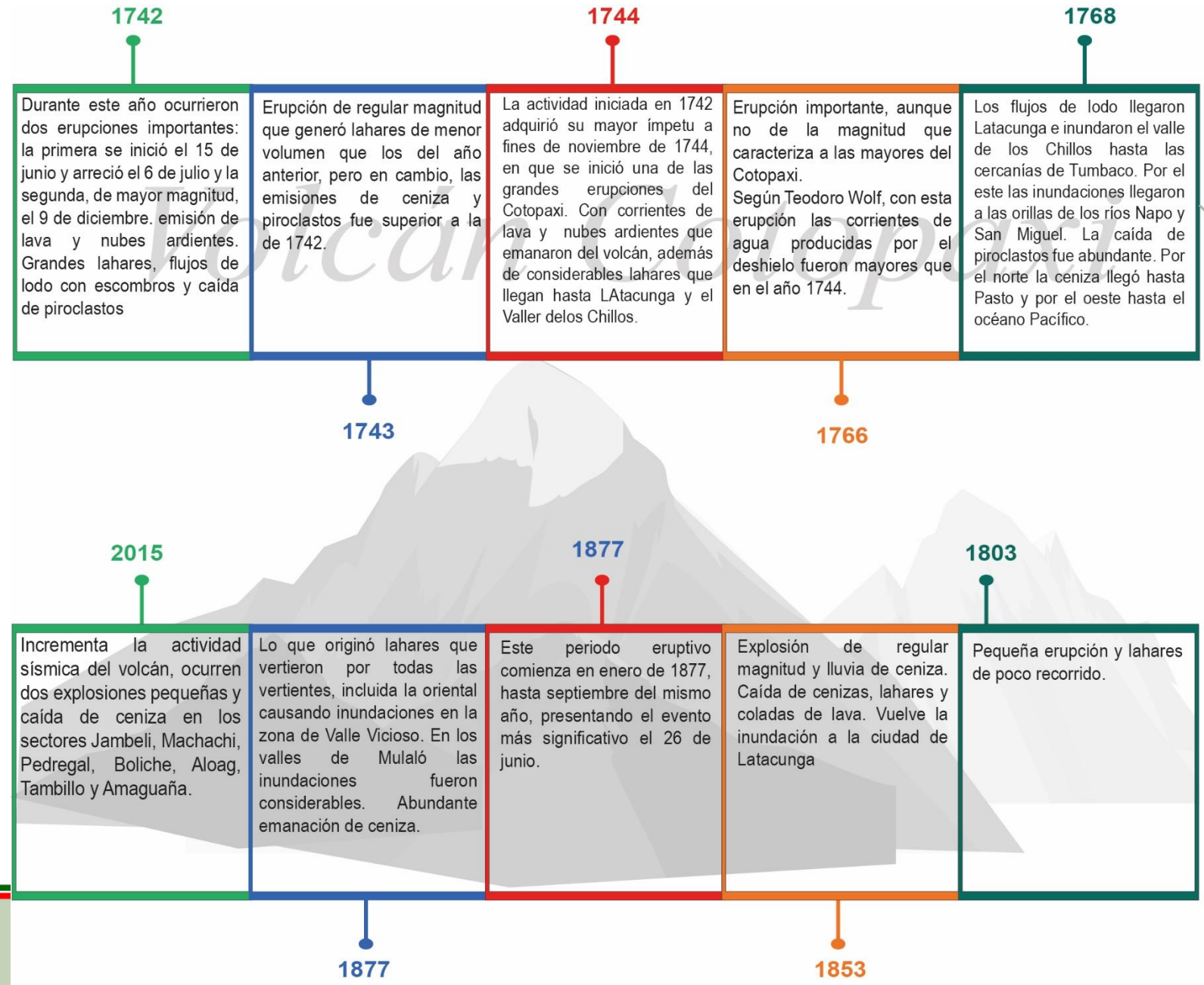


Volcán Cotopaxi

CONCEPTOS CLAVES

5) Resumen de Historia eruptiva del Volcán

La figura recoge los eventos de mayor magnitud relacionadas con las erupciones históricas del Volcán Cotopaxi.



CONCEPTOS CLAVES

6) Herramientas geoespaciales de análisis de riesgos

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

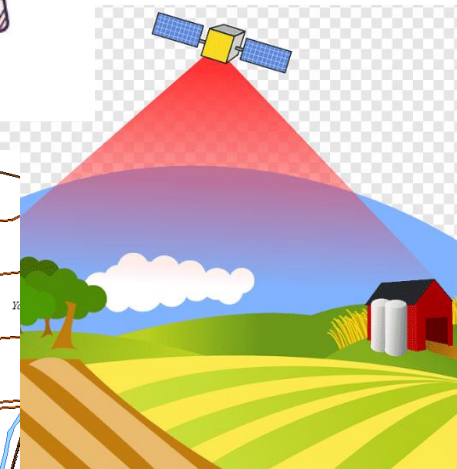
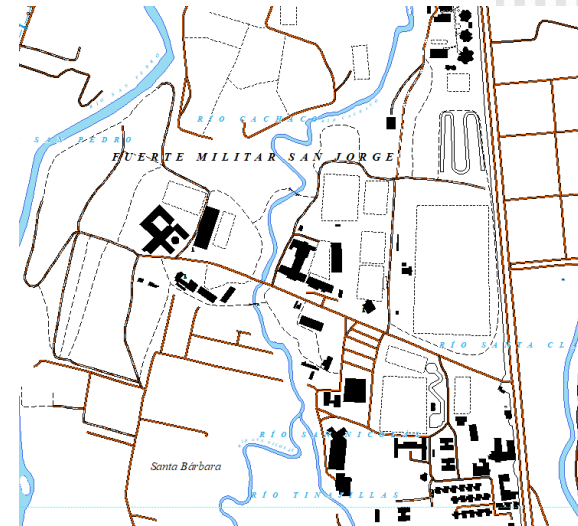
Sistemas computacionales que integran y analizan datos geoespaciales

Sensores Remotos

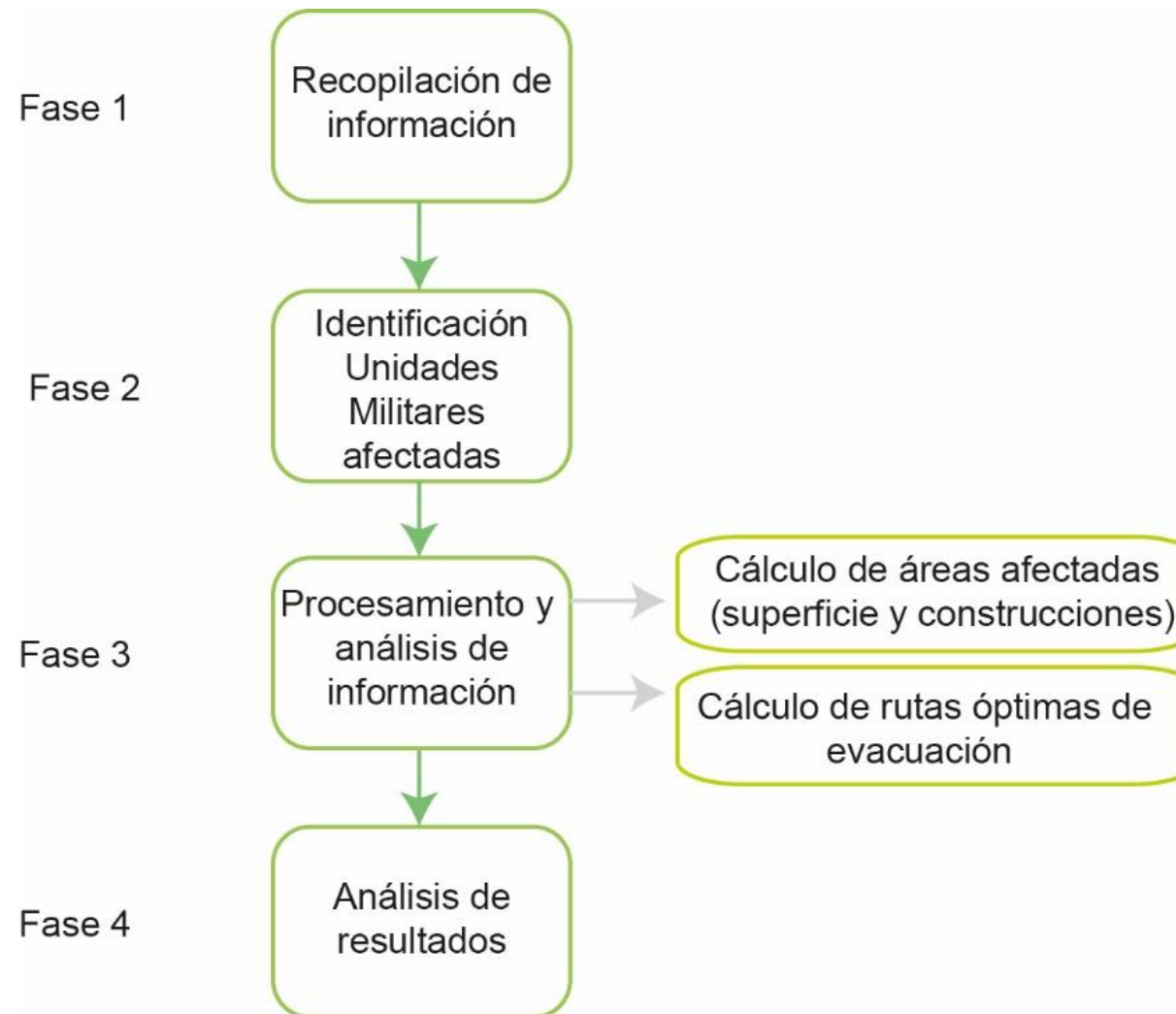
Los sensores remotos recopilan datos sobre la superficie terrestre desde plataformas como satélites o drones.

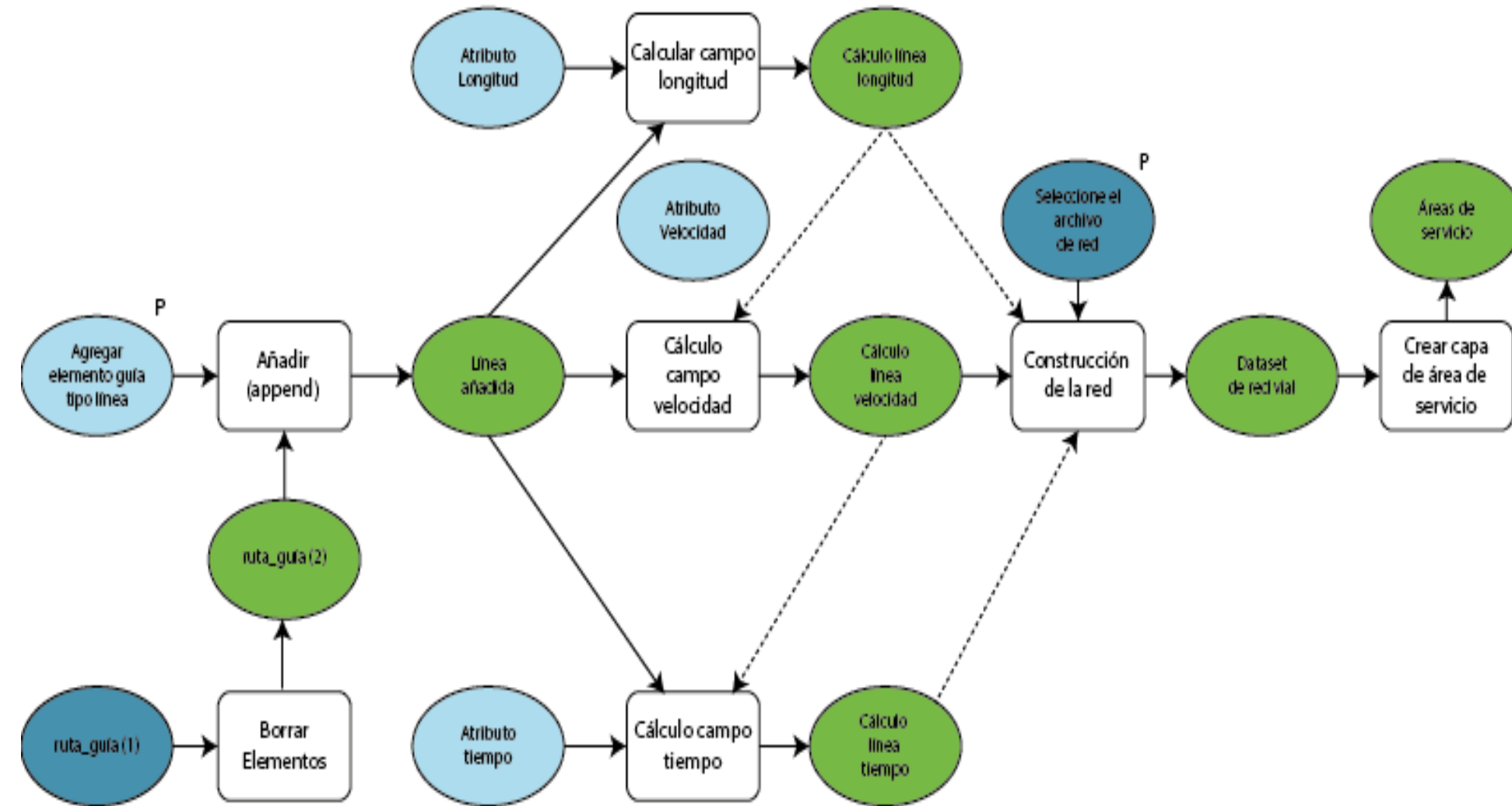
Cartografía Básica

La cartografía básica insumo de análisis en formato vector a escala 1:5.000

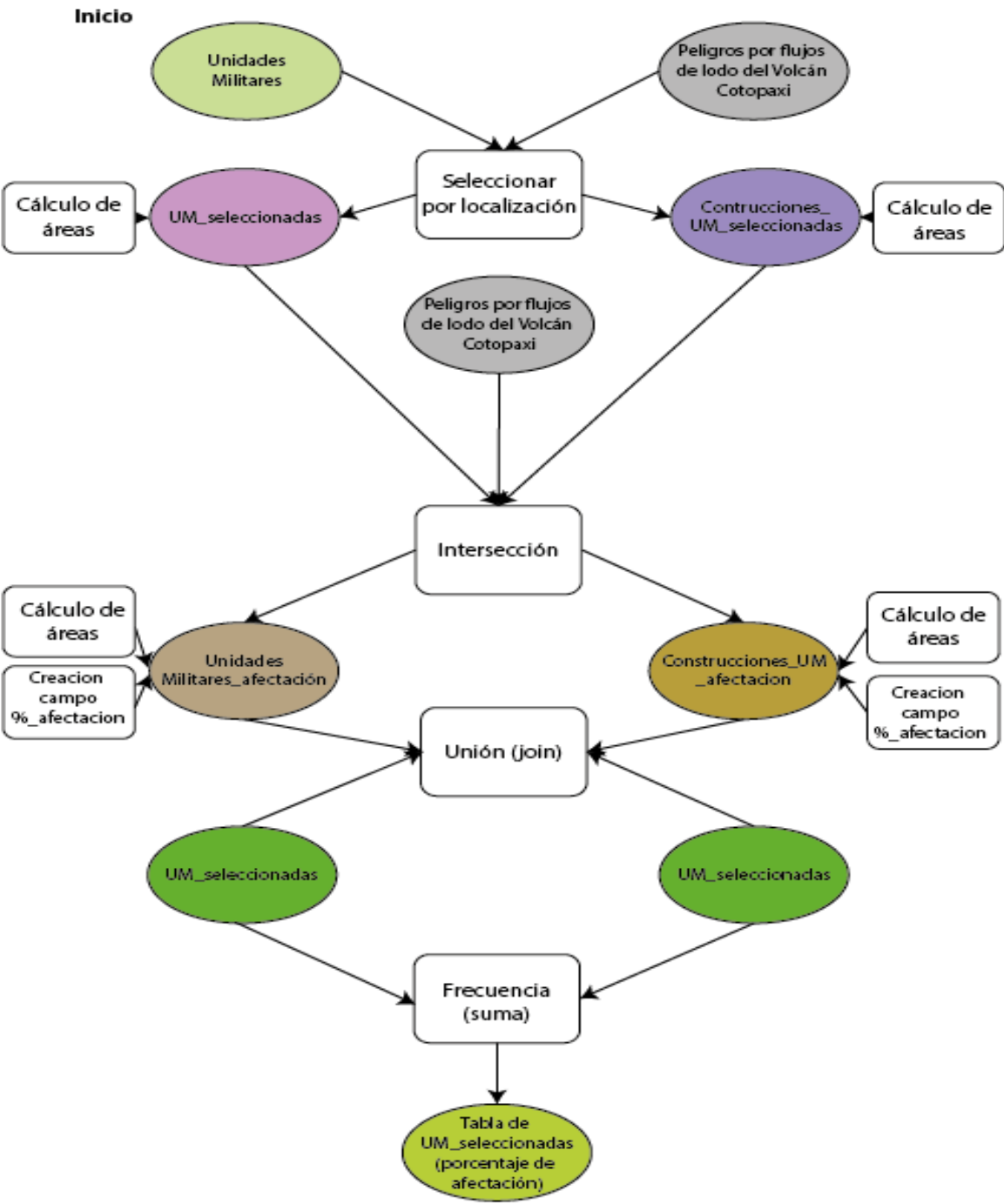


METODOLOGÍA GENERAL DEL PROYECTO

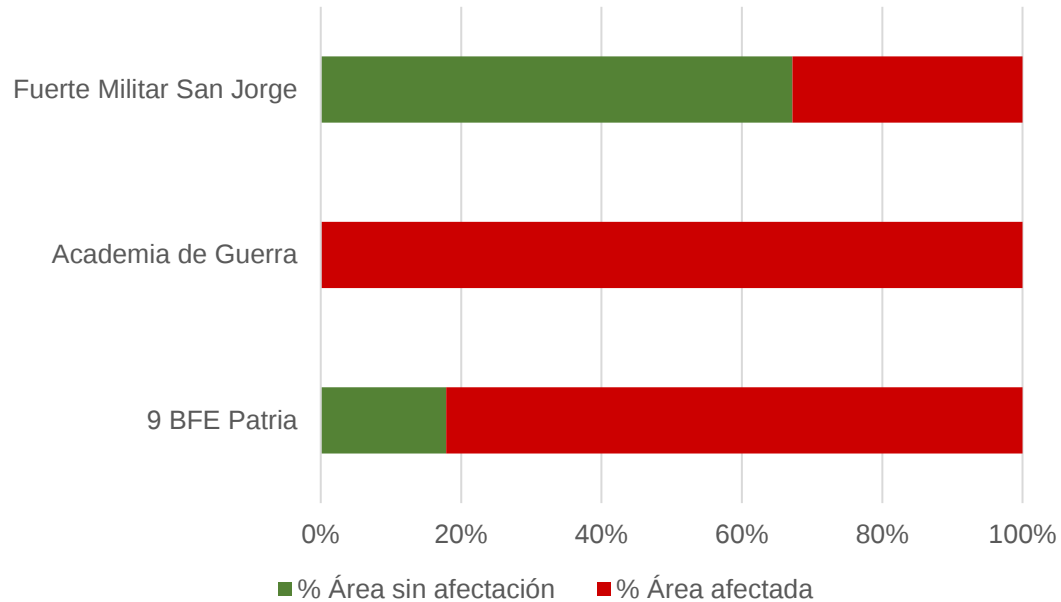




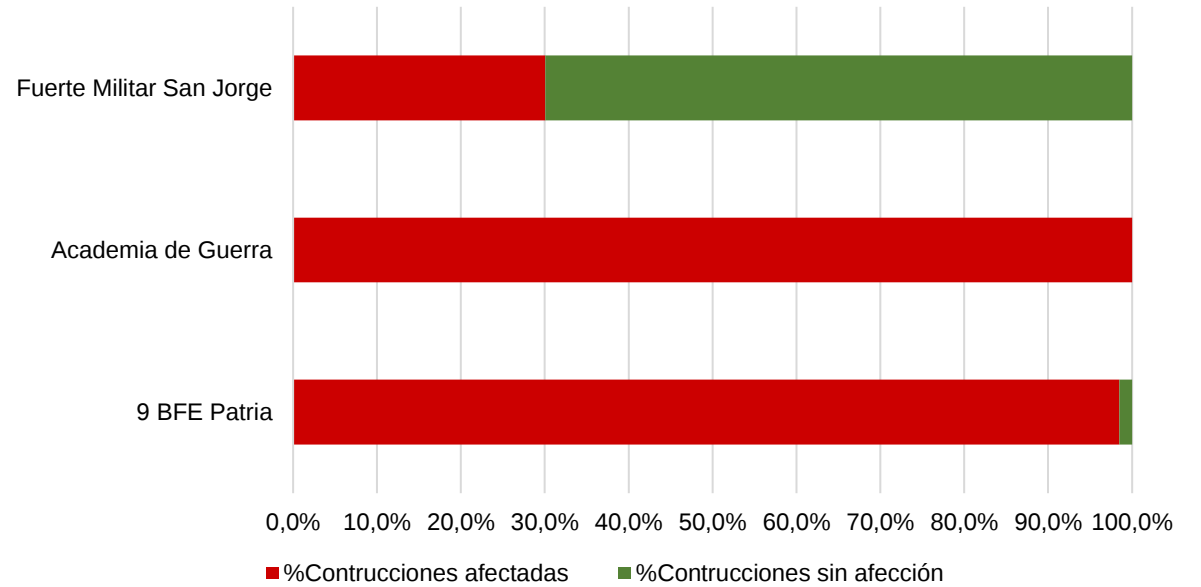
**ESQUEMA DEL
CÁLCULO DEL
PORCENTAJE DE
AFECTACIÓN POR
UNIDAD MILITAR
(SUPERFICIE Y
CONSTRUCCIONES)**



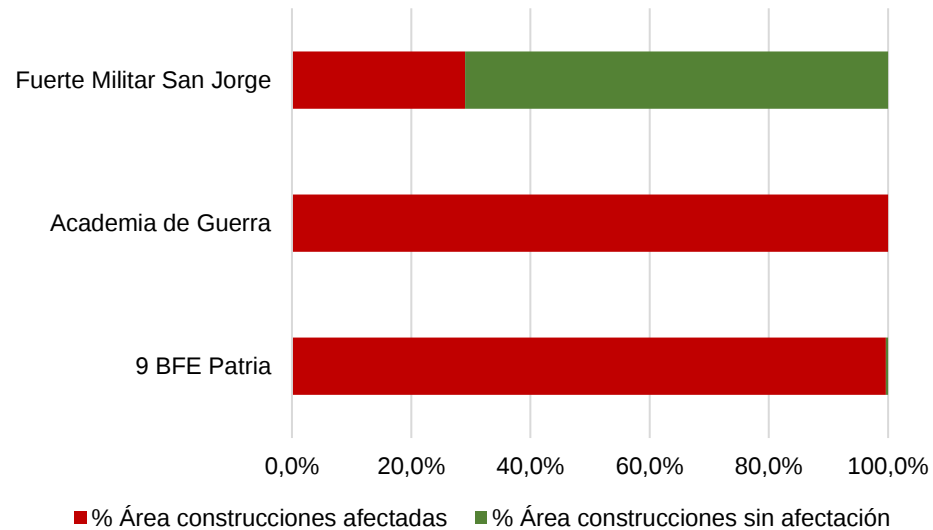
ESQUEMA DEL CÁLCULO DE LA RUTA ÓPTIMA EN FUNCIÓN DE LAS ÁREAS DE SERVICIO (ISOCRONAS)



Unidades Militares según porcentaje de superficie afectada y sin afectación



Unidad Militar según porcentaje del número de construcciones afectadas y sin afectación



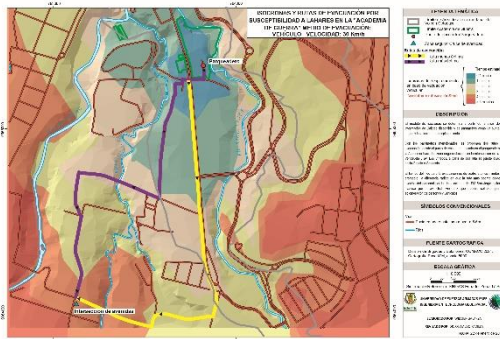
Unidad Militar según porcentaje del área construida afectada y sin afectación

Unidad Militar	Valor de reposición aproximado de las construcciones afectadas en dólares
BFE N°9 Patria	19.720.050,00
Academia de Guerra	3.794.822,50
Fuerte Militar San Jorge	3.101.700,00
Total	26.616.572,50

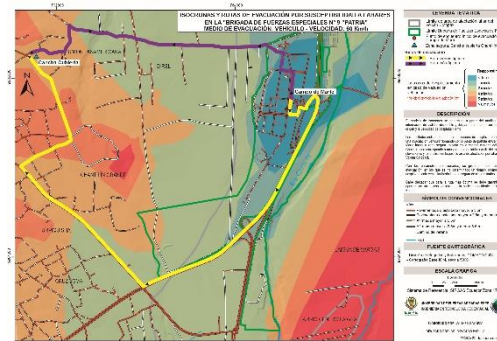
Cálculo aproximado de valor de reposición de las construcciones de las Unidades Militares

DETERMINACIÓN DE LA RUTA ÓPTIMA DE EVACUACIÓN EN LAS UNIDADES SELECCIONADAS

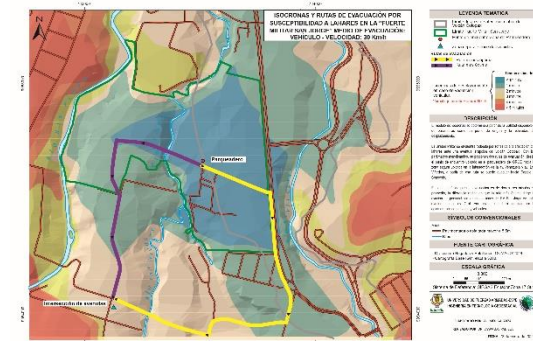
ruta óptima vehicular



ACADEMIA DE GUERRA

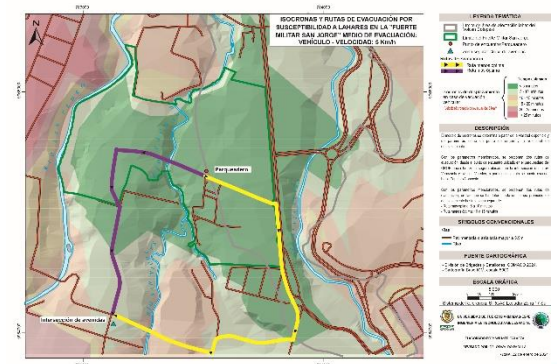
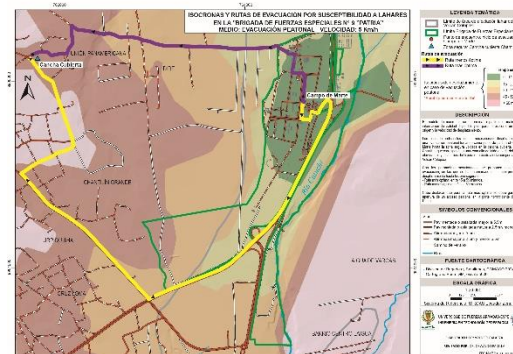
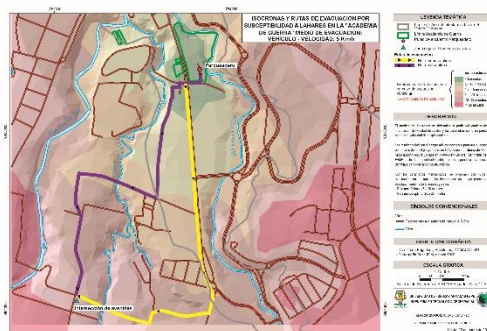


BRIGADA PATRIA



FUERTE MILITAR SAN JORGE

ruta óptima peatonal



Identificación de unidades militares afectadas

Mediante el análisis geoespacial de las variables seleccionadas, así como la determinación de áreas de alta susceptibilidad a la afectación por lahares generados ante una posible erupción del Volcán Cotopaxi, ha permitido identificar que las unidades militares: **Brigada de Fuerzas Especiales N°9 “Patria”, Academia de Guerra y Fuerte Militar “San Jorge”** están localizadas en una zona de afectación directa. A esta condición se debe sumar la cercanía a elementos hidrográficos de importancia como los ríos Cutuchi, Santa Clara y otros afluentes que aumenta significativamente su exposición a flujos de lodo primarios y secundarios.

Grado de afectación territorial

Mediante el respectivo cruce de variables en ambiente SIG, se determinó que el área afectada a nivel de unidad militar varía entre el 32,8% y el 100%, esto depende de la unidad militar analizada, en orden ascendente en lo que se refiere a la **Academia de Guerra** presenta una afectación total del 100% que hace referencia a 4,89 ha, la **Brigada de Fuerzas Especiales N°9 “Patria”** un 82,1% de su territorio está comprometido es decir 196.30 ha, y finalmente el **Fuerte Militar “San Jorge”** presentan un 32,8% de afectación que corresponde a 15 ha.

Infraestructura física comprometida

Del cruzamiento de variables, se estableció que la **Academia de Guerra** presenta el 100% de afectación correspondiente a 62 construcciones potencialmente afectadas, a la **Brigada de Fuerzas Especiales N°9 “Patria”** le corresponde el 99% de afectación a un total de 263 de 267 edificaciones, y el **Fuerte Militar “San Jorge”** tendrá una afectación del 30% es decir 43 de 143 construcciones podrían sufrir algún tipo de daño. En términos generales los porcentajes de afectación en áreas construidas, presentan una la afectación que oscila entre el 30% y 100% según la unidad militar analizada.

Costo estimado de reposición de edificaciones afectadas

Bajo un análisis de valores referenciales de construcción, se estima que sería necesario **USD 26.616.572** aproximadamente para efectos de reposición de las edificaciones afectadas en las tres unidades militares en su conjunto. Este monto es relativo y podría variar según factores específicos de construcción y localización de la unidad militar.

Análisis de rutas de evacuación

En función de la determinación de las rutas óptimas de evacuación tanto vehicular como peatonal en cada unidad militar, se puede establecer que en el caso de la **Academia de Guerra** y el **Fuerte Militar “San Jorge”**, la ruta óptima de evacuación recomendada tiene como punto final de encuentro (sitio seguro) la Fábrica de Municiones del Ejército (FAME). Para la **Brigada de Fuerzas Especiales N°9 “Patria”**, la ruta óptima más segura se encuentra hacia el oeste de la brigada. Por las condiciones de infraestructura física que posee (edificios de varios pisos), se considera recomendable la evacuación vertical en zonas donde no sea posible la evacuación horizontal inmediata sea vehicular o peatonal.

Recomendaciones para las unidades militares

Se recomienda lo siguiente:

Planificación de emergencia y simulacros

Es importante considerar la implementación de un **Plan de Contingencia y Evacuación** que incluya simulacros periódicos para mejorar la respuesta ante una posible erupción del Volcán Cotopaxi. Estos ejercicios deben involucrar a todo el personal considerando los diferentes escenarios de evacuación, así como las alternativas de vías de evacuación ya identificadas.

Infraestructura esencial

Es necesario realizar la evaluación de la posibilidad de reforzar o si es necesario considerar la reubicación definitiva de aquellas infraestructuras esenciales fuera de las zonas de alta exposición a lahares, priorizando la protección de **edificios que alberguen a la mayor cantidad de personas como es el caso de los edificios administrativos y viviendas fiscales así como aquellos que almacenen productos delicados como armamentos o explosivos.**

Mejoras en las vías de evacuación identificadas

Es imprescindible identificar claramente la disponibilidad de las rutas de evacuación, realizar los mantenimientos preventivos con el fin de conservarlas en condiciones adecuadas y así facilitar el acceso y salida de las mismas. Esto incluye la eliminación de posibles obstrucciones y la señalización clara de las rutas seguras.

Sistemas de alerta temprana

Coordinar con el Instituto Geofísico y otras entidades especializadas con el propósito de fortalecer los mecanismos de monitoreo y alerta temprana, asegurando que la información llegue de manera rápida y eficaz a las unidades militares y de esta manera de activen de forma inmediata los protocolos ya establecidos.

Capacitación del personal

Es necesario realizar capacitaciones especializadas constantes destinadas al personal militar y administrativo con el objetivo de que comprenda los riesgos volcánicos a los cuales están expuestos y sepan cómo actuar en caso de emergencia. Esto debe incluir protocolos de evacuación, identificación de rutas de evacuación, puntos de encuentro, así como considerar la posibilidad de una evacuación en refugios verticales previamente identificados.

Gestiones interinstitucionales

Se podría establecer la necesidad de la suscripción de convenios con instituciones locales y nacionales para coordinar acciones de evacuación y asistencia en caso de emergencia. La cooperación con el COE nacional y provincial es clave para una respuesta efectiva e inmediata.

Análisis continuo de riesgos

Es fundamental mantener actualizado el análisis de vulnerabilidad de las unidades militares, esto mediante revisiones periódicas de mapas de peligros volcánicos y la incorporación de nueva información geoespacial y topográfica que pueda ayudar a la toma de decisiones de manera oportuna por parte de las autoridades.

El impacto de una posible erupción del Volcán Cotopaxi, podrá reducirse en las unidades militares, mediante la implementación de las medidas antes descritas, salvaguardando la integridad tanto del personal como de los recursos físicos y estratégicos de cada unidad militar.