



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Evaluación y Zonificación de Riesgos Geodinámicos en el Distrito  
Minero Zaruma - Portovelo

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA EN GEOLOGÍA**

Presentada por:

Claudia Johanna Pesantes Castillo

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

## **AGRADECIMIENTOS**

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo, en especial al Dr. Paúl Carrión Director de Tesis.

A Juan Carlos por ayudarme y acompañarme al campo cuando lo necesitaba.

Al Ing. Jorge Calle, por su apoyo incondicional en la elaboración de este proyecto.

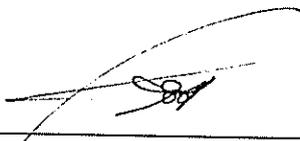
## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su infinito sacrificio y amor;

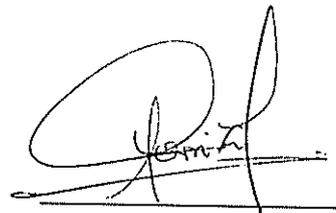
A mis hermanos, por ser siempre los mejores;

A mis tíos Oscar y Leticia, por estar conmigo siempre y en especial durante mis primeros pasos de vida universitaria.

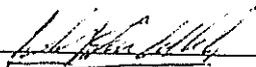
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



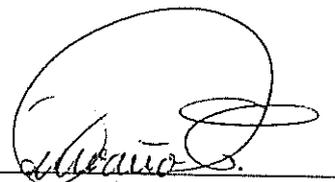
Ing. Edison Navarrete.  
SUBDECANO DE LA FICT  
PRESIDENTE



Dr. Paúl Carrión M.  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Jorge Calle.  
VOCAL



Ing. Gastón Proaño.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Claudia Johanna Pesantes Castillo

## RESUMEN

El presente trabajo nace de la necesidad de resolver un problema que ha marcado por muchos años la vida de los habitantes de Zaruma y Portovelo.

Las condiciones del medio físico que ofrece el sector, sumado a la intervención del hombre, han dado origen a una manifestación de inestabilidades observadas en superficie como son la erosión, los deslizamientos y hundimientos.

La metodología está basada en la línea de trabajo denominada Riesgos Geodinámicos, la cual tiene por objetivo reconocer el origen, causa y efecto de los movimientos de masa, estableciendo una zonificación que nos permita determinar las áreas que representen diferentes niveles de riesgos para así poder tomar las medidas respectivas para prevenir, corregir y/o solucionar una afectación geodinámica.

La herramienta científica que permitió realizar todos los análisis fue el Sistema de Información Geográfica ArcGis 9, utilizado desde la fase de Diagnóstico Territorial hasta la elaboración del Mapa de Zonificación de Riesgos Geodinámicos.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ÍNDICE GENERAL .....	II
ABREVIATURAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
CAPÍTULO 1	
1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Recopilación de Información.....	4
1.4. Metodología de investigación.....	6
1.5. Objetivos.....	9
CAPÍTULO 2	
2. Marcos Geográfico y Geológico.....	11
2.1. Marco Geográfico.....	11
2.1.1. Ubicación.....	11
2.1.2. Clima y Vegetación.....	15

2.1.3. Actividad socioeconómica.....	18
2.2. Marco Geológico.....	18
2.2.1. Geología Regional.....	18
2.2.2. Geología Local.....	20
2.2.3. Rasgos Estructurales.....	22
2.2.4. Hidrografía.....	22
2.2.5. Hidrogeología.....	23
2.2.6. Geomorfología.....	24
CAPÍTULO 3	
3. Riesgos Geodinámicos.....	26
3.1. Procesos del Medio físico.....	32
3.1.1. Erosión.....	32
3.1.2. Movimiento Gravitacional de masas.....	33
3.1.3. Asentamientos.....	37
3.2. Alteraciones Generadas por la Minería.....	37
3.3. Conceptos Usados en el Análisis de Riesgos Geodinámicos.....	37
3.4. Metodología para la Zonificación de Riesgos Geodinámicos.....	39
3.4.1. Análisis, Estimación y Evaluación del Riesgo.....	39
3.4.2. Cartografía Previa Generada para la Zonificación de Riesgos Geodinámicos.....	40

## CAPÍTULO 4

4. Identificación, Caracterización y Evaluación de los Riesgos Geodinámicos en Zaruma y Portovelo.....	44
4.1. Análisis de Medio Físico.....	44
4.1.1. Calidad de la Roca.....	44
4.1.2. Calidad del Suelo.....	48
4.1.3. Acción del Agua.....	50
4.1.4. Acción de Estructuras Geológicas.....	51
4.2. Análisis de la Intervención Antrópica.....	54
4.2.1. Actividad Minera.....	54
4.2.2. Obras de Infraestructura.....	58
4.2.3. Escombreras.....	60
4.2.4. Actividad Agropecuaria.....	61
4.3. Caracterización y Evaluación de los Sectores Afectados.....	62
4.4. Cartografía resultante.....	68
4.4.1. Mapas de Susceptibilidad.....	68
4.4.2. Mapas de Peligro.....	71
4.4.3. Mapas de Riesgos.....	73

## CAPÍTULO 5

5. Medidas de Corrección, Prevención y Mitigación.....	75
5.1. Medidas estructurales Posibles de Emplear.....	75

5.2. Soluciones Para Portovelo.....	78
5.3. Soluciones para Zaruma.....	81

## CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
--	----

## APÉNDICES

## BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

BGS	British Geology Services.
CODIGEM	Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero Metalúrgica
CYTED	Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
° C	Grados centígrados.
DGGM	Dirección General de Geología y Minas.
Fm.	Formación
FUNDACYT	Fundación para la Ciencia y la Tecnología.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
Km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados
m	Metros.
mm	Milímetros.
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar.
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
ORSTOM	Office Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.
PMRGZP	Plan de Mitigación de Riesgos Geodinámicos en Zaruma y Portovelo.
Q	Caudal.
RUMYS	Rutas Minerales y Sostenible.
SIG	Sistema de Información Geográfico.
UNESCO	United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization
UTM.	Universal Transversal Mercator

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 2.1	Ubicación de Zaruma y Portovelo..... 11
Figura 2.2	Delimitación del área de estudio de Zaruma y Portovelo..... 12
Figura 2.3	Vista Panorámica de Portovelo..... 13
Figura 2.4	Parque Central de Zaruma..... 14
Figura 2.5	Mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual..... 17
Figura 2.6	Mapa Geológico Regional de la zona Zaruma - Portovelo... 20
Figura 2.7	Mapa de Geología Local de la zona Zaruma – Portovelo..... 21
Figura 2.8	Esquema del Sistema Hidrogeológico de la zona Zaruma y Portovelo..... 23
Figura 2.9	Mapa de Elevaciones de la zona de Zaruma y Portovelo..... 25
Figura 3.1	Esquema Geodinámica Actual del Ecuador..... 28
Figura 3.2	Interacción de las placas tectónicas..... 28
Figura 3.3	Perfil Esquemático de Tipos de Erosión..... 33
Figura 3.4	Perfil Esquemático de los Tipos de Deslizamiento..... 35
Figura 3.5	Perfil Esquemático del Proceso de Reptación..... 35
Figura 3.6	Perfil Esquemático del Proceso de Caída de Bloques..... 36
Figura 3.7	Perfil Esquemático del Proceso de Corrida..... 36
Figura 4.1	Mapa Geológico de la zona de Zaruma y Portovelo..... 47
Figura 4.2	Mapa de Suelos de la zona de Zaruma y Portovelo..... 49
Figura 4.3	Bocaminas. Izq. Sector Curipamba. Der. Sector El Castillo... 50
Figura 4.4	Principales Rasgos Estructurales de la zona de Zaruma y Portovelo..... 53
Figura 4.5	Mapa de Ubicación de las Bocaminas, Escombreras y Deslizamientos en la Zona Zaruma Y Portovelo..... 56
Figura 4.6	Fotografías Izq. Bocamina sector Q. Matalanga. Der. Bocamina sector Cerro El Calvario..... 57
Figura 4.7	Fotografías de material estéril y removido depositado junto a una pequeña quebrada. .... 61
Figura 4.9	Mapa de Susceptibilidad de Portovelo..... 69
Figura 4.10	Mapa de Susceptibilidad de Zaruma..... 70
Figura 4.11	Mapa de Peligrosidad de Portovelo..... 71
Figura 4.12	Mapa de Peligrosidad de Zaruma..... 72
Figura 4.13	Mapa de Riesgos de Portovelo..... 73
Figura 4.14	Mapa de Riesgos de Zaruma..... 74
Figura 5.1	Perfil Esquemático de una Zanja de Drenaje y Muro de Contención..... 76
Figura 5.2	Perfil Esquemático de la implantación de Drenes Horizontales ..... 77
Figura 5.3	Perfil Esquemático de una Escollera..... 77

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1	Indicadores Climáticos Medios ..... 15
Tabla 3.1	Datos del Terremoto de 1970 en la región sur..... 30
Tabla 3.2	Datos de los últimos sismos durante el 2007 en la región sur. 31
Tabla 4.1	Principales Infraestructuras afectadas en Zaruma ..... 58
Tabla 4.2	Principales Infraestructuras afectadas en Portovelo ..... 59
Tabla 4.3	Evaluación y Caracterización de afectaciones en Portovelo.... 63
Tabla 4.4	Evaluación y Caracterización de afectaciones en Zaruma..... 65

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El impacto del hombre sobre el medio ambiente crece cada vez más, alterando los sistemas ecológicos, poniendo en peligro la supervivencia de plantas, animales y al hombre mismo. La necesidad de aprovechar los recursos naturales proporcionados por la naturaleza, ha llevado a las poblaciones a buscar y utilizar técnicas inapropiadas de explotación. Para evitar esto, se debe poner especial cuidado en realizar un aprovechamiento sostenible o racional del recurso, evitando su agotamiento y procurando conservar el medio ambiente y el equilibrio de la naturaleza, pues de ella dependen nuestra propia supervivencia y la existencia misma de la vida sobre nuestro planeta.

### 1.1. Antecedentes

En Zaruma y Portovelo, uno de los minerales más explotados desde inicios de la colonia hasta los tiempos actuales es el oro. En estas zonas, las secuelas producidas por la actividad minera subterránea

desordenada, son muy visibles. La falta de técnicas apropiadas de explotación no ha posibilitado la planificación, control y regulación de esta actividad, lo que ha conllevado a la minería informal provocar inestabilidad de las zonas donde realizan sus labores, estas se evidencian en los deslizamientos y hundimientos del terreno observados en ciertos sectores de las ciudades y sus alrededores.

Otros factores que se suma a estos problemas de inestabilidad y hundimientos son:

- 1) La mala ubicación de obras de superficie, las cuales en mucho de los casos observados, cortan transversalmente ejes de quebradas, pie de taludes, zonas de inundación, entre otros.
- 2) Construcción sobre material suelto de relleno y de meteorización.
- 3) Erosión de terrenos por la actividad agrícola y ganadera que es el segundo factor de desarrollo económico de estos cantones.

Esta tesis es parte del proyecto PIC-241 “Plan de Mitigación de Riesgos Geodinámicos en el sector de Zaruma y Portovelo y su Incidencia en la Calidad de Vida de sus Habitantes” aprobado por la FUNDACYT (Fundación para la Ciencia y la Tecnología), cuyo director es el Dr. Paúl Carrión. Además esta tesis, como el proyecto en mención es parte de los Proyectos Internacionales XIII.3 del Programa

CYTED, cuyo coordinador es el Dr. Roberto Blanco y RUMYS “Rutas Minerales y Sostenible”.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

Zaruma y Portovelo se asientan sobre las estribaciones del flanco occidental del sistema montañoso de los Andes, que geológicamente es una zona rica en sulfuros y propia en el desarrollo del mineral oro. Desde inicios de la colonia esta zona ha sido centro de una intensa actividad minera tanto formal como informal, las cuales al pasar los años y debido a las inadecuadas técnicas de explotación han venido degradando las zonas sobre la cuales se asientan, alterando la mayor parte del casco urbano de estas ciudades.

El uso inadecuado de la carga explosiva, la ubicación al azar de las diferentes bocaminas, la excavación sin rumbo de las galerías han provocado colapsos y hundimientos de estos y cuyas repercusiones también se manifiestan en superficie y cercanos a lugares poblados. Tratar de ubicar y cuantificar el número de bocaminas, así como las técnicas de construcción, dirección y longitud de cada una, nos permitirá elaborar un croquis y así obtener una mejor visión del problema y conocer la magnitud de los daños que en los actuales momentos y ha futuro podrían afectar la seguridad y calidad de vida de sus habitantes.

El material que se extrae de estas labores mineras, son depositados en la mayoría de los casos en quebradas o pendiente abajo de las laderas de las colinas. Esto es muy frecuente y el riesgo de formar aludes o desprendimientos se incrementa en épocas invernales. Conocer el volumen de estos materiales y buscar zonas para su correcta ubicación es también de conocimiento primordial en este proyecto. Delimitar las zonas de mayor riesgo geodinámico ya existentes y producidos por los agentes erosivos naturales y antrópicos en un mapa de riesgos, ayudará a obtener una visión general de los lugares donde se deben tomar medidas inmediatas, y que seguramente no deben esperar a ser implementadas hasta antes de llegado el próximo invierno en la región.

Zaruma y Portovelo son ciudades patrimoniales que hay que conservar, pero tiene problemas geodinámicos naturales y antrópicos que pueden provocar gran impacto por deslizamiento sobre ellas. Dar respuesta a esta problemática es prioritario.

### **1.3. Recopilación de la Información**

El sector de Zaruma y Portovelo ha sido motivo de investigación y estudio durante los últimos 10 años. Varios informes se han elaborado en base a sus problemas geodinámicos, ambientales, sociales, de

infraestructura, entre otros. A continuación se presenta una recopilación de los informes más relevantes hasta la fecha:

1. Blanco, R. Watson, R. Costa e Silva, V. Tolentino, V. Carrión, P. Romero, J. Villacís, W. Morante, F. Peña, E. Eras, R. (2000): Informe Preliminar de Diagnóstico sobre la Situación Geomecánica y de Contaminación de Zaruma y Portovelo. Red CYTED XII-D. Aplicada a la Minería Sostenible, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Cámara de Minería Zaruma. Proyecto Estudios y Soluciones a los Peligros y Riesgos Geodinámicos Ambientales y Problemas Sociales Vinculados con la Actividad Minera en la Región de Zaruma. Ecuador.
2. Blanco, R. Azuaga Ayres Da Silva, L. Carrión, P. (2003). Informe técnico sobre la situación de riesgo en Portovelo.
3. Carrión, P. Ladines, L. Morante, F. Blanco, R. (2003). Diagnóstico de la situación geomecánica y de la contaminación de Zaruma y Portovelo.
4. Velasco, Jorge (2004). Análisis preliminar de la influencia de la actividad minera en pequeña escala y los riesgos geodinámicos en Portovelo.

5. Blanco, R. Watson, R. y otros (2004). Zonificación preliminar del área del casco urbano de Zaruma, según el grado de riesgos geodinámicos.

6. Chávez, M. Ruesta, P. Jiménez, J (2005). Informe sobre los procesos de deslizamiento en las laderas y taludes de la zona de Portovelo.

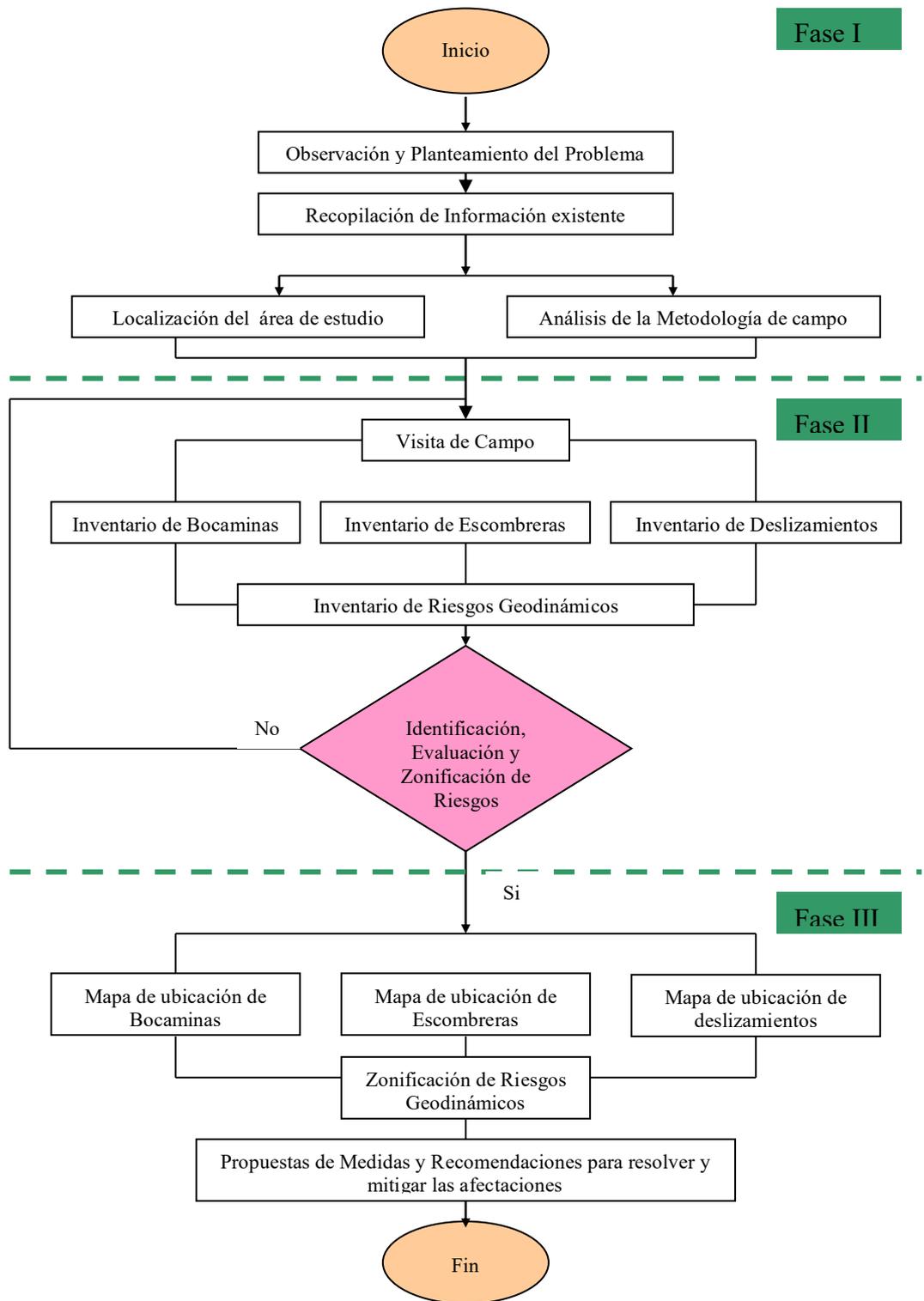
7. Carrión, P. Blanco, R. Carvajal, A. Watson, R. Chávez, A. Calle, J. Velasco, J. Pindo, J. Loayza, G. Barreto, J. (2006). Plan de medidas técnicas emergentes en Zaruma y zonificación de riesgos.

#### **1.4. Metodología de Investigación**

La metodología adoptada para la elaboración del presente trabajo puede sintetizarse en tres fases:

- Fase I, de Inicio, Observación y Preparación;
- Fase II, de Recopilación, Diagnóstico, Evaluación y Análisis de la Información
- Fase III, de Desarrollo y Resultados Finales.

El esquema siguiente representa la metodología mencionada:



**Esquema I.** Metodología de desarrollo del Proyecto de Tesis.

La **Fase I**, de Inicio, Observación y Preparación; consistió en obtener del área de estudio, en este caso de Zaruma y Portovelo, una visión general de la magnitud de los Riesgos Geodinámicos a la que se ven afectadas, buscando así establecer el origen, las causas y los efectos por los cuales se produjeron. La revisión de los informes elaborados por otros organismos e investigadores, complementó la investigación y, unificándolos, se obtuvo el presente informe que es el producto final, esperado para este Proyecto. El planteamiento de una metodología a seguir en el campo ayudó a optimizar el cumplimiento de las tareas y asignaciones, las cuales se desarrollaron en un periodo de tiempo y espacio determinado.

La **Fase II**, de Recopilación, Diagnóstico, Evaluación y Análisis de la Información; consistió en la recopilación de datos de campo muy importantes para la continuación del desarrollo del proyecto. Esto permitió elaborar a priori un diagnóstico sobre la situación actual para cada sector. Una vez recopilada toda la información necesaria se realizó la evaluación y análisis de ésta para dar paso a la siguiente fase, de desarrollo y resultados finales.

La **Fase III**, consistió en elaborar una Zonificación de los diferentes tipos de Riesgos Geodinámicos presentes tanto para Zaruma como para Portovelo, y sobre todo su relación con la actividad minera. Al

final se elaboró un plan de medidas para mitigar estos riesgos mejorando así la calidad de vida de los habitantes de estas localidades.

### **1.5. Objetivos**

El objetivo general fue el de realizar la Evaluación y Zonificación de Riegos Geodinámicos en el distrito minero de Zaruma y Portovelo estableciendo los puntos más críticos para cada distrito y de esta manera dar paso a una serie de recomendaciones y medidas a implementarse.

Este objetivo fue desarrollado mediante:

- La elaboración de un Inventario de todas las bocaminas existentes en Zaruma y Portovelo, anotando sus propiedades más características.
- La elaboración un Inventario de todas las escombreras existentes en Zaruma y Portovelo, anotando sus propiedades más características.
- La elaboración de un Inventario de las zonas de riesgos geodinámicos existentes en Zaruma y Portovelo producidas por la actividad minera u otros factores, y anotar sus propiedades más características.

- La elaboración de un Mapa de Zonificación de Riesgos Geodinámicos para Zaruma y Portovelo respectivamente.

# CAPITULO 2

## 2. MARCO GEOGRÁFICO Y MARCO GEOLÓGICO

### 2.1. Marco Geográfico

#### 2.1.1. Ubicación

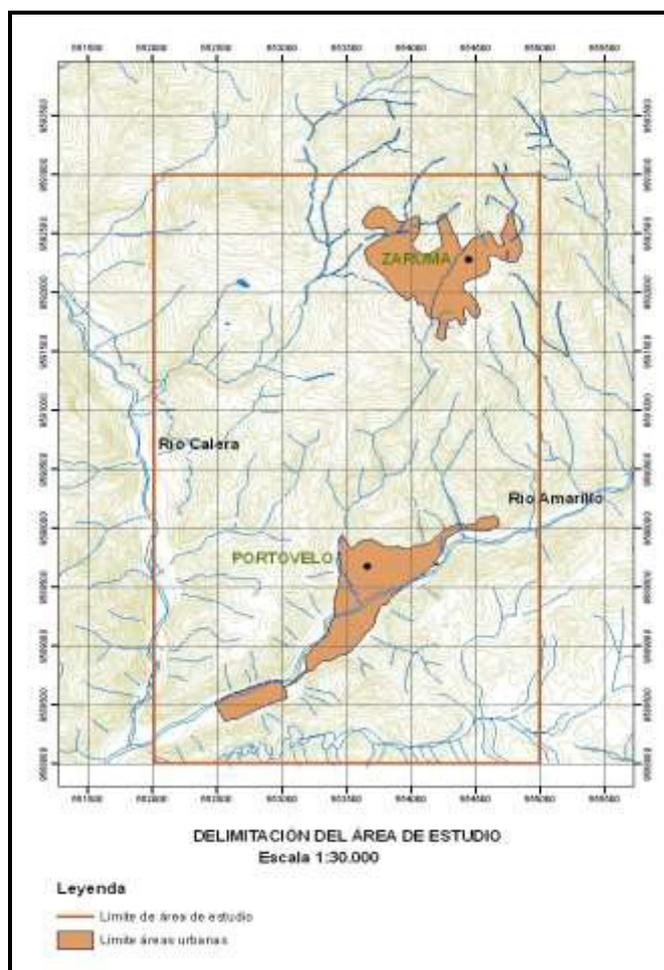
Zaruma y Portovelo se ubican al sureste de la Provincia de El Oro, al Suroeste del Ecuador (Fig. 2.1), sobre las estribaciones occidentales de las Cordillera Occidental.



Fig. 2.1. Ubicación de Zaruma y Portovelo.

El área de estudio (Fig. 2.2) está comprendida entre las siguientes Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator):

	X	Y
1.	(652.000 – 9'588.000)	
2.	(652.000 – 9'593.000)	
3.	(655.000 – 9'593.000)	
4.	(655.000 – 9'588.000)	

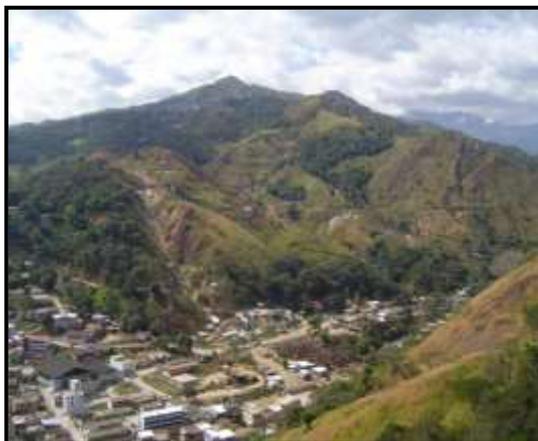


**Fig. 2.2.** Delimitación del área de estudio de Zaruma y Portovelo.  
**Base:** Hoja Topográfica Zaruma, Escala: 1:25.000. (IGM).

### **Portovelo**

La ciudad de Portovelo se encuentra a 600 m.s.n.m. El cantón posee una extensión de 286,2 Km<sup>2</sup>, y su población es de aproximadamente 13.800 habitantes. Actualmente Portovelo constituye Patrimonio Minero del Ecuador desde el 25 de Enero de 2004.

La actividad minera de Portovelo se remonta a la época prehispánica, donde los buscadores de oro llegaron al valle del hoy río Amarillo tratando de encontrar el yacimiento primario que generaba el metal precioso encontrado en los ríos Puyango y Túmbes. Al descubrir la riqueza polimetálica de la zona, varias compañías extranjeras fueron atraídas y asentaron su campamento en el aquel entonces llamado “Asiento de Minas”. Desde ese entonces Portovelo inicia su periodo de actividad minera y en la actualidad las compañías que allí se encuentran son solo nacionales y la mayoría mineros informales.



**Fig. 2.3.** Vista Panorámica de Portovelo.

## Zaruma

La ciudad de Zaruma se encuentra a 1.230 m.s.n.m. El cantón posee una extensión de 643,5 Km<sup>2</sup>, su población es de aproximadamente 23.518 habitantes. Actualmente la ciudad de Zaruma constituye Patrimonio Cultural del Ecuador, según declaración del Gobierno Nacional el 25 de Mayo de 1990; y desde junio de 1998 es candidata a ser declarada como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO.

Su actividad minera se remonta a la época aborígen, época en la cuál no se dio una explotación significativa, sino hasta llegada la colonización española, esta actividad llegó a constituir una fuente importante de riqueza para la corona española y que desde entonces marcó la economía de la población hasta la actualidad.



**Fig. 2.4.** Parque Central de Zaruma.

### 2.1.2. Clima y Vegetación

Por las características geográficas y topográficas de la zona, podemos encontrar microclimas de marcada diferencia con régimen climático temperado y con altitudes entre los 600 y 3771 m.s.n.m. El clima de la región corresponde a subtropical húmedo, en donde se dan dos estaciones bien marcadas, el periodo denominado invierno, que se prolonga desde enero a abril y el período que va desde mayo a diciembre que se caracteriza por ausencia de precipitaciones y se conoce como verano.

<b>Precipitación total anual</b>	1229 mm.
<b>Precipitación media mensual</b>	102 mm
<b>Evaporación media mensual</b>	62 mm
<b>Humedad relativa</b>	84 %
<b>Nubosidad</b>	6/8
<b>Temperatura ambiental media mensual</b>	21.8 °C

**Tabla 2.1.** Indicadores Climáticos Medios.  
**Fuente:** Plan de Desarrollo Estratégico -  
 Municipio de Zaruma. 2004.

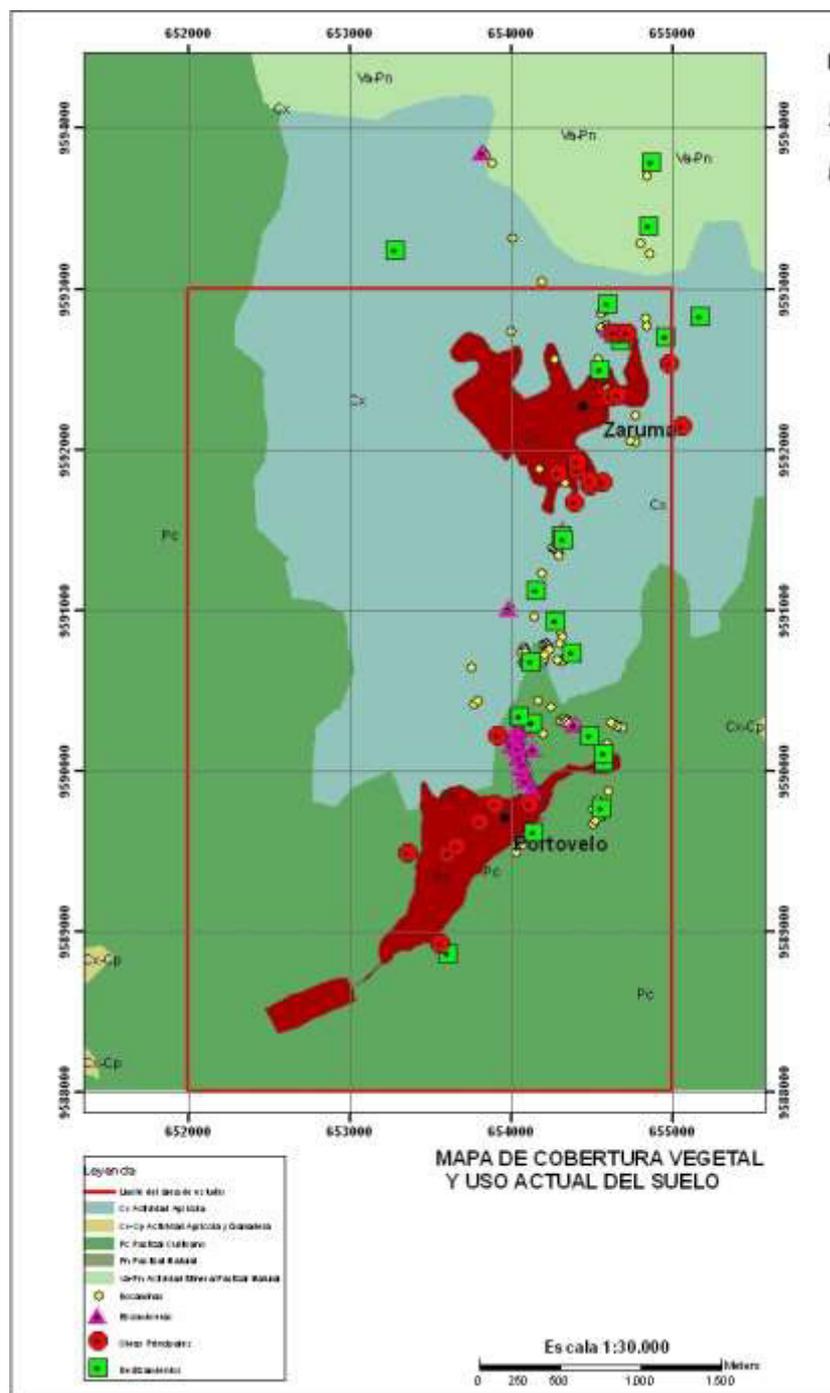
De acuerdo al mapa de **Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo** (Fig. 2.5) realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se puede distinguir las siguientes formaciones vegetales y usos del suelo en la zona de estudio:

**Zonas de Ocupación Poblacional:** Estas zonas comprenden la parte urbana y rural.

**Zonas de Actividad Agrícola:** Comprende los cultivos indiferenciados en el mapa, pero tradicionales en la zona de estudio, tales como: café, maíz, caña de azúcar, yuca.

**Zonas de Actividad Ganadera:** Representada principalmente por el ganado vacuno y ocupa las zonas de pastizales naturales y cultivados.

**Zonas de Actividad Minera:** Representada por las explotaciones mineras y sus respectivas escombreras [16].



**Fig. 2.5.** Mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual.  
**Fuente:** Mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual de Zaruma.  
 Esca: 1:30.000. (MAG).

### **2.1.3. Actividad Socioeconómica**

La actividad socioeconómica de Zaruma y Portovelo depende no solamente de su riqueza aurífera, sino también de la fertilidad de sus suelos, siendo la agricultura la segunda fuente de ingreso para los habitantes de éstas zonas. Los principales productos que aquí se dan son caña de azúcar, maíz, café, yuca, piña. Otra base importante en su economía es la actividad ganadera y turística.

## **2.2. MARCO GEOLÓGICO**

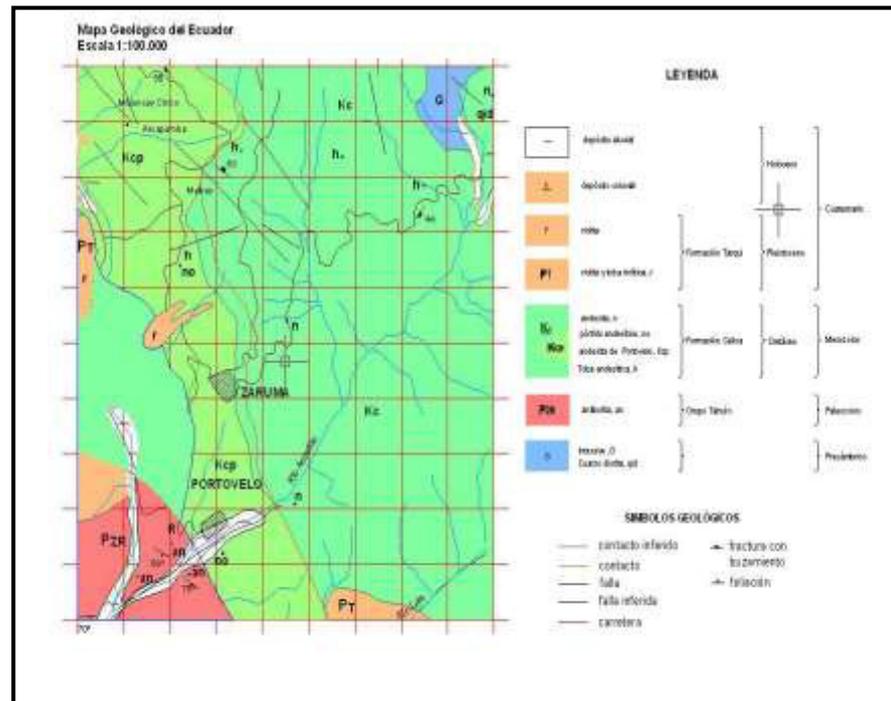
### **2.2.1. Geología Regional**

El núcleo de la Cordillera Occidental esta constituido por rocas metamórficas de edad paleozoica. Sobre ellas yacen adosadas grandes paquetes volcánicos de origen oceánico. Todo esto en conjunto esta instruido por rocas ígneas. Algunas huellas profundas de eventos tectónicos regionales de alto significado metalogénico y sismológico se manifiestan en direcciones NNE y NNO.

Algunas de las formaciones que allí se encuentran son el Complejo Metamórfico el Oro de edad paleozoica, sobre las que

yacen adosadas capas de sedimentos metamorfisados, tales como pizarras y conglomerados con clivaje. Otras unidades presentes son la Fm. Celica que sobreyace discordante al Complejo Metamórfico el Oro, que comprende tobas andesíticas a dacíticas y andesitas, de edad Albiana, la Fm. Sacapalca que comprende lavas andesíticas, brechas tobáceas, conglomerados, lutitas lacustres y tobas dacíticas. Y por último, el Grupo Saraguro, conformado por tobas soldadas de composición dacítica a riolítica, lavas andesíticas, material volcánico y rocas sedimentarias (Fig.2.6).

En la margen derecha del Río Calera se encuentran tobas riolíticas y las rocas metamórficas (cuarcitas, esquistos, filitas) de la serie Tahuín. La misma serie Tahuín se encuentra en ambas márgenes del Río Amarillo, después de su confluencia con el río Calera **[15]**.

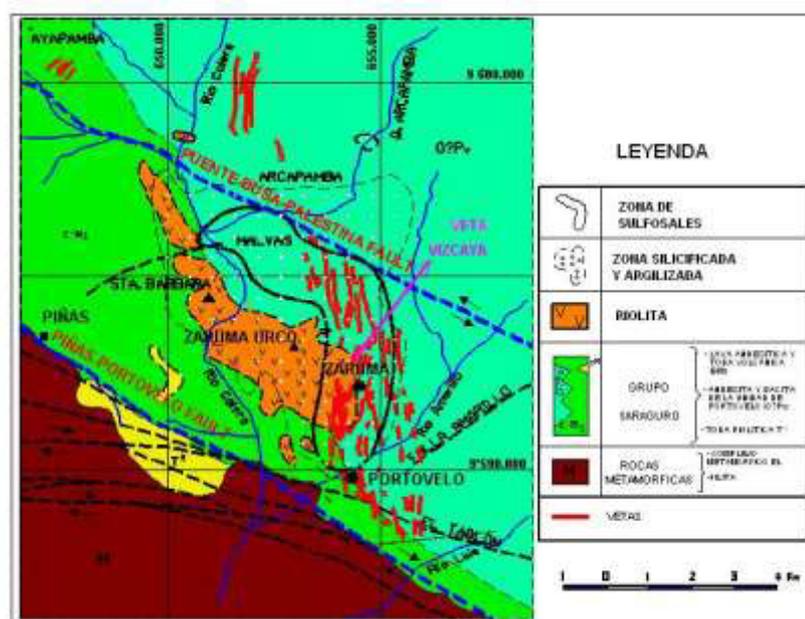


**Fig. 2.6.** Mapa Geológico Regional de la zona de Zaruma-Portovelo.  
**Fuente:** Mapa Geológico del Ecuador, Escala: 1:100.000. (DGGM).

### 2.2.2. Geología Local

La mineralización de Zaruma-Portovelo está alojada en vulcanitas intermedias a silíceas de la recientemente definida Unidad Portovelo (Pratt et al., 1997) que esta fallada contra las rocas metamórficas del sur a lo largo del Sistema de Fallas Piñas-Portovelo (Fig. 2.7) y que se superpone disconformemente sobre el Complejo Metamórfico de El Oro. Esta unidad está dominada por lavas andesíticas masivas porfídicas a basaltos andesíticos y brecha.

Autores anteriores habían incluido esta secuencia en la Fm. Celica (DGGM, 1982), la Fm. Piñón (DGGM, 1973; DGGM, 1975) y en las volcanitas Saraguro (BGS & CODIGEM, 1993). Datos recientes (Aspden, com. Per) indican edades de 21,5 – 28,4 Ma., (Oligoceno más alto a Mioceno más temprano) que confirman la pertenencia de la Unidad Portovelo al Grupo Saraguro [15].



**Fig. 2.7.** Mapa de Geología Local de la zona de Zaruma y Portovelo.

**Fuente.:** Mutti, D y Bonilla (2005)

### **2.2.3. Rasgos Estructurales**

Los principales rasgos estructurales de la región son: el Sistema de Fallas Piñas-Portovelo y el sistema de Falla Puente Busa-Palestina.

El primer sistema es una falla de cabalgamiento. Se extiende 40 Km, con un azimut aproximado de 295°. Un gran descenso en la parte Norte separa al Grupo Saraguro del Complejo Metamórfico de El Oro. Esta falla constituye también el límite Sur del sistema de vetas auríferas. El desplazamiento del Grupo Saraguro al Oeste de Zaruma indica un salto vertical de al menos 3km entre Piñas y Zaruma (Pratt et al., 1997). Mientras que al Oeste de Piñas la falla aparece con buzamiento alto, entre Piñas y Salatí y al Este de Portovelo es un cabalgamiento con tendencia al Sur, buzando al Norte (Pratt et al., 1997). La Falla Puente Busa-Palestina, sigue un rumbo paralelo a la falla Piñas Portovelo, con una extensión de aproximadamente 10 Km. (Watson, R y Yoli, J) [15].

### **2.2.4. Hidrografía**

Los Ríos Amarillo y Calera forman el principal sistema hidrográfico de la zona de estudio. El Río Amarillo atraviesa la

ciudad de Portovelo en sentido NE-SO, este converge al sur con el Río Calera para luego formar el Río Pindo (Fig. 2.2).

### 2.2.5. Hidrogeología

En el sistema hidrogeológico del sector Zaruma y Portovelo, la zona saturada está condicionada a las grietas que sirven de conductos en el seno del macizo rocoso (Fig. 2.8) y es un acuífero de tipo fisurado-libre-interior. Los niveles freáticos están, en términos generales a los 5 m de la superficie. Los socavones situados a cotas menores se convierten en prácticamente galerías de desfogue por lo que los niveles freáticos se vuelven también más bajos ya que el agua desciende por estas galerías.

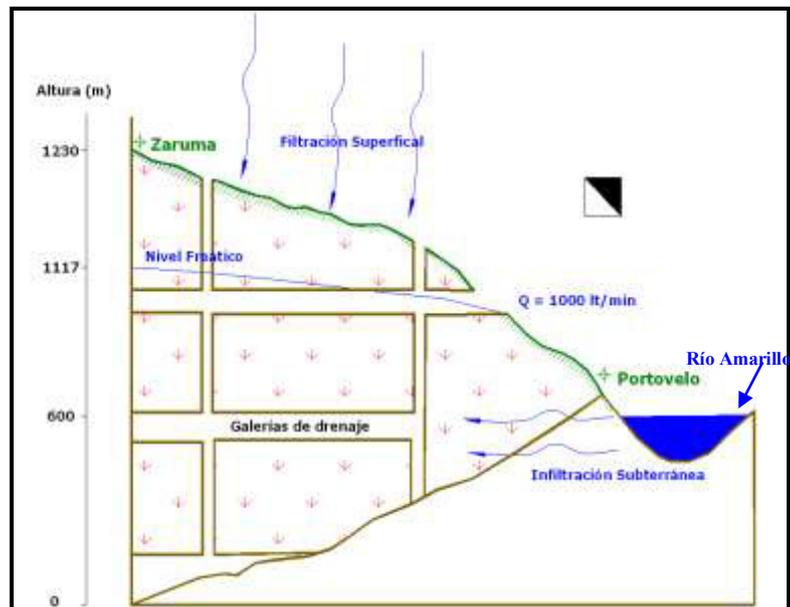


Fig. 2.8. Esquema de Sistema Hidrogeológico en la zona de Zaruma y Portovelo.

### **2.2.6. Geomorfología**

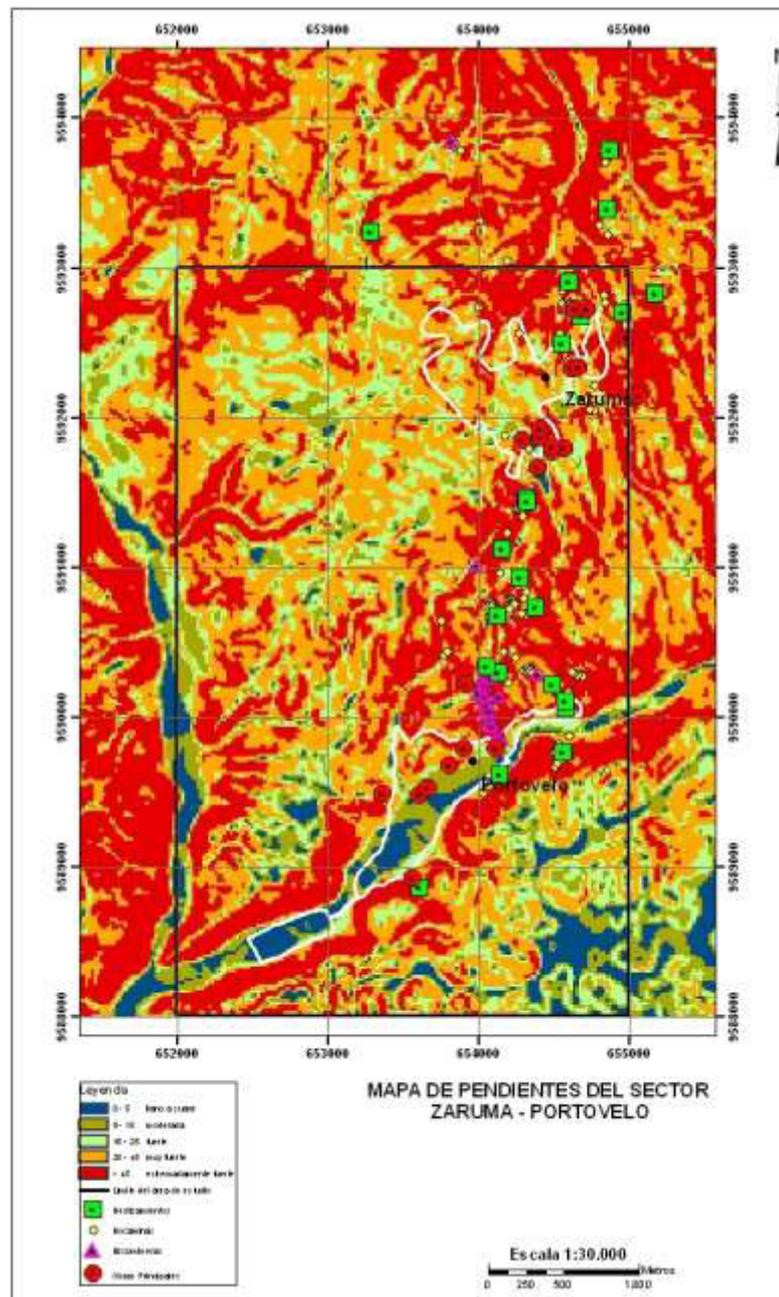
Zaruma se asienta en la cordillera divisoria entre los Ríos Calera y Amarillo, de relieve abrupto. El drenaje está gobernado por el fracturamiento tectónico. Los depósitos de pie de monte, representados principalmente por los conos de deyección, muestran pendientes generalmente menores que 40%. Las vertientes son convexas, localmente disectadas.

Sobre las rocas cristalinas se desarrollan relieves heterogéneos, moderados a fuertes, muy disectados. Las vertientes son rectilíneas y abruptas. Las pendientes son del orden de 40% a 70%.

Parte de Portovelo se asienta sobre los únicos terrenos planos encontrados en este sector, está conformado por terrazas aluviales ubicadas a orillas del Río Amarillo, donde se presentan como elementos alargados. Los bordes de estas terrazas son inundables durante las crecientes.

En base al procesamiento digital del Mapa Topográfico (Hoja Topográfica Zaruma), se elaboró el Mapa de Elevaciones (Fig. 2.9), con el cuál se determinó que para el relieve de la zona de estudio, las pendientes caen dentro de un orden superior al

30%, esto quiere decir que se trata de pendientes de gran inclinación.

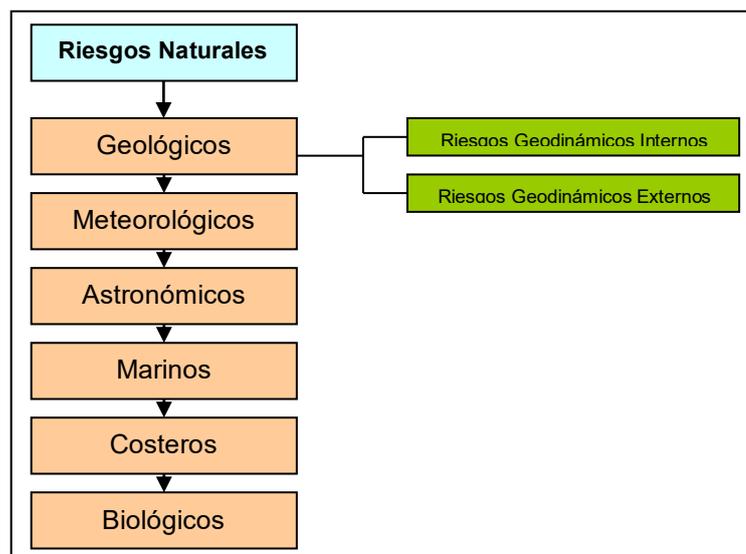


**Fig. 2.9.** Mapa de Elevaciones de la zona de Zaruma y Portovelo.  
**Base:** Hoja Topográfica Zaruma, Escala: 1:25.000. (IGM).

## CAPITULO 3

### 3. RIESGOS GEODINÁMICOS

El Riesgo Natural es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario [9]. Los Riesgos Naturales pueden ser: geológicos, meteorológicos, climáticos, marinos, costeros, astronómicos, estratosféricos y biológicos.



**Esquema II.** Clasificación de los Riesgos Naturales.

Los Riesgos Geológicos son todo proceso, situación o suceso en el medio geológico, natural, inducida o mixta, que pueda generar daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya predicción, prevención o corrección debe emplearse criterios geológicos [13].

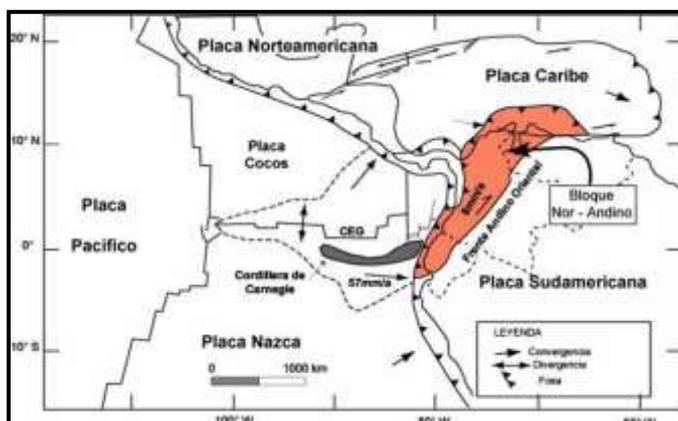
Se organizan según su origen, natural o inducido. Los Naturales se organizan de acuerdo a su génesis: por procesos geodinámicos internos (vulcanismo, terremotos) y por procesos geodinámicos externos (movimientos de ladera). Los Inducidos son generados por la acción del hombre.

### **1. Riesgos Geodinámicos Internos**

Para el sector de Zaruma y Portovelo, dos son los eventos asociados a la geodinámica de tipo endógena, los sísmicos y volcánicos.

#### **Riesgo Sísmico**

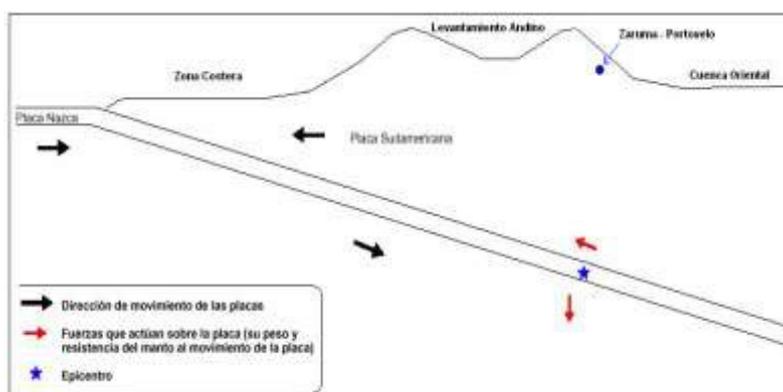
La geotectónica del Ecuador, está controlado por el mecanismo de subducción de Placa Oceánica de Nazca, bajo la Placa Continental Sudamericana (Fig. 3.1). La Placa Oceánica se desplaza en sentido Oeste – Este. Lleva consigo la Cordillera de Carnegie que se subduce a 57 mm/a con un azimut de  $-100^{\circ}$  (Trenkamp et al., 2001) bajo el margen ecuatoriano [10]. Este movimiento ha tenido lugar desde hace aproximadamente 70 Ma.



**Fig. 3.1.** Esquema Geodinámico Actual del Ecuador (Pennington 1981).

**Fuente:** IGEPN

La colisión de estas placas da origen a la generación de esfuerzos de tipo compresional y tensional. La fricción y los procesos termodinámicos en el área de contacto de las dos placas, y en especial en los segmentos más profundos de la placa descendente (Fig. 3.2), son los generadores de una intensa actividad sísmica y de magmas, que posteriormente formarán cuerpos plutónicos, edificios volcánicos o reactivación de los mismos.



**Fig. 3.2.** Interacción de las placas tectónicas.

**Fuente:** IGEPN

Para la región Geográfica de la Zona Subandina, se identifican 2 familias de eventos, la primera agrupa los eventos superficiales relacionadas con fallas corticales originadas por el levantamiento y convergencia de la Cordillera Real hacia el Este y, la segunda familia, la que agrupa a los sismos profundos debidos a fenómenos de desgarre de la placa subducida que en la zona al Norte, se encuentra a una profundidad de hasta unos 240 Km. mientras que hacia el Sur, es menos profunda, alcanzando valores entre 130 y 170 km.

Localmente para la zona de estudio, Zaruma y Portovelo, los riesgos geodinámicos internos por acción sísmica se pueden agrupar en dos eventos:

1. Sismos someros asociados a fallas corticales como lo es la presencia de la Falla Piñas-Portovelo al Sur y con la falla Puente Busa-Palestina al Norte.
2. Sismos profundos producto de la subducción de las placas tectónicas.

Por lo tanto, el riesgo sísmico para este sector es muy alto. A esto se suma la intervención de factores condicionantes y desencadenantes como la mala calidad de la roca y del suelo, y los espacios vacíos creados en el subsuelo respectivamente.

La historia sísmica del Ecuador inicia en 1541, donde en un lapso de 458 años (hasta 1999) ocurrieron en nuestro territorio 37 terremotos de intensidad igual o mayor a VIII (Escala Internacional de Mercalli) grado hasta el cual se presentan daños de consideración, y 96 eventos sísmicos de intensidad VI, grado hasta el cual se presentan daños leves [10].

Dentro de este lapso, en la región Sur, el terremoto que mayor impacto tuvo sobre la vida de los habitantes de aquella época con la pérdida de vidas humanas y materiales fue:

Fecha	Localidad	Intensidad (Mercalli)	Profundidad (Km.)
10/12/1970	Loja, El Oro, Azuay, norte del Perú	IX	42

**Tabla 3.1.** Datos del Terremoto de 1970 en la región sur.  
Fuente: IGEPN

Desde el año 2000 hasta el 2006 el nivel de actividad sísmica fue muy bajo en esta región, salvo en el 2003 donde los sismos más grandes, se registraron en la zona fronteriza con el Perú, los sismos fueron de origen profundo e intensidades superiores a 5 en la escala de Richter.

En lo que va del presente año (hasta Noviembre del 2007) los sismos de mayor intensidad registrados hasta el momento en la parte de la región sur fueron:

Fecha	Hora	Localidad	Intensidad (Richter)	Profundidad (Km.)
13/07/07	2:20	Zaruma	4.8	20
25/09/07	23:43	Prov. Loja	5.9	85.6
15/11/07	22:12	Prov. Morona Santiago	6.7	154.7

**Tabla 3.2.** Datos de los últimos sismos durante el 2007 en la región sur.  
**Fuente:** IGEPN.

Estos sismos causaron pánico, más se causaron daños de consideración.

### **Riesgo Volcánico**

Los riesgos asociados a eventos volcánicos no se dan en esta parte de la región ya que la actividad volcánica se dio únicamente por ascenso de magma a través de grietas y fisuras durante el levantamiento de la cordillera hace millones de años.

### **2. Riesgos Geodinámicos Externos**

En Zaruma y Portovelo, los problemas geodinámicos encontrados son en su mayoría de acción externa como los movimientos de ladera, erosión, subsidencias.

### 3.1. Procesos del Medio Físico

Los procesos del medio físico pueden ser inducidos, acelerados o retardados artificialmente por procesos tecnológicos. Las actividades humanas modificadoras del medio ambiente, como la minería, generan áreas degradadas, así mismo situaciones de riesgo, que deben ser controladas, mitigadas y monitoreadas. En ésta tesis se incluyen conceptos que permiten analizar las áreas degradadas.

#### 3.1.1. Erosión

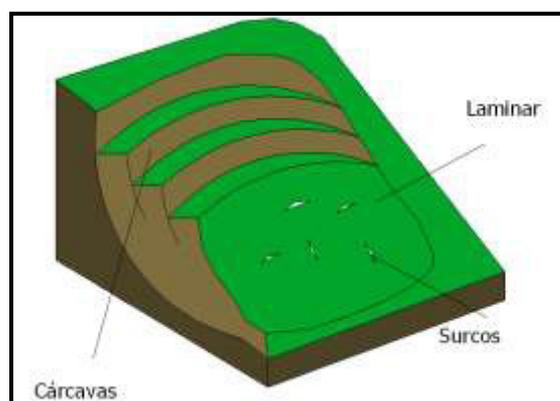
Se denomina **erosión** al proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste en el arranque, transporte y depositación de material de roca o suelo por un agente natural como el agua, viento, cambios de temperatura, gravedad, o por el hombre.

De acuerdo a la geometría resultante del terreno afectado por el proceso erosivo, podemos encontrar tres tipos de erosión: erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

**Erosión laminar:** es una erosión superficial. Después de una lluvia es posible que se pierda una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo como si fuera una lámina. Este proceso da origen a la erosión en surcos y en cárcavas.

**Erosión en surcos:** es fácilmente perceptible debido a la formación de surcos irregulares favoreciendo la remoción de la parte superficial del suelo. Es en este tipo de erosión donde se inicial la erosión en el eje vertical.

**Erosión en cárcavas:** consiste en pérdidas de grandes masas de suelo formando surcos de gran profundidad.



**Fig. 3.3.** Perfil Esquemático de Tipos de Erosión.

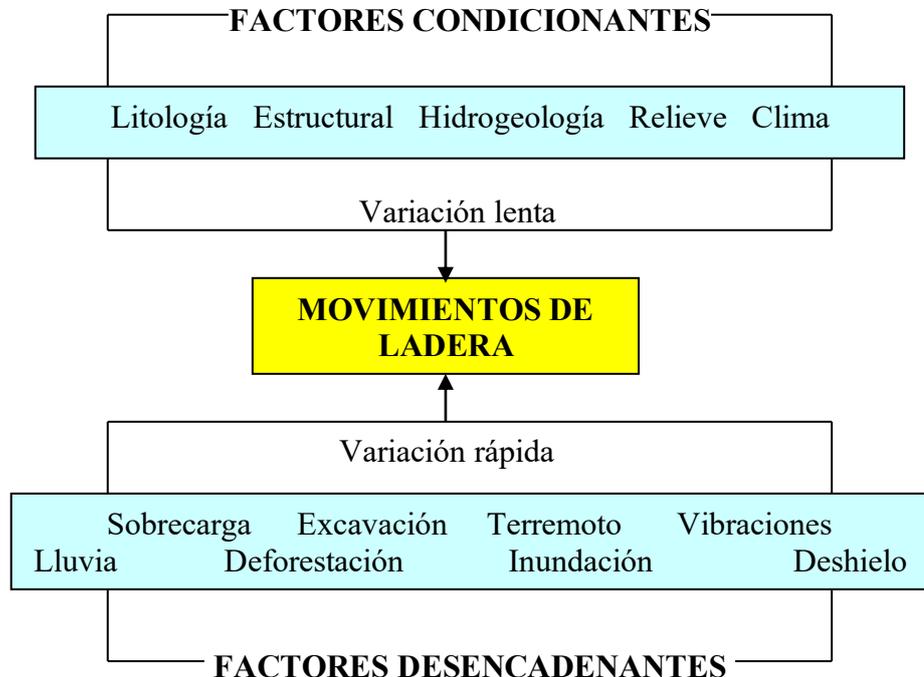
### 3.1.2. Movimiento gravitacional de masas

Los movimientos gravitacionales de masa, pueden ocurrir tanto por fenómenos de dinámica natural como por procesos inducidos artificialmente [9]. Existen dos tipos de factores asociados a los movimientos de masa, estos son los factores condicionantes o factores desencadenantes (Esquema III).

Los **factores condicionantes** son aquellos factores intrínsecos que condicionan el suelo o roca, estos pueden ser: litológicos,

estructurales (discontinuidades), presencia de agua, sismicidad, topografía.

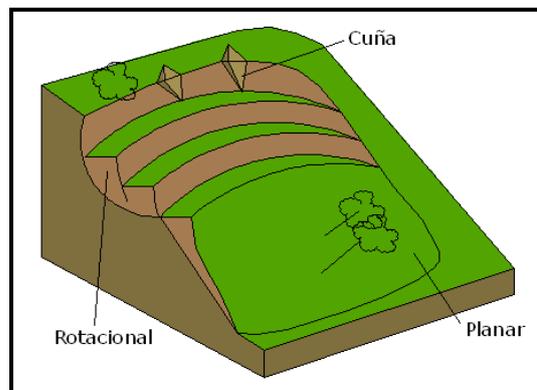
Los **factores desencadenantes** son aquellos factores que aceleran o retardan la ocurrencia del fenómeno, estos se dan por intervención antrópica como: excavaciones, voladuras, sobrecarga, urbanismos, procesos industriales, actividad minera: a cielo abierto y subterránea, cortes al pie de los taludes o laderas, aumento de la sobrecarga en la cresta y por fenómenos geodinámicos, precipitaciones intensas y prolongadas, sismicidad, vulcanismo.



**Esquema III.** Factores Condicionantes y Desencadenantes que originan los Movimientos de Masa.

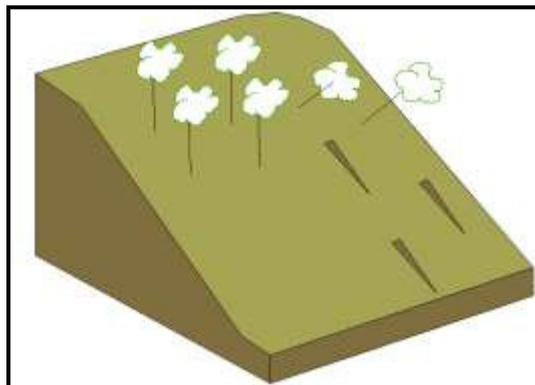
Los principales tipos de movimientos de masa pueden ser:

**Deslizamientos:** tiene como característica velocidades de movimiento medias altas, movilizan desde pequeños a grandes volúmenes de suelo, roca o detritos y pueden ser de tres tipos: planares, circulares o en cuña (Fig. 3.4). Son más frecuentes en suelos saturados y rocas meteorizadas.



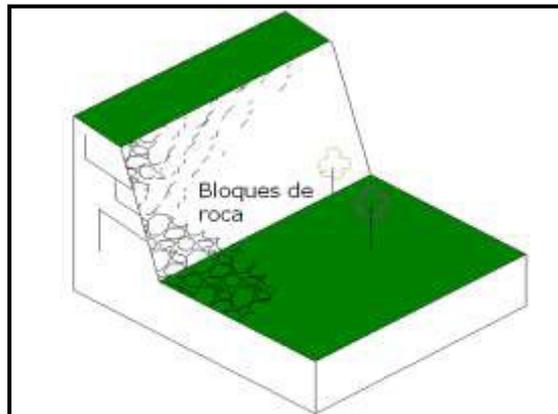
**Fig. 3.4.** Perfil Esquemático de los Tipos de Deslizamiento.

**Reptación (creep):** presentan velocidades de deslizamiento muy lentas, movilizan suelo, roca (Fig. 3.5).



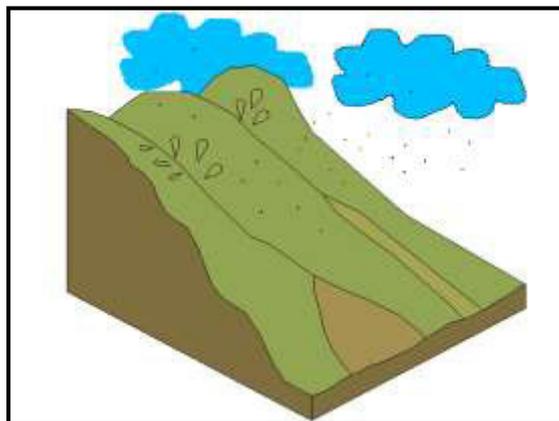
**Fig. 3.5.** Perfil Esquemático del Proceso de Reptación.

**Caídas (falls):** presentan velocidades altas, movilizan principalmente material rocoso. Los bloques son de tamaño variable.



**Fig. 3.6.** Perfil Esquemático del Proceso de Caída de Bloques.

**Corridas (debris flows):** presentan velocidades medias a altas, movilizan grandes volúmenes de suelo, roca y detritos, poseen un gran radio de alcance y un gran poder destructor.



**Fig. 3.7.** Perfil Esquemático del Proceso de Corrida.

### **3.1.3. Asentamientos**

Este proceso consiste en un abatimiento más o menos rápido del terreno por asentamiento del suelo a partir de una estructura sub-saturada sin haber necesariamente aumento de cargas aplicadas en superficie.

## **3.2. Alteraciones Generadas por la Actividad Minera**

Como consecuencias resultantes de las alteraciones provocadas por la actividad minera, se tiene:

- Erosión laminar, surcos, barrancos.
- Mayor aporte de sedimentos a los cuerpos de agua.
- Inestabilidad de pendientes.
- Asentamientos y colapsos.
- Alteración de la velocidad de escurrimiento de las aguas superficiales y subterráneas.
- Afloramiento del nivel freático.
- Aumento de la cantidad de partículas sólidas y gases en el aire.

## **3.3. Conceptos usados en el Análisis de Riesgos Geodinámicos**

Dos elementos claves en el análisis del área de riesgos geológicos son:

### **Previsión**

La previsibilidad de la ocurrencia de los procesos geológicos, consiste en identificar las áreas de riesgo indicando los lugares donde podrá ocurrir accidentes (definición espacial = donde), estableciendo las condiciones y circunstancias para la ocurrencia de los procesos (definición temporal= cuando).

### **Prevención**

Es la consecuente posibilidad de adoptar medidas para neutralizar la ocurrencia de los procesos geológicos, reducir sus magnitudes, evitando los impactos que afectaría directamente a edificaciones o a la propia población.

### **Peligrosidad**

Es la probabilidad de ocurrencia, de un fenómeno (natural o tecnológico) potencialmente dañino, de una magnitud dada, durante un periodo específico y en una localidad determinada [22].

### **Vulnerabilidad**

Es el grado de resistencia, exposición o susceptibilidad física (física, social, cultural, política, económica) de un elemento o conjunto de elementos que se encuentran en riesgos (vidas humanas, patrimonio, servicios, infraestructura, áreas agrícolas) como resultado de la ocurrencia de un peligro, se expresa en porcentajes (0 -1) [22].

## **Riesgo**

Para efectos de la ingeniería, abarca las pérdidas esperadas en vidas humanas, propiedades y actividades económicas causadas por un fenómeno en particular [22]. En base a cálculos matemáticos, el riesgo es el producto entre la amenaza y la vulnerabilidad:

$$R = H \times V$$

Donde,

**R** = riesgo

**H** = amenaza

**V** = vulnerabilidad.

### **3.4. Metodología para la Zonificación de Riesgos Geodinámicos**

#### **3.4.1. Análisis, estimación y evaluación del riesgo**

Al momento de conjugar los distintos factores que influyen en la estabilidad geológica de una zona, se habla de analizar, estimar o evaluar el riesgo.

El **análisis del riesgo** consiste en el uso de la información disponible para estimar el riesgo para individuos, poblaciones, propiedades o ambiente.

La **estimación del riesgo** es un proceso usado para producir una medida del nivel de riesgo de personas, propiedades o ambiente que está siendo analizado. Una estimación de riesgo envuelve las siguientes etapas: análisis de la frecuencia del accidente considerado, análisis de las consecuencias potenciales asociadas al accidente y la integración entre ellas. La diferencia en este caso es casi imperceptible, por lo que se tomará el término análisis para abarcar ambas definiciones.

La **evaluación del riesgo** es el proceso para determinar el impacto de un acontecimiento en una sociedad, con la necesidad de tomar medidas de emergencia inmediatas para salvar y mantener la vida de los sobrevivientes y las posibilidades de acelerar la recuperación. De esto se concluye que los tres términos pueden considerarse sinónimos, por lo tanto se empleará el término análisis.

#### **3.4.2. Cartografía previa generada para la Zonificación de Riesgos Geodinámicos**

Una carta de zonificación de riesgo es la representación gráfica de un análisis de riesgo, se emplea el documento elaborado a partir de la carta de zonificación de amenaza y de la

vulnerabilidad de los elementos del sistema (naturales o antrópicos) que registra los diferentes niveles de riesgo a los que está sujeta la región. Debe indicar áreas expuestas a peligro, su vulnerabilidad y consecuencias esperadas para personas y estructuras. La zonificación de riesgos geológicos es el resultado de un análisis secuencial integrado del conjunto de variables que inciden y causan la inestabilidad de los terrenos donde se consideran los efectos de la estabilidad o inestabilidad de los terrenos expresados éstos en los procesos de geodinámica externa tales como deslizamientos, derrumbes, flujos [20].

De lo anterior, la generación de una zonificación de riesgo para un área determinada se basa principalmente en la producción y uso de cartas preliminares, para lo cual se consideran 4 niveles de mapeo:

**1. Mapas temáticos:** son los mapas de información que caracterizan al medio físico y que serán usados como datos de entrada para crear mapas de susceptibilidad o amenaza. Entre ellos se cuentan: mapas geológicos, topográficos, geomorfológicos, uso del suelo, fotografías aéreas, ensayos geotécnicos, precipitaciones y sismos.

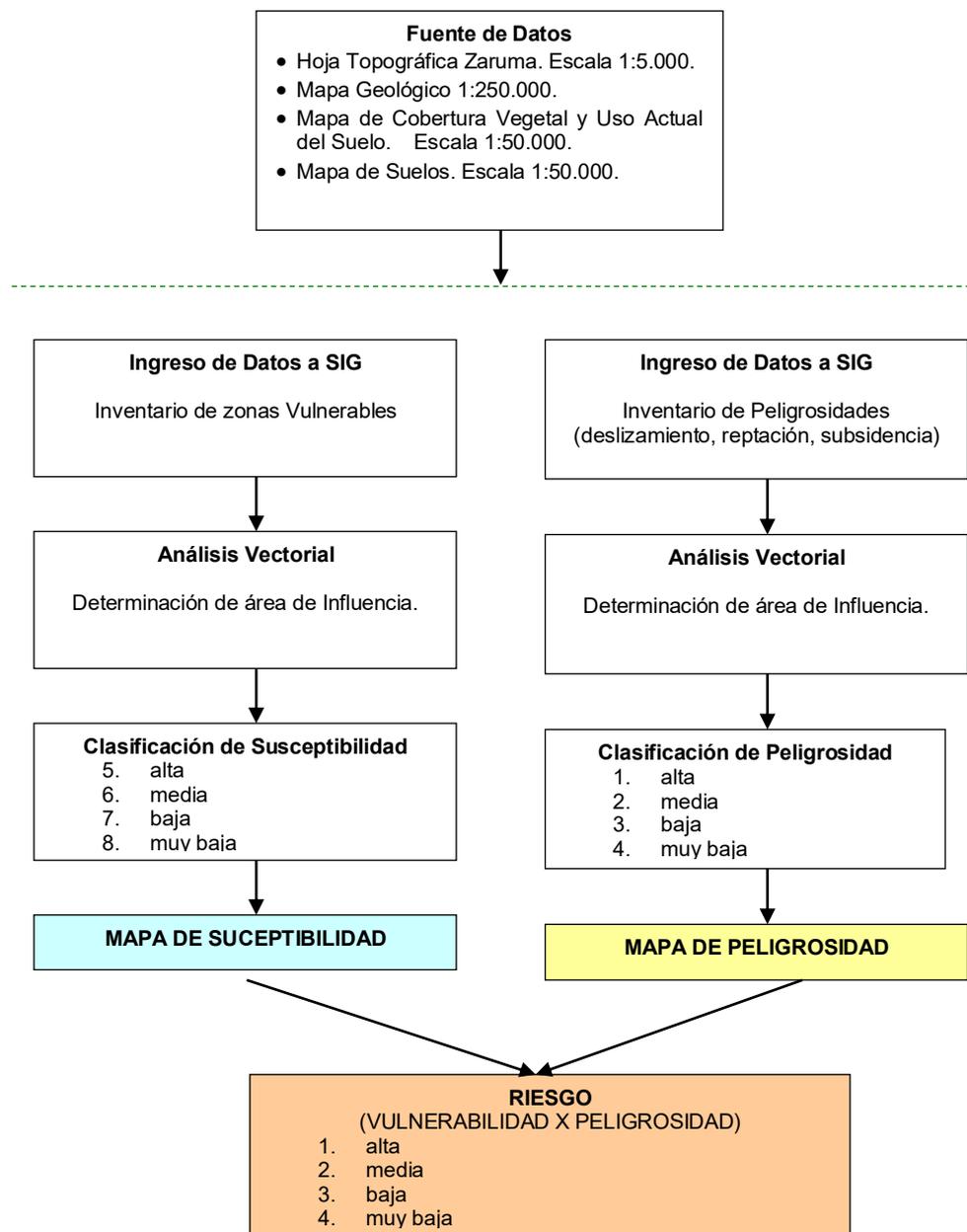
**2. Mapa de inventario o susceptibilidad:** indica los principales y más probables tipos de movimientos de masa que pueden ocurrir en el área.

**3. Mapa de peligro o amenaza de deslizamiento:** representa las probabilidades de ocurrencia de los distintos tipos de deslizamiento y cuál es el radio de alcance de los mismos. Para este caso en particular, este estudio de probabilidad se incluirá en el mapa de susceptibilidad descrito anteriormente.

**4. Mapa de riesgo:** una vez que cada variable ha sido tratada de manera aislada generándose un mapa temático para cada una de ellas, se procede a tratarlas en conjunto realizándose un proceso de integración de variables por superposición, generándose de esta manera el Mapa de Zonificación de Riesgos Geológicos. Dicha zonificación se divide, tentativamente, de la siguiente forma:

- Zonas estables: 100% de las variables geotécnicas positivas
- Zonas parcialmente estables: 75% de las variables geotécnicas positivas.
- Zonas de estabilidad media: 50% de las variables geotécnicas positivas.

- Zonas inestables: 75% de las variables geotécnicas negativas
- Zonas muy inestables: 100% de las variables geotécnicas negativas.



**Esquema IV.** Metodología a seguir para la Zonificación de Riesgos Geodinámicos.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS GEODINÁMICOS EN ZARUMA Y PORTOVELO.**

Para el desarrollo del presente estudio, se realizó primeramente un inventario de las bocaminas existentes. Para la evaluación y análisis de las bocaminas se tomaron en cuenta ciertos parámetros y características de su estado in situ y el de sus alrededores tales como: localización, tipo y características de excavación, estado de la roca, entre otras. Estos parámetros son evaluados a continuación.

#### **4.1. Análisis del Medio Físico**

##### **4.1.1. Calidad de la Roca**

Como se observa en la figura 4.1, la roca de caja es la roca volcánica denominada Andesita de Portovelo, **Kcp**. Ésta unidad presenta un mayor grado de meteorización. Durante el inventariado de las bocaminas, para determinar el grado de meteorización de la roca en dicho punto, se tomaron en cuenta algunas características físicas tales como el grado de fracturamiento, la cantidad de agua presente y la calidad de la roca.

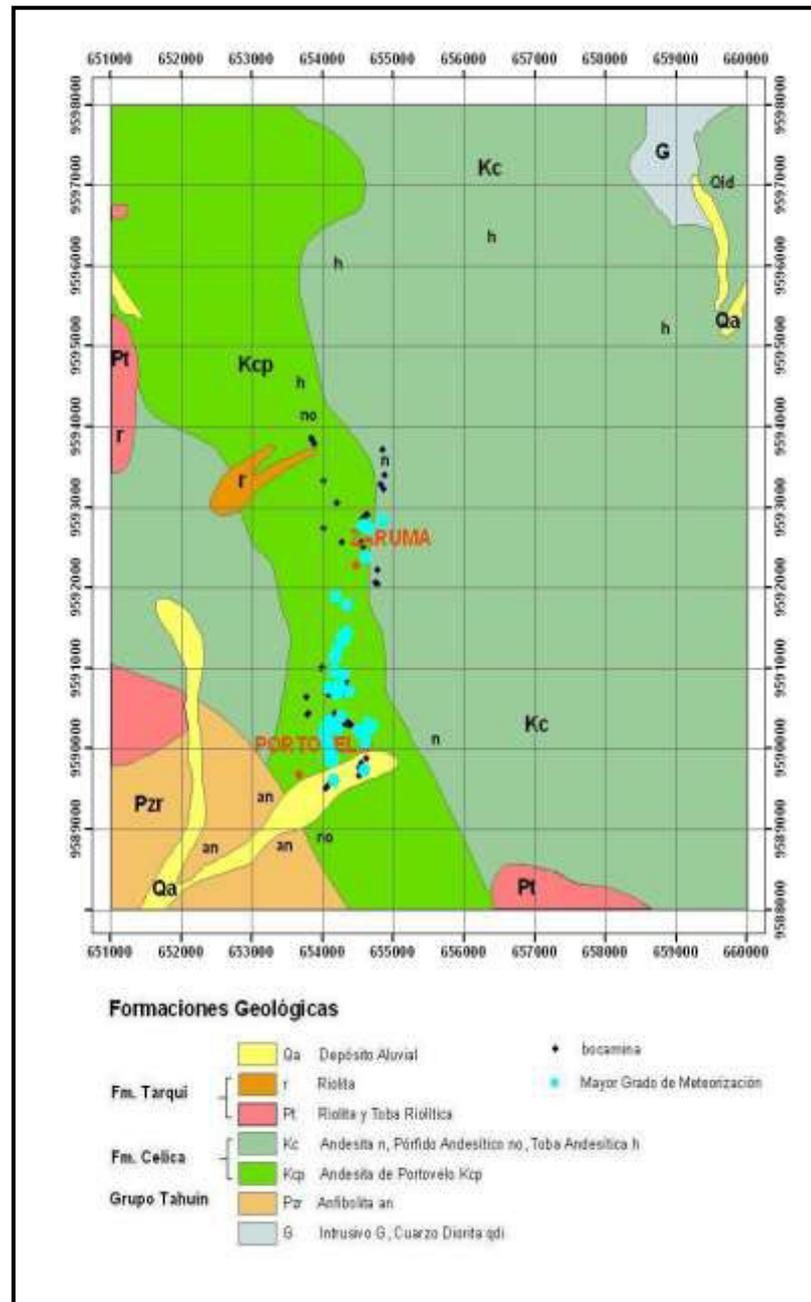
Algunos puntos presentan suelo residual, producto final de la meteorización. La textura original de la roca no es reconocible. La cantidad de agua presente en cada punto variaba dependiendo del nivel freático. Los niveles freáticos resultaron muy bajos debido a que éste trabajo de campo se lo realizó en verano del 2006.

Mediante los ensayos y análisis geotécnicos realizados por Blanco R. en algunas de las galerías subterráneas durante la elaboración del Informe Preliminar “Zonificación del área del Casco Urbano de Zaruma, Según el Grado de Peligrosidad Geodinámico” en Enero del 2004, se determinó que la calidad de la roca va de mala a muy mala. El diaclasamiento es muy

intenso debido al tectonismo originado durante el levantamiento de la cordillera.

Las bocaminas se abren paso entre este material altamente meteorizado (roca meteorizada), al mismo tiempo, en superficie, varias obras de infraestructura de gran importancia se asientan sobre éstas, incrementando el peso de carga sobre dichos materiales altamente inestables.

La toba andesítica **h**, se muestra más competente, el grado de fracturamiento es igualmente muy intenso, pero la falta de mineralización, la hizo menos propicia para la minería, por lo que no se observan inestabilidades significativas dentro de ésta formación.



**Fig. 4.1.** Mapa Geológico de la zona de Zaruma y Portovelo.  
**Fuente:** Mapa Geológico del Ecuador. Escala: 1:100.000

#### **4.1.2. Calidad del Suelo**

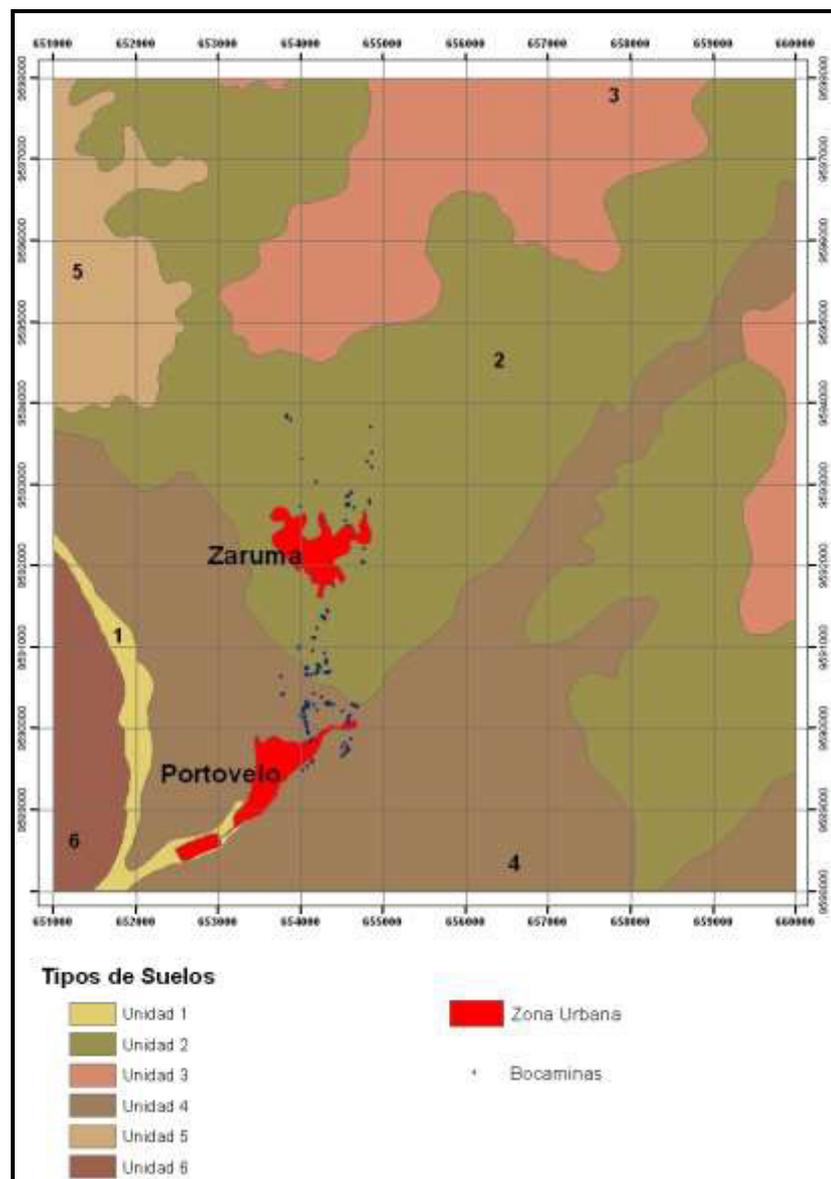
En la zona de estudio se diferencian varios tipos de suelos conforme se indica en la figura 4.2. La Unidad 1 esta conformada por suelos profundos formados sobre sedimentos limosos y arenosos, la Unidad 2 está conformada de suelos color pardos rojizos, húmedos y relativamente profundos.

Las bocaminas se asientan en su mayoría sobre dos unidades de suelo diferente, una sobre la Unidad 4 que corresponden a suelos areno-arcillosos y otra sobre la Unidad 2 que corresponden a suelos arcillosos.

La calidad de estos suelos en cuanto a sus propiedades geomecánicas (cohesión del material, ángulo de fricción, peso específico, factor de seguridad) va de mala a muy mala (Ver Informe Blanco 2005). Esto se debe a que las condiciones del medio físico (climáticas, geomorfológicas) sumadas a la deforestación y cortes abruptos en la pendiente de las laderas, los vuelven aun más inestable.

La potencia del suelo es variada y va desde los 3 a 12 m en diferentes sectores según las observaciones de campo. Muchos frentes han sido abiertos dentro de estos rangos de potencia,

mediante cortes transversales a la pendiente de la ladera. (Fig. 4.3). Las fortificaciones en muchos casos no son bien construidas y adecuadamente ubicadas, por lo que derrumbes dentro de las minas son muy frecuentes.



**Fig. 4.2.** Mapa de Suelos de la zona de Zaruma y Portovelo.  
**Fuente:** Hoja Paccha N° 129 y Hoja Zaruma N° 135. Escala: 1:50.000. MAG - ORSTOM. 1983.



**Fig. 4.3.** Bocaminas. **Izq.** Sector Curipamba. **Der.** Sector El Castillo.

#### 4.1.3. Acción del Agua

Por las características geográficas y topográficas, el clima de la región corresponde a subtropical húmedo. Recordando la **Tabla I** podemos darnos cuenta de que se trata de una zona de mucha aportación hídrica, ya que se registran valores aproximadamente de 1229 mm/año.

La porosidad, el fisuramiento y las grietas encontradas tanto en los suelos y rocas, sumados a ésta considerable aportación hídrica tanto de las lluvias como de los ríos de la zona de estudio (Fig. 2.8), se unen para desencadenar en una serie de inestabilidades en los puntos que presenten las mejores condiciones para ello.

Los niveles freáticos se encuentran prácticamente cercanos a la superficie, por lo que los suelos y rocas tienden a saturarse en agua. Ésta saturación se incrementa durante la época invernal, aquí los niveles de agua ascienden rápidamente produciéndose las inundaciones dentro de las galerías, teniendo que luego éstas ser abandonadas debido a que los desfogues no son suficientes.

La escorrentía superficial durante la época invernal también representa un peligro debido a que por su intensidad puede movilizar todo aquel material depositado en superficie, sobretodo el material excavado de las minas y colocado cerca a las quebradas.

#### **4.1.4. Acción de Estructuras Geológicas**

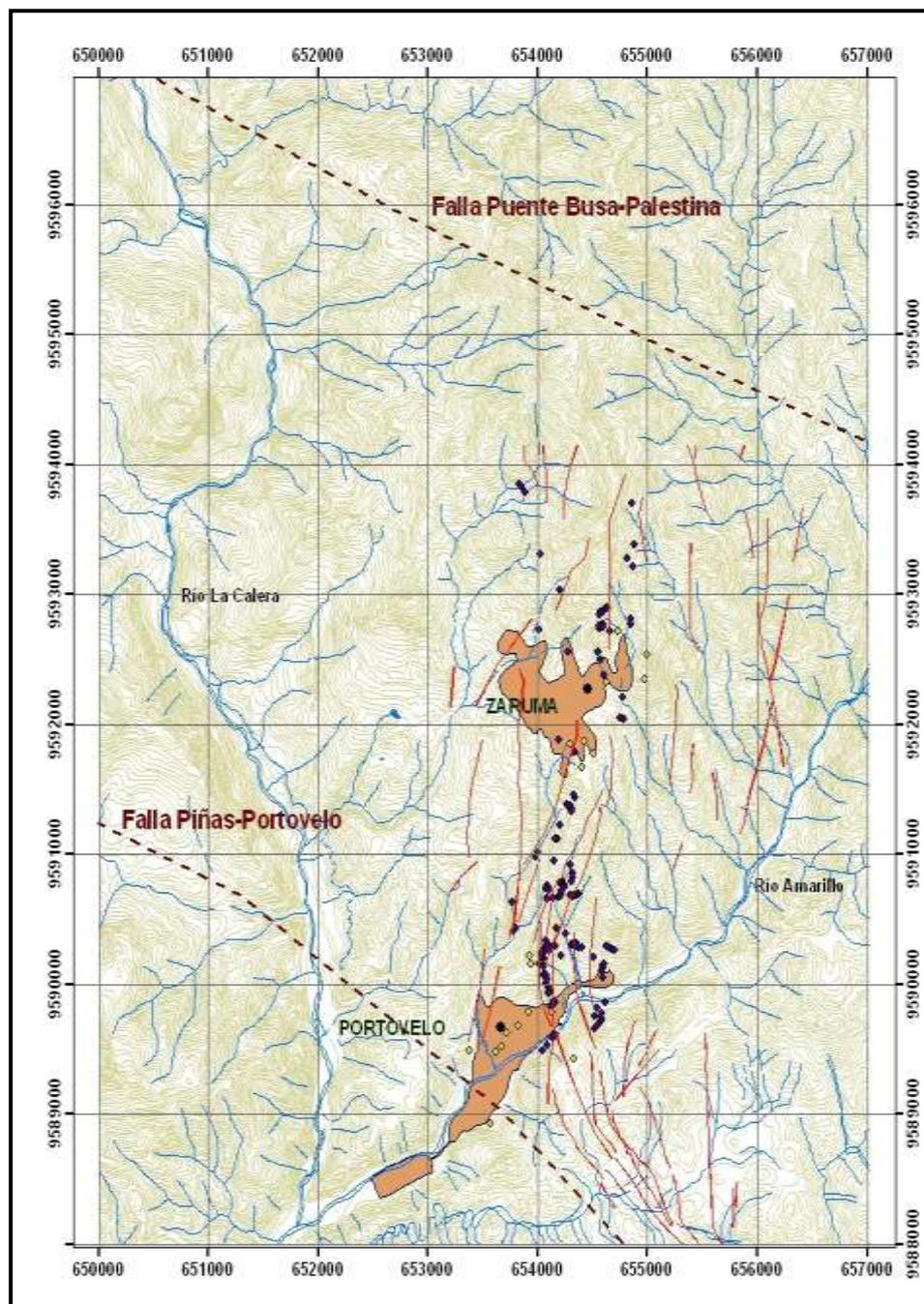
Para el caso de Portovelo, una de las nuevas e importantes obras para este cantón, es la construcción del Nuevo Hospital. Actualmente la obra civil se encuentra suspendida debido a las malas condiciones geológicas que afectan este punto. Una de ellas es que, el edificio del Hospital se localiza en una zona de confluencia de dos vertientes importantes que bajan del Cerro

San José. La segunda es que se ubica en el paso de la Falla Geológica Piñas – Portovelo (Fig. 4.4).

En el corte del talud realizado al pie del cerro, se observa material suelto con fragmentos de roca de diferente tamaño y además se identificó claramente la presencia de la milonita, lo que confirma la presencia de dicha falla en este punto.

Sobre la quebrada Matalanga se encuentra una de las principales vetas auríferas del sector conocida como Veta Abundancia, la cuál ha sido muy explotada desde la época colonial hasta el tiempo actual. Sus condiciones de inestabilidad son muy claras, la falta de fortificación, el peso sobre el techo de los espacios vacíos y las vibraciones producidas por las voladuras han producido varios hundimientos en superficie y continuos derrumbes dentro de las mismas galerías.

Para el sector de Zaruma, los problemas geodinámicos de mayor relevancia generados por la presencia de estructuras geológicas, se hallan ligadas a la sobreexplotación de pequeñas e importantes vetas auríferas localizadas bajo el cerro El Calvario y en el sector de Las Guaduas, y de igual forma sin medidas posteriores de estabilidad dentro de los espacios vacíos generados.



**Fig. 4.4.** Principales Rasgos Estructurales de la zona de Zaruma y Portovelo.  
**Base:** Hoja Topográfica del Instituto Geográfico Militar. Escala: 1:25.000

## 4.2. ANÁLISIS DE LA INTERVENCIÓN ANTRÓPICA

### 4.2.1. Actividad Minera

La actividad minera es el principal agente desencadenante de la inestabilidad de laderas y taludes en el sector de Zaruma y Portovelo. Durante el estudio se pudieron inventariar alrededor de 108 bocaminas en el sector de Portovelo y 33 bocaminas en Zaruma (Ver Fig. 4.5). En realidad, el número de bocaminas debería ser mayor, pero debido a la falta de accesibilidad hacia algunas de ellas, y debido también a que algunas de estas ya han sido selladas, no se pudo obtener la cuantificación total de éstas.

Para la evaluación y análisis de las bocaminas se tomaron en cuenta parámetros y características de su estado y el de sus alrededores (Ver Apéndices 1 y 4) tales como:

- 1. Descripción:** número, nombre, sector en el que se encuentra la bocamina.
- 2. Localización:** coordenadas UTM y cota de las mismas.
- 3. Portal:** Forma y tipo de fortificación del portal de acceso.
- 4. Características de la excavación en la galería:**
  - dirección e inclinación,
  - alto y ancho

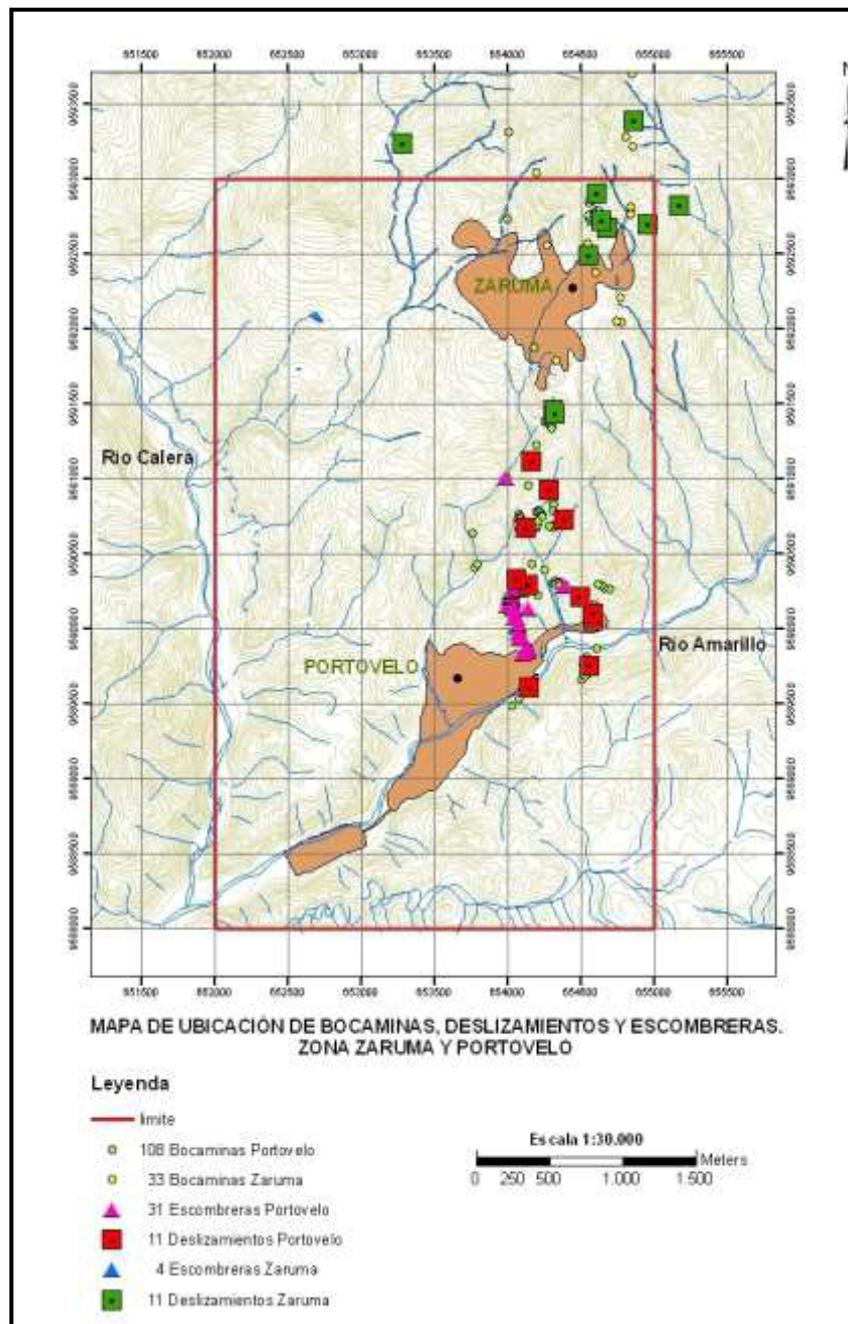
- profundidad o longitud
- existencia y tipo de fortificación
- número y existencia de niveles en la mina o bocamina.

**5. Descripción del tipo de excavación:** actividad o inactividad de la mina, tipo de trabajo: frente nuevo, extracción de relleno, extracción de pilares.

**6. Descripción de la roca:** tipo, grado de meteorización, presencia de agua, diaclasamiento, grado de estabilidad, otras características observables.

Como parte de la metodología de trabajo, se elaboraron fichas nemotécnicas en las cuales se pudo recoger toda la información. Éstas resultaron prácticas y de fácil manipulación en el campo (Ver Apéndice 7).

Luego, esta información es llevada a formato digital para su posterior procesamiento, análisis e interpretación en SIG (Sistema de Información Geográfico).



**Fig. 4.5.** Mapa de ubicación de las Bocaminas, Escombreras y Deslizamientos en la zona Zaruma y Portovelo.  
**Base:** Hoja Topográfica Zaruma. IGM. Escala: 1:25.000



**Fig. 4.6.** Fotografías **Izq.** Bocamina sector Q. Matalanga. **Der.** Bocamina sector Cerro El Calvario.

## 4.2.2 Obras de Infraestructura

### PORTOVELO

Dentro del Proyecto PMRGZP, se identificaron como sitios de riesgo para la zona de Portovelo los siguientes puntos (Tabla 4.1):

N°	Sector	Coordenadas		
		X	Y	Z
1	Antiguo tanque de agua 1	653923	9590220	823
2	Av. Del Minero	653908	9589786	680
3	Canchón Municipal	654126	9589788	648
4	Calle Mesías Cabrera	653614	9589480	638
5	Calle Tomas Carrión	653369	9589488	627
6	Calle El Mercado Central	653813	9589678	632
7	Calle Rosa Vivar	653671	9589522	642
8	Nuevo Hospital	653567	9588926	646

**Tabla 4.1.** Principales Infraestructuras Afectadas en Portovelo.

## ZARUMA

Dentro del Proyecto PMRGZP, los especialistas identificaron como sitios de riesgo para la zona de Zaruma los siguientes puntos (Tabla 4.2):

Nº	Sector	Coordenadas		
		X	Y	Z
1	Cerro El Calvario	654648	9592726	1327
2	Calle Rogelio Romero	654729	9592720	1340
3	Calle Colon	655070	9592145	1275
4	Av. El Oro	654422	9591922	1228
5	Calle Marcelo Zambrano	654498	9591802	1126
6	Calle Gonzalo Pizarro	654577	9591793	1136
7	Tanque de Agua	654989	9592534	1329
8	Piscina Municipal	654971	9592347	1251
9	Coliseo	654624	9592330	1236
10	Estadio de Fútbol	654419	9591872	1121
11	Botadero Municipal	654296	9591855	1118
12	Colegio Don Bosco	654500	9591772	1136
13	Calle Damián Meneses	654730	9592722	1300
14	Hospital municipal	654402	9591666	1110

**Tabla 4.2.** Principales Infraestructuras Afectadas en Zaruma.

Esta información es utilizada y estudiada con más detalle dentro de los siguientes capítulos.

### **4.2.3 Escombreras**

Tanto las actividades mineras superficiales como subterráneas producen una gran cantidad de material estéril. En algunos casos este material representa un problema en cuanto a su disposición final por las condiciones inadecuadas de estabilidad, seguridad e integración al entorno.

En Zaruma y Portovelo, en la mayoría de los casos, las escombreras se depositan de manera libre, son vaciadas generalmente sobre los cauces de las quebradas y en los taludes, que en época invernal pueden originar la formación de aludes, representando un peligro para todo lo que se encuentre pendiente abajo de los drenajes.

En las salidas de campo fueron contabilizadas 31 escombreras generadas por las bocaminas en Portovelo y 4 escombreras en Zaruma (Ver Apéndice 2 y 5). Cabe recalcar que en el caso de Portovelo, la mayoría de los botaderos son producidos por los mineros informales que se encuentran explotando el mineral en el valle de la quebrada Matalanga.



**Fig. 4.7.** Fotografías de material estéril y removido depositado junto a una pequeña quebrada.

#### **4.2.4 Actividad Agropecuaria**

Una de las principales actividades del sector es la agricultura y ganadería. Correlacionando el mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo con las bocaminas y principales obras de infraestructura, se observa que, para el sector de Portovelo, el 40% del total de bocaminas inventariadas en la zona de estudio y sus principales obras de infraestructura, se asientan sobre zonas cuya vegetación nativa fue removida para dar paso a la siembra de pastizales utilizados para la actividad ganadera principalmente (Fig. 2.5).

El ganado es también otro de los principales agentes activos de erosión de los suelos del sector. Por simple física se sabe que

Esfuerzo=Presión/Área, esto quiere decir que mientras mayor sea la presión o fuerza ejercida por el paso del ganado en cada una de sus 4 patas de área o sección transversal pequeña, mayor será el esfuerzo que reciben los suelos, lo que trae como consecuencia un debilitamiento de su estructura y consistencia y en ocasiones sufriendo rotura.

Para el caso de Zaruma, las principales obras infraestructuras del sector y el 50% de las bocaminas inventariadas, se asientan sobre zonas que fueron destinadas a la siembra de cultivos, esto incrementa en el desgaste de los suelos meteorizados anteriormente por acción biológica. La expansión urbana de Zaruma ha reducido la zona de cultivos, quedando prácticamente solo los suelos disgregados producto de la acción erosionante de los agentes naturales y sobre los cuales a la vez se van dando los nuevos asentamientos urbanos.

#### **4.3. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS SECTORES AFECTADOS.**

La caracterización de los sectores afectados, se sintetiza mediante la siguiente tabla (Tabla 4.3):

## PORTOVELO

Sector	Por Acción		Tipo de afectación
	Natural	Antrópica	
Antiguo tanque de agua	Tipo de suelo, humedad del terreno.	Caducidad de la vida útil, corte de talud, sobrecarga en ladera.	Reptación por filtración y saturación de terrenos.
Av. Del Minero		Colapso de redes de agua.	Subsistencia por Asentamiento diferencial sobre la calzada.
Canchón Municipal	Presencia de Plano de falla en profundidad de una de las principales vetas del sector.	Colapso de galerías en el subsuelo.	La subsidencia genera peligro para los transeúntes.
Calle Mesías Cabrera		Colapso de redes de agua.	Subsistencia por asentamiento diferencial sobre la calzada.
Calle Tomas Carrión		Colapso de redes de agua.	Subsistencia por asentamiento diferencial sobre la calzada.
Calle El Mercado Central	Tipo de terreno, pendiente moderada.	Colapso de redes de agua, actividad minera	Subsistencia por asentamiento diferencial sobre la calzada.
Calle Rosa Vivar		Colapso de redes de agua.	Subsistencia por asentamiento diferencial sobre la calzada y peligro para transeúntes.
Nuevo Hospital	Presencia de Falla	Cortes abruptos del talud del	Deslizamiento de de material suelto

	Geológica, tipo de material, paso del lecho de quebradas.	Cerro San José.	proveniente del cerro tras hospital.
Quebrada Matalanga	Presencia de planos de falla, alta pendiente, roca fuertemente fracturada.	Voladuras, Material de Desechos arrojados sobre la quebrada, desconocimiento de técnicas de explotación.	Deslizamientos, Subsistencia, desprendimientos de grandes bloques. Peligro de alud, hundimientos e inundación en época invernal.
Sector El Castillo	Fuerte pendiente, roca fuertemente	Actividad Minera	Deslizamientos, Subsistencia. Peligro de alud, hundimientos e inundación en época invernal.

**Tabla 4.3.** Evaluación y Caracterización de afectaciones en Portovelo.

## ZARUMA

Sector	Por Acción		Tipo de afectación
	Natural	Antrópica	
Cerro El Calvario	Tipo de suelo, altas pendientes, humedad del terreno	Actividad minera	Deslizamientos, desprendimientos de bloques y subsidencias. Aludes de gran magnitud.
Calle Rogelio Romero	Tipo de suelo, altas pendientes, humedad del terreno	Colapso de la red de alcantarillado, cortes abruptos de las pendientes, sobrecarga de obras en las pendientes	Humedecimiento del suelo e inestabilidad del mismo, problemas sanitarios y deslizamientos. Derrumbes de pequeña magnitud pero gran incidencia en casas aledañas
Calle Colon	Tipo de suelo, altas pendientes	Mala ubicación y construcción de viviendas, actividad minera	Mala distribución de los esfuerzos. Agrietamiento en las paredes de las viviendas
Av. El Oro	Tipo de suelo, altas pendientes, alta humedad del terreno	Sobrecarga de edificaciones en laderas y falta de canalización de aguas	Corrimientos considerables de la ladera. Corrimientos y agrietamientos de casas
Calle Marcelo Zambrano	Atraviesa el nacimiento de la quebrada Tres Reyes	Mala ubicación de obras e implementación de los respectivos sistemas de drenaje	Movimiento de masas de tierra por la quebrada. Hundimientos, corrimientos de la capa asfáltica de la calle

Calle Gonzalo Pizarro	Tipo de suelo, altas pendientes, humedad del terreno	Mal diseño de obras	Corrimientos del terreno pendiente abajo debido a la saturación con aguas. Agrietamiento en calles y paredes de casas
Tanque de Agua	Tipo de suelo	Agrietamiento del tanque de agua debido a la caducidad de su vida útil	Humedecimiento del suelo y corrimiento de la misma ladera abajo. Inclinación de los muros de contención que van en dirección hacia la ciudad
Piscina Municipal	Tipo de suelo	Agrietamiento de la piscina para los niños que filtra el agua hacia el terreno	Corrimientos y asentamientos del terreno con dirección NE. Desviación del muro de contención y hundimientos de la piscina
El Coliseo	Ubicada en el eje de la quebrada que nace en el cerro El Calvario	Falta de canalización y drenajes, actividad minera	Actúa como dique en épocas invernales. Agrietamiento de las graderías y paredes producto del movimiento de masa pendiente abajo

Estadio de Fútbol	Ubicada en el paso de la quebrada Agua Dulce	Falta de canalización de las aguas que bajan por la quebrada	Empuje del terreno sobre la infraestructura. Total agrietamiento y abombamiento de las gradas del estadio que actúan como dique
Botadero Municipal	Relleno sobre ladera, altas pendientes, humedad del terreno	Mala planificación de espacios	Acumulación de material contaminante. Posible corrimiento de todo este material sobre viviendas que se encuentran mas abajo de esta
Colegio Don Bosco	Tipo de suelo, altas pendientes, humedad del terreno	Sobrecarga de la edificación sobre la ladera, falta de canalización de las AALL, actividad minera	Espacios abiertos por filtración de las aguas, asentamientos diferenciales. Hundimiento de la calzada asfáltica, grietas en los pisos y paredes del colegio
Calle Damián Meneses	Tipo de suelo, altas pendientes, humedad del terreno	Falta de muros de contención, falta canalización de las aguas lluvias y actividad minera	Desestabilización de la ladera, asentamientos diferenciales. Grietas y hundimientos en la calle, casas y redes de canalización ubicadas en este sector.
Hospital Municipal Dr. Humberto Molina	Reptación de la ladera por humedecimiento y saturación del suelo.	Sobrecarga de la edificación sobre la ladera, falta de canalización de las AALL, actividad minera	Grietas en paredes, pisos y escaleras de la parte SE del Hospital

Las Guaduas	Roca fuertemente fracturada, fuertes pendientes	Actividad Minera	Deslizamientos y desprendimientos. Peligro para los mineros que trabajan en el sector.
-------------	---	------------------	---

**Tabla 4.4.** Evaluación y Caracterización de afectaciones en Zaruma.

#### **4.4. CARTOGRAFÍA RESULTANTE**

##### **4.4.1. Mapas de Susceptibilidad**

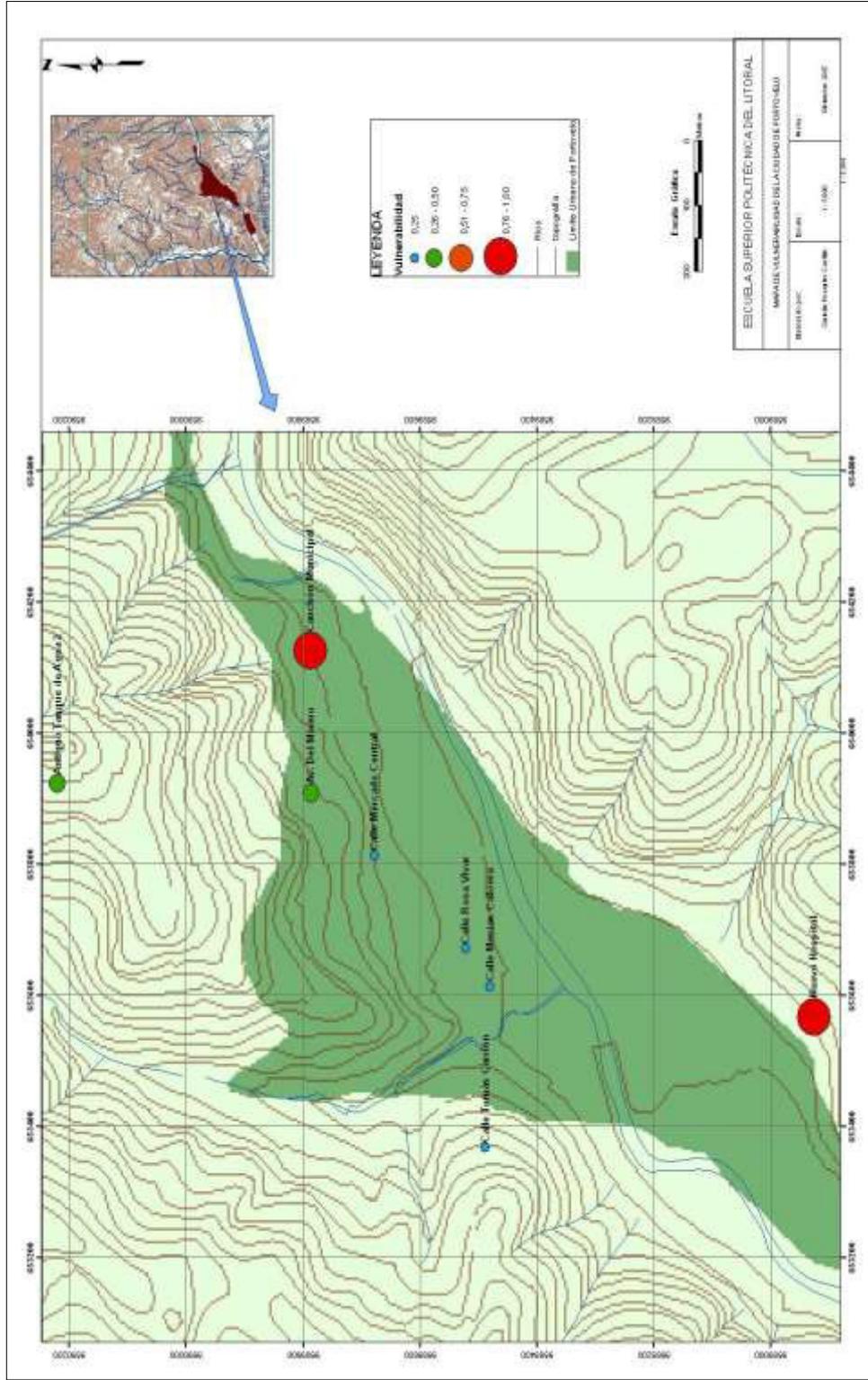


Fig. 4.9. Mapa de Vulnerabilidad de Portovelo.

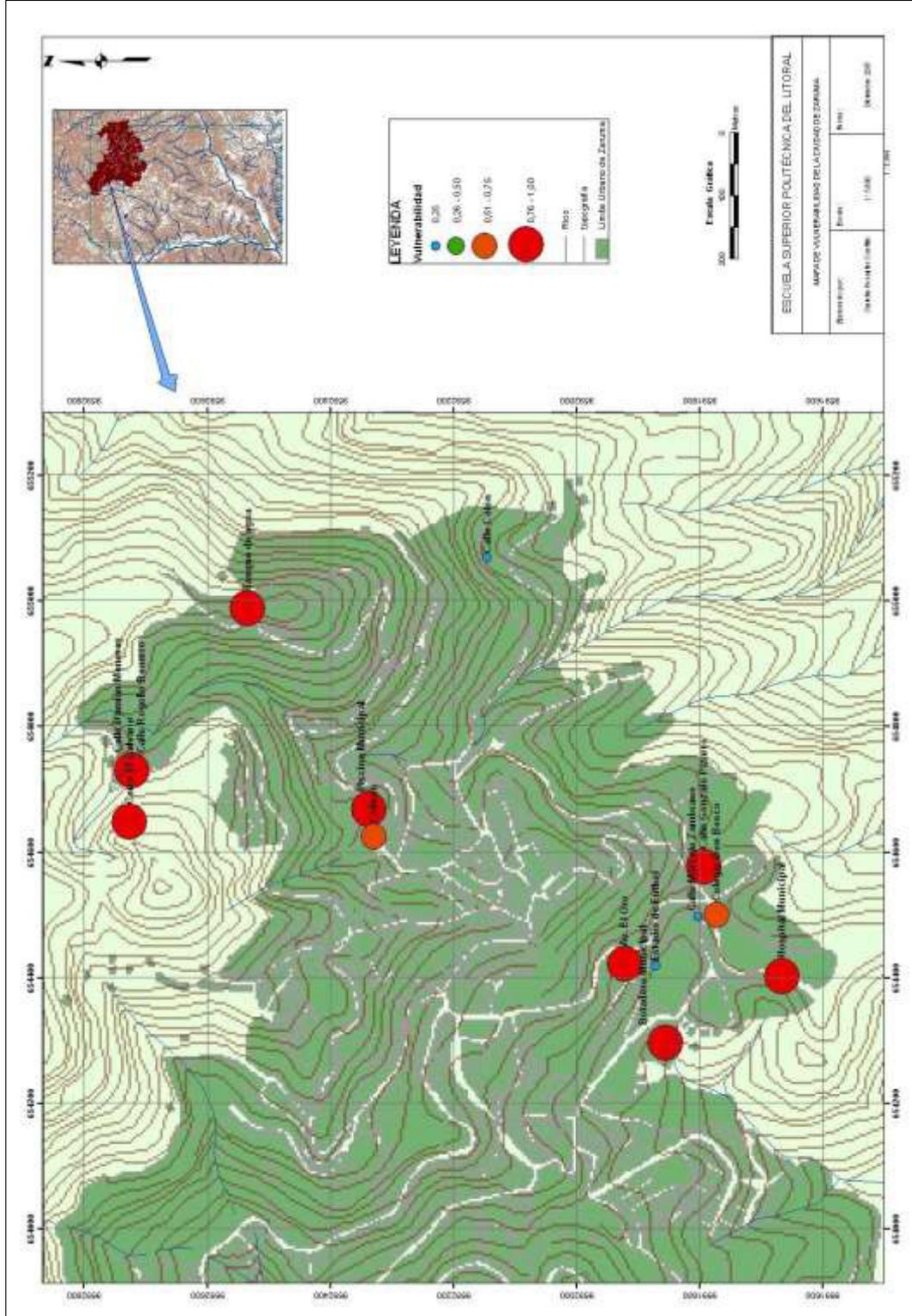


Fig. 4.10. Mapa de Vulnerabilidad de Zaruma.



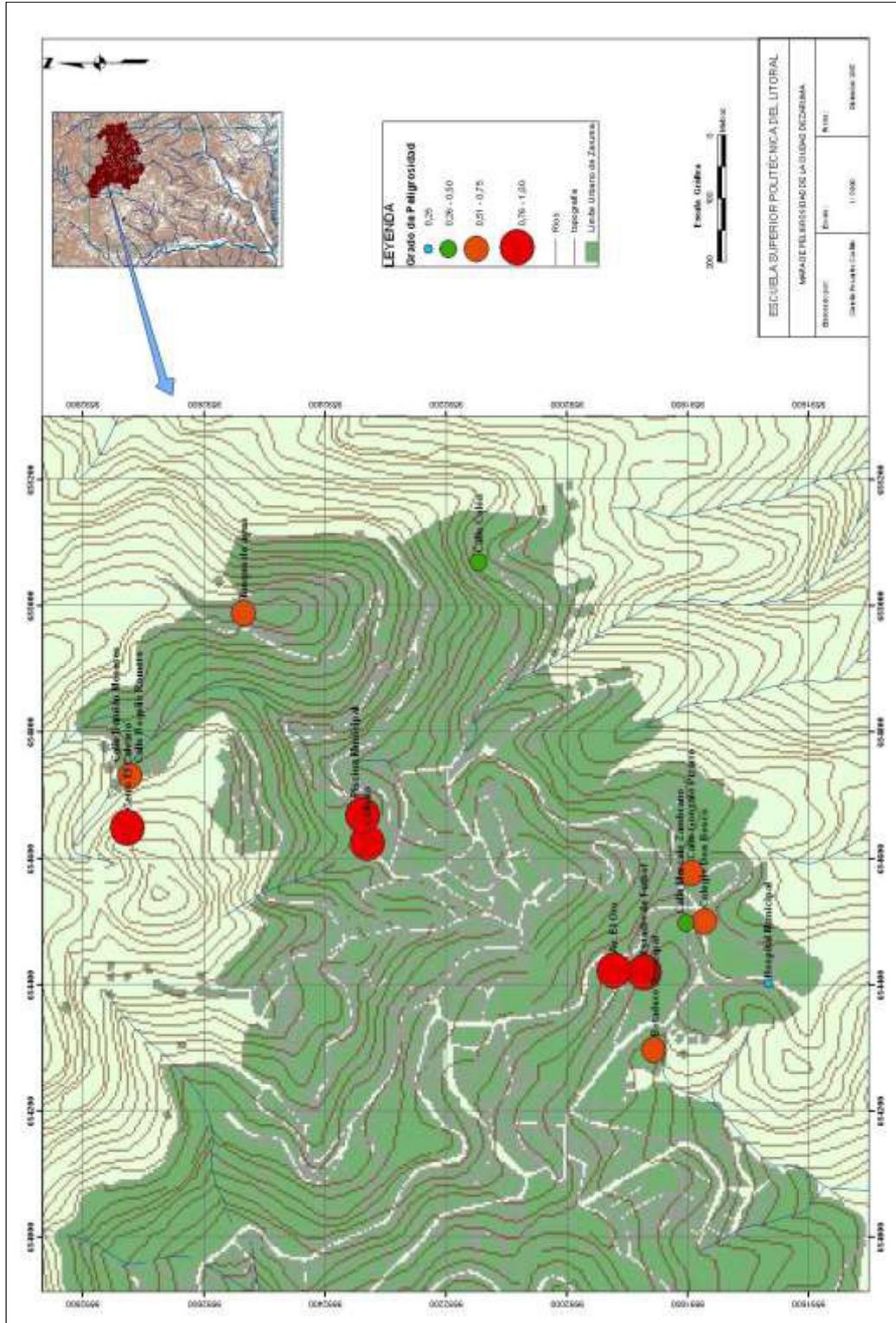


Fig. 4.12. Mapa de Peligrosidad de Zaruma.

### 4.4.3. Mapas de Riesgo

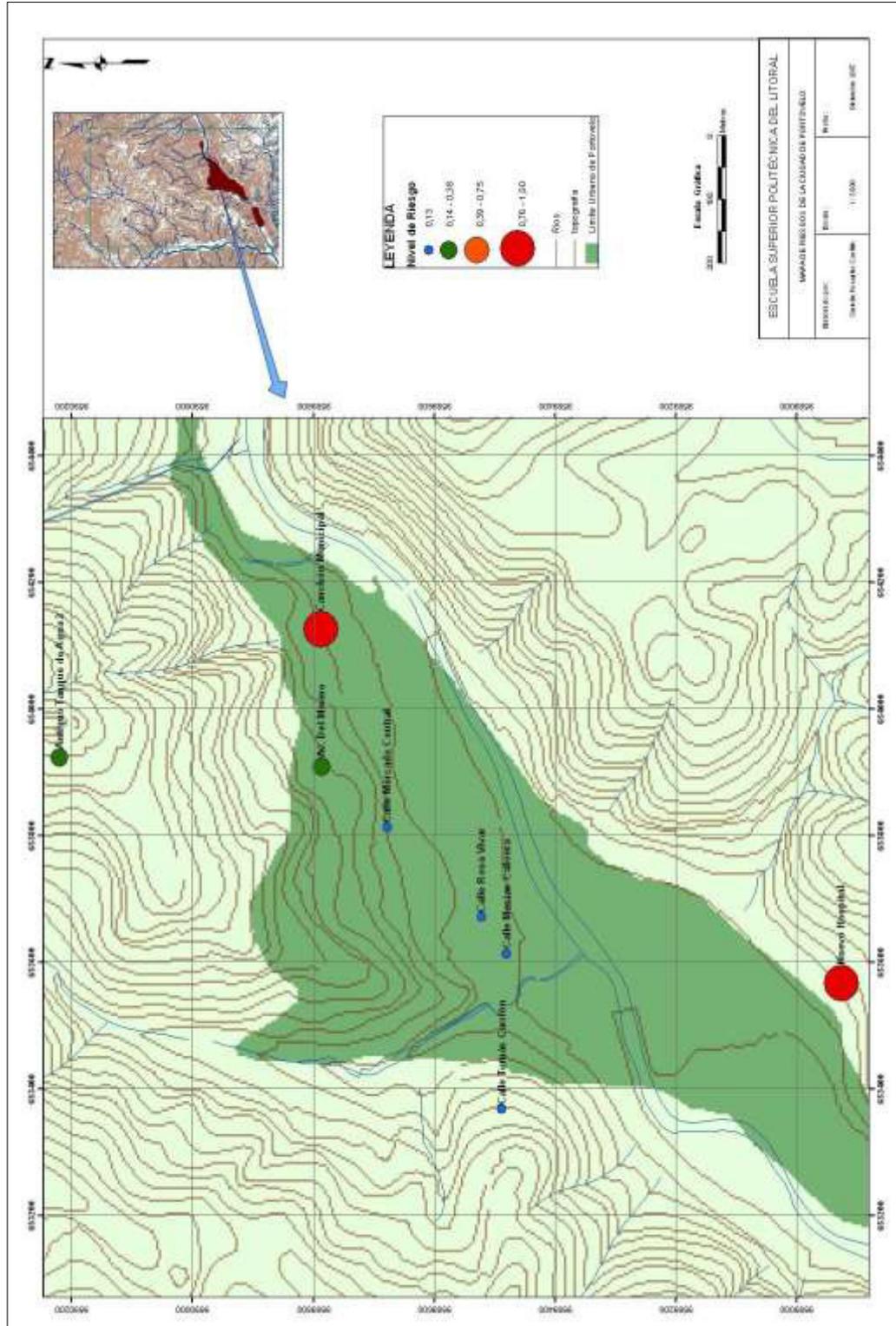
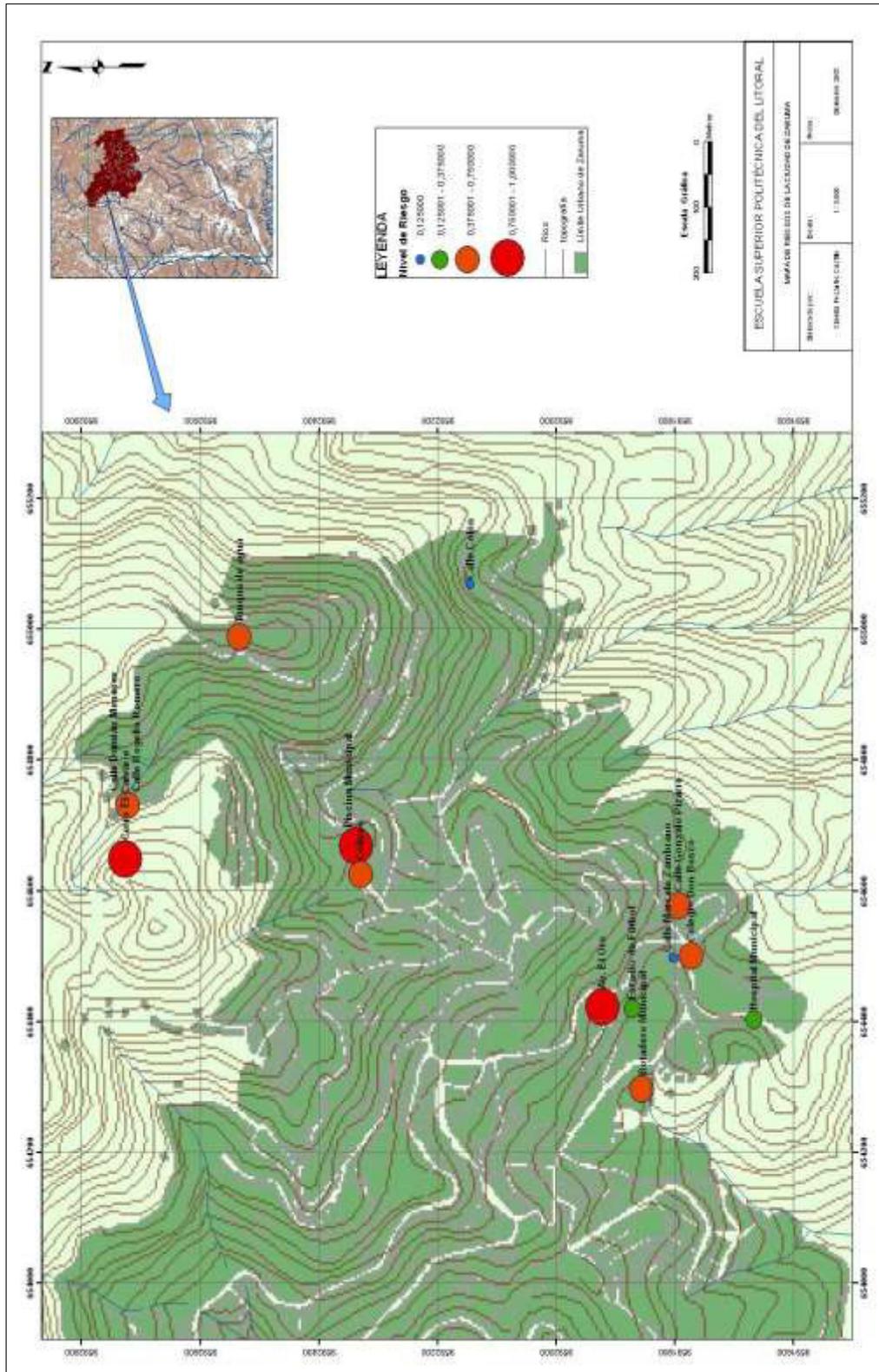


Fig. 4.13. Mapa de Riesgos de Portovelo.

**Fig. 4.9.**  
 Mapa de  
 Susceptibilid  
 ad de la  
 zona  
 Portovelo



**Fig. 4.14.** Mapa de Riesgos de Zaruma

## **CAPITULO 5**

### **5. MEDIDAS DE CORRECCIÓN, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.**

#### **5.1. Medidas Estructurales Posibles de Emplear**

Mitigación puede definirse como "una acción sostenida que reduce o elimina los riesgos a largo plazo para personas y propiedades en lo que respecta a peligros naturales y a sus efectos".

Para mitigar los daños en la zona de Zaruma y Portovelo se recomienda emplear una serie de medidas de tipo estructural como de ordenación y control urbanístico.

Dentro del grupo de medidas estructurales se pueden desarrollar las siguientes:

**Zanjas de drenaje:** el objetivo de las zanjas de drenaje es el de recolectar el agua de escorrentía, evitando la filtración y por ende la saturación de los suelos y rocas.

**Muros de contención:** estos permiten evitar la socavación al pie de los taludes, punto de mayor sensibilidad a la erosión. Compensan los empujes del terreno mediante un empuje pasivo.

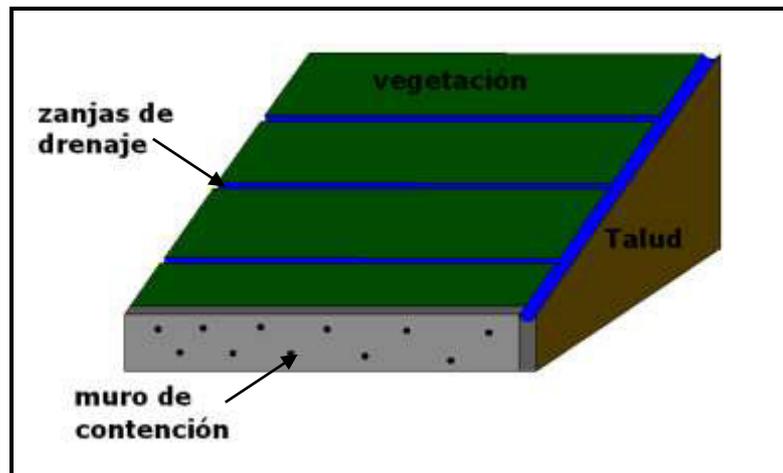


Fig. 5.1. Perfil Esquemático de una Zanja de Drenaje y Muro de Contención.

**Sub-drenes horizontales:** los drenes horizontales sirven para desfogar el agua infiltrada en el terreno.

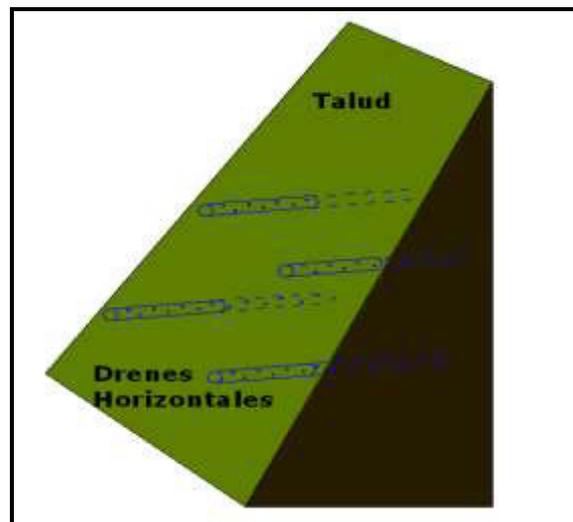


Fig. 5.2. Perfil Esquemático de la implantación de Drenes Horizontales.

**Escolleras:** son elementos de contrafuerte, presentan buena adaptación al terreno, son flexibles y tienen facilidad de drenaje.

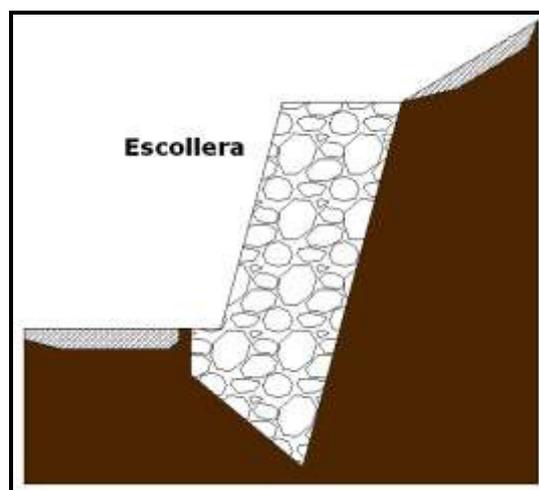


Fig. 5.3. Perfil Esquemático de una Escollera.

## **5.2. Soluciones para Portovelo**

### **Antiguo Tanque de Almacenamiento de Agua**

1. Crear canales para drenar las aguas que bajan de la quebrada y son obstruidas por el empotramiento del tanque al subsuelo.
2. Reubicar o reconstruir la obra no sería posible debido a que se encuentra en completo estado de deterioro.
3. Colocar sub-drenes horizontales para liberar el agua almacenada en el subsuelo producto de la filtración del agua.

### **Intersección Calle Humberto Miller y Av. Del Minero**

1. Los asentamientos diferenciales pueden ser corregidos dando el respectivo mantenimiento a las redes de agua potable y alcantarillado.
2. Realizar una inspección semestralmente a fin de detectar las posibles fugas de agua, que a pesar de no provocar grandes problemas de inestabilidad son de importancia para la urbe que se ve afectado por estas pequeñas molestias.

### **Canchón Municipal**

1. Se recomienda cercar el área de subsidencia 2.5 metros detrás del límite de la subsidencia.

2. Investigar que labores mineras pasan bajo ésta para tener un conocimiento del alcance de la subsidencia a futuro.
3. Evitar rellenar el agujero porque con esto se incrementan el empuje hacia abajo y con ello el colapso de los espacios vacíos que probablemente se encuentre debajo.

### **Calle Mesías Cabrera**

1. El asentamiento diferencial se puede corregir localizando las fugas de agua de las cañerías que por aquí pasen.
2. Una vez corregido el problema rehabilitar la capa asfáltica y evitar la molestia a los usuarios.

### **Calle Tomás Carrión**

1. El asentamiento diferencial se puede corregir localizando las fugas de agua de las cañerías que por aquí pasen.
2. Tener presentes las redes de drenajes de aguas cuando se realice sobre ésta, la construcción de alguna obra evitando así problemas a futuro.
3. Una vez corregido el problema rehabilitar la capa asfáltica y evitar la molestia a los usuarios.

**Calle Mercado Central**

1. Localizar las fugas de agua que causan subsidencias y reptación sobre éste punto de pendiente mediana.

**Calle Rosa Vivar**

1. El asentamiento diferencial se puede corregir localizando las fugas de agua de las cañerías que por aquí pasen.
2. Una vez corregido el problema rehabilitar la capa asfáltica y evitar la molestia a los usuarios.
3. Sellar las cajas recolectoras de aguas.

**Nuevo Hospital de Portovelo**

1. Suspender por completo la continuación de la construcción de la obra.
2. Despejar el cauce de la quebrada.
3. Crear canales de desfogues de las aguas que bajan directamente desde la quebrada y conducirlos hasta el río.
4. Dejar que se estabilice de forma natural ya que se trata de material suelto y húmedo con tendencia a formar derrubios.
5. Cercar el área evitando el ingreso de todas las personas a este sitio que tiene alta probabilidad de deslizamiento.

### **5.3. Soluciones para Zaruma**

#### **Cerro El Calvario**

El deslizamiento del cerro El Calvario se encuentra muy activo, incrementándose su movilidad en épocas invernales, pocas son las correcciones que pueden hacerse en este caso. Estas pueden ser:

1. Restaurar las cunetas de drenaje la carretera que provienen desde la parte alta.
2. Restaurar los canales de agua servida y agua potable colapsados para evitar las fugas de aguas y por ende la saturación del terreno.
3. Suspender las actividades mineras que generan vibraciones en el cerro.
4. Evitar construir cualquier tipo de infraestructura sobre éste cerro.
5. Rellenar los espacios vacíos generados por la minería.
6. Remover el material suelto que está sobre la quebrada.
7. Desalojar el cauce de la quebrada y canalizar las aguas que se desfogan tras el coliseo.
8. Impermeabilizar la parte superficial del cerro con geomembranas.

#### **Calle Rogelio Romero**

1. Se puede corregir la erosión disminuyendo el ángulo de la pendiente a través de la creación de bermas.

2. Cubrir de vegetación la superficie superior a fin de evitar el desgaste del suelo por acción de las escorrentías.
3. Canalizar las aguas lluvias que caen de los tejados de las casa y evitar los golpes de los chorros de agua que también inciden en el desgaste de los suelos.
4. Cambiar las cañerías fisuradas que salen de las viviendas y reemplazarlas por otras más resistentes.
5. Crear cunetas de recolección de aguas lluvias en los costados de las calles y ubicar adecuadamente los puntos de desfogue.
6. Evitar construir cualquier tipo de infraestructura en sitios donde exista la presencia de cárcavas de erosión.
7. Cubrir de vegetación las laderas para evitar la erosión por acción de las aguas lluvias.
8. Mantener despejados los canales de drenaje.

### **Calle Colón**

1. Cerrar los espacios vacíos subterráneos.
2. Proteger las laderas con cubierta vegetal.
3. Crear drenes dentro de los muros de contención para filtrar el agua absorbida por los suelos.
4. Cambiar las redes de aguas servidas y agua potable que se encuentren caducas y en mal estado.

**Av. El Oro**

1. Cambiar las redes de canalización de aguas servidas y agua potable que se encuentran en completo estado de deterioro y que sobresaturan de agua estos terrenos generando subsidencias y corrimientos de tierra.
2. Aumentar el tamaño de las canaletas de desfogue de las aguas lluvias.

**Calle Marcelo Zambrano**

1. Cambiar y/o corregir redes de canalización de aguas que saturan los suelos incrementando la reptación.
2. Canalizar las aguas lluvias que caen del techo de las viviendas para evitar el desgaste del suelo por acción de los golpes de los chorros de agua.

**Calle Gonzalo Pizarro**

1. Crear canales de desfogue de las aguas lluvias a los costados de ésta calle.
2. Corregir las fisuras de las tuberías de las redes principales de agua.
3. Crear un plan de control de la fuerza o carga explosiva de las voladuras para las actividades mineras realizadas tanto en Zaruma

como Portovelo de tal forma que no alteren la estabilidad en superficie de laderas e infraestructuras.

4. Para completar la efectividad de los muros de contención en este punto, se recomienda cubrir las superficies erosionadas que se encuentran por encima de éste con vegetación, a fin de evitar la filtración y bajo ésta, colocar pequeñas zanjas de drenaje en sentido horizontal que recoja el agua de escorrentía superficial.

### **Tanque de Agua**

1. Se recomienda bajar pendiente al cerro La Alborada, en los sitios que poseen más del 30% para evitar la formación de cárcavas.
2. Uniformizar el terreno a fin de evitar la creación de nuevas cárcavas en los puntos de mayor irregularidad superficial.
3. Corregir las fugas de agua de los tanques que yacen empotrados en el subsuelo y que son los principales generados de la movilidad de los suelos ladera abajo.
4. Crear sub-drenes horizontales de longitud mayor a los 5 metros para drenar las aguas filtradas bajo estos tanques.

### **Piscina Municipal**

1. Se recomienda dar mantenimiento a esta obra trimestralmente durante el año con el fin de detectar las fugas de agua que generan el movimiento y las subsidencias en los alrededores del mismo.
2. Crear sub-drenes horizontales con el fin de drenar las aguas que se encuentran actualmente filtradas en el subsuelo bajo la piscina.

### **Coliseo**

1. Al ubicarse el coliseo en el paso de la quebrada que baja desde el cerro El Calvario, se necesita abrir grandes drenajes para canalizar las aguas lluvias y el material rocoso que baja de ésta.
2. Suspender las labores mineras que se realizan a lo largo de la quebrada y que son las generadoras del material residual en superficie creando las condiciones favorables para la formación de aludes como el ya vivido en marzo 2006.

### **Estadio de Fútbol**

1. Para el caso de la ladera noreste de la cancha de fútbol, sobre el muro de contención ya construido, se puede implementar bien sea una escollera o un muro de gaviones.
2. Localizar las fugas de agua que se encuentran saturando el terreno desde la parte superior de la ladera. Corregir y/o cambiar las redes dependiendo de su estado.

**Botadero Municipal**

1. Se recomienda reubicar las viviendas que se encuentran debajo de éste apilamiento de material de fácil remoción.
2. Implantar sub-drenajes horizontales para desfogar los lixiviados, canalizarlos hasta alejarlos de las zonas urbanizadas.
3. Impermeabilizar la parte superior del botadero a fin de evitar la filtración de aguas.

**Colegio Don Bosco**

1. Suspender las actividades mineras que se encuentren afectando la estabilidad en superficie del colegio.
2. Disminuir las actividades dentro del bloque con mayor afectación, disminuir el tránsito de los estudiantes debido a que estos también generan peso y vibraciones que alteran la estabilidad del terreno que ya se encuentra en movimiento.
3. Localizar el mayor número de espacios vacíos y rellenarlos con material rocoso o de concreto a fin de reutilizarlos como anclajes del terreno.
4. Sellar las grietas que se encuentran en superficie para evitar nuevamente la filtración de aguas lluvias a través de éstas cavidades.

### **Calle Damián Meneses**

1. Remover el material suelto desplazado sobre la calle Damián Meneses.
2. Estabilizar esta ladera mediante la creación de bermas, complementando la base con el empotramiento de un muro de contención.
3. Cubrir las bermas con geotextiles.
4. Crear cunetas a los lados de la calle para desfogar las aguas lluvias.
5. Homogenizar las pendientes de las laderas, reducirlas y cubrirlas en lo posible de vegetación para evitar la formación de nuevas cárcavas.

### **Hospital Municipal**

1. Los problemas de subsidencia pueden ser corregidos localizando los puntos de drenaje internos que se encuentran aflojando el terreno.
2. La reptación se da en las zonas periféricas del centro hospitalario, ello puede ser corregido con la siembra de árboles de grandes raíces, ya que son laderas no tan desprovistas de éste tipo de cubierta vegetal.

3. Prohibir la entrada de carros muy grandes debido a las vibraciones que generan superficialmente.
4. Controlar la carga explosiva durante las labores mineras realizadas cercanas a este recinto.

## CONCLUSIONES

1. En base al análisis de los mapas de elevaciones, litológico y de suelos de la zona de estudio Zaruma-Portovelo, se puede decir que los factores condicionantes asociados a los movimientos de masa son los óptimos para la formación de situaciones de riesgos geodinámicos.
2. Zaruma presenta 3 puntos con nivel de riesgo geodinámico alto (La Av. El Oro, Piscina Municipal y Cerro El Calvario), 6 con nivel de riesgo medio (Calles Damián Meneses, Rogelio Romero y Gonzalo Pizarro, Tanque de Agua y Colegio Don Bosco), 2 con nivel de riesgo bajo (Estadio de Fútbol y Hospital Municipal) y 1 con nivel de riesgo muy bajo (Calle Marcelo Zambrano).
3. Portovelo, por su parte presenta 2 niveles de riesgo geodinámico alto (Canchón Municipal y Nuevo Hospital), 2 con nivel de riesgo bajo (Av. Del Minero y Antiguo Tanque de Agua) y 4 con nivel de riesgo muy bajo (Calles Tomás Carrión, Mesías Cabrera, Rosa Vivar y Mercado Central) (Ver Fig. 4.10).

4. Portovelo no presenta problemas críticos de tipo estructural, la intervención antrópica se da hacia el lado Este del casco urbano afectando por sobre todo los cerros donde se realiza las labores mineras.
  
5. La falta de concienciación y creación de un Plan de Educación en la Prevención de Riesgos por parte de las personas y autoridades que realizan y regulan la actividad minera ha llevado a lo largo de estos años a incrementar la mayoría de problemas geodinámicos de la zona.

## RECOMENDACIONES

1. Definir las labores mineras subterráneas que pueden continuar desarrollándose, especificando las medidas técnicas a implementarse y proceder a la liquidación y sellado de las labores que no pueden seguir trabajando.
2. Ubicar los vacíos subterráneos existentes bajo zonas y obras vitales y proceder a su estabilización.
3. Elaborar un plan de monitoreo de los movimientos de masas y proceder a la estabilización de los taludes y laderas que presenten una mayor amenaza.
4. Mejorar las condiciones de derivación de las aguas subterráneas, tanto en los sectores urbanos de Zaruma y Portovelo, como en su periferia.

5. Elaborar, implementar y poner en funcionamiento un plan educativo en las escuelas primarias y secundarias, con vistas a capacitar a niños y jóvenes en todo lo concerniente a la temática tratada.
  
6. Capacitar técnicamente a trabajadores con la ayuda de técnicos especializados vinculados al área extractiva.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. BLANCO,R. WATSON, R. COSTA E SILVA, V. TOLENTINO, V. CARRIÓN, P. ROMERO, J. VILLACÍS, W. MORANTE, F. PEÑA, E. ERAS, R., Informe Preliminar de Diagnóstico sobre la Situación Geomecánica y de Contaminación de Zaruma y Portovelo, Red CYTED XII-D Aplicada a la Minería Sostenible, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Cámara de Minería Zaruma. Proyecto Estudios y Soluciones a los Peligros y Riesgos Geodinámicos Ambientales y Problemas Sociales Vinculados con la Actividad Minera en la Región de Zaruma. Ecuador, 2000.
- [2]. BLANCO, R. AZUAGA AYRES DA SILVA, L. CARRIÓN, P., Informe Técnico sobre la Situación de Riesgo en Portovelo, 2003.
- [3]. BLANCO, R. WATSON, R., Zonificación Preliminar del Área del Casco Urbano de Zaruma, según el Grado de Riesgos Geodinámicos, 2004.

- [4]. BRISTOW, C.R., HOFFTESTTER, L. L. Léxique Stratigraphique International, Ecuador. ED. C. N. R. S. París-Francia, 1977.
- [5]. CARRIÓN, P. LADINES, L. MORANTE, F. BLANCO, R., Diagnóstico de la Situación Geomecánica y de la Contaminación de Zaruma y Portovelo, 2003.
- [6]. CHÁVEZ, M. RUESTA, P. JIMÉNEZ, J., Informe sobre los Procesos de Deslizamiento en las Laderas y Taludes de la zona de Portovelo, 2005.
- [7]. CARRIÓN, P. BLANCO, R. CARVAJAL, A. WATSON, R. CHÁVEZ, A. CALLE, J. VELASCO, J. PINDO, J. LOAYZA, G. BARRETO, J., Plan de medidas técnicas emergentes en Zaruma y zonificación de riesgos, 2006.
- [8]. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, Estudios Definitivos del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Zaruma, Provincia de El Oro, Estudio Geológico-Geotécnico, Tomo II. Marzo de 1996. pp 4.

- [9]. FABRICIO AYALA – JORGE OLCINA, Riesgos Naturales, Capítulo XVIII pp379, Capítulo XIX pp 411, Ariel Ciencia. Barcelona – España, 2002.
- [10]. INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, Sismicidad Histórica Del Ecuador, [www.igepn.edu.ec](http://www.igepn.edu.ec).
- [11]. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, Fotografía Aérea sector Zaruma, Escala Foto: 1:60.000, Escala de Amplificación: 1:30.000, Fecha de Toma: 5 de Julio de 1989.
- [12]. INSTITUTO TÉCNICO GEOLÓGICO MINERO DE ESPAÑA, Tecnología Básica de la Recarga Artificial de Acuíferos. pp. 8.
- [13]. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, Riesgos Geológicos. Madrid –España, 1987.
- [14]. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, Estudio Definitivo del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la ciudad de Zaruma, Provincia del Oro. Estudio Geológico - Geotécnico. Zaruma, Tomo II, Capítulo II. pp. 1. Capítulo III. pp. 4, Marzo de 1996.

- [15]. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental (PRODEMINCA), Depósitos Porfídicos y Epi-Mesotermales Relacionados con Intrusiones de las Cordilleras Occidental y Real, Capítulo II pp 53, Primera Edición, Quito, Junio del 2000.
- [16]. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, Mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual, Sector Zaruma Escala: 1:50.000, Realizado por: Patricio de la Torre. Fuente: Convenio: MAG – IICA – CLIRSEN. Febrero 2003.
- [17]. CENTRO DE LEVANTAMIENTOS INTEGRADOS DE RECURSOS NATURALES POR SENSORES REMOTOS (CLIRSEN), Mapa Geomorfológico y Riesgos de Erosión. Hoja Portovelo y Hoja Santa Rosa, Escala: 1:100.000, Febrero 1989.
- [18]. MISIÓN BRITÁNICA Y LA DIRECCIÓN GENERAL DE GEOLOGÍA Y MINAS, Mapa Geológico del Ecuador, Hoja Zaruma N° 38, Escala: 1:100.000, 1980.
- [19]. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. OFFICE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

(ORSTOM), Mapa de Suelos, Hoja Paccha N° 129 y Hoja Zaruma N° 135, Escala: 1:50.000, 1983.

- [20]. MARQUEZ OMAR. Zonificación de Susceptibilidad a los Deslizamientos en Sectores de Crecimiento no Controlado en la Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda, Venezuela. Ponencias GEDES , Cartagena de Indias - Colombia, 2007.
- [21]. SAWER W. Geología del Ecuador. Quito, 1965.
- [22]. UNITED NATIONS DISASTER RELIEF ORGANIZATION (UNDRO), Natural Disasters and Vulnerability Analysis, 1979.
- [23]. VELASCO J., Análisis Preliminar de la Influencia de la Actividad Minera en Pequeña Escala y los Riesgos Geodinámicos en Portovelo, 2004.

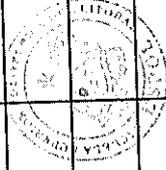
# APÉNDICE

# APÉNDICE 1

## INVENTARIO DE BOCAMINAS EN LA ZONA DE PORTOVELO

N°	Nombre	Sector	Coordenadas			Portal		Características de la excavación				Descripción del tipo de excavación					Roca				
			X	Y	Z	Forma	Fortificación	Dirección	Alto x Ancho	Profundidad	Fortificación	Niveles	Inactiva	Se trabaja en: FN, ER, P	Tipo	Estado de la roca	Presencia de Agua	Grado de fracturamiento	Grado de estabilidad	Otros	
1		Curipamba	654534	9589820	687	rectangular	madera	N-S / 70	1,50 x 1,20	750	madera		No	FN	andesita	poco meteorizada	humeda	alto	moderado		
2			654509	9589764	699	arqueada	Ninguna	N12E / 84	1,20 x 0,80	50	madera		No	FN	andesita	levemente meteorizada	moderada	alto	moderado		
3			654508	9589663	702	arqueada	Ninguna	N-S76	1,20 x 0,80	30	ninguna		Si		andesita	meteorizada	poca	alto	bajo	Colapsada	
4			654525	9589687	712	arqueada	Ninguna	N-S	1,70 x 0,90	70	madera		No	FN	andesita	meteorizada	humeda	alto	muy bajo		
5			654562	9589714	709	rectangular	madera	N-S / 45	1,30 x 0,70	40	madera		No	FN	andesita	meteorizada	humeda	alto	muy bajo	Nueva bocamina a pocos metros de 5	
6			654573	9589731	687	arqueada	Ninguna	S5W					Si		andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	Colapsada, construida en residual	
7			654576	9589743	683	rectangular	madera	N-S / 45	1,10 x 0,75	60	ninguna		No	FN	andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	Pique	
8			654566	9589760	678	rectangular	madera	N-S	1,70 x 1,00	80	madera		Si		andesita	poco meteorizada	poca	alto	moderado		
9			654570	9589778	676	arqueada	Ninguna	N-S	1,10 x 0,90	120	ninguna	4	No	FN	andesita	poco meteorizada	humeda	medio	moderado	Pique	
10			654505	9589870	660	arqueada	Ninguna	N-S	2,00 x 1,20	200	ninguna		Si		andesita	levemente meteorizada	abundante	alto	bajo	50 cm sobre el nivel del río	
11		Cerro San Jose	654030	9589494	653	rectangular	madera	N-S	2,00 x 1,00	30	madera		No	FN	andesita	levemente meteorizada	abundante	alto	moderado	50 m labor de acceso	
12			654074	9589538	652	rectangular	madera	N-S	1,90 x 1,00	92	madera		Si		andesita	levemente meteorizada	abundante	alto	moderado		
13	Ciruelo Unificado		654131	9589590	649	rectangular	madera	N-S	1,80 x 1,00	70	madera		Si		andesita	levemente meteorizada	moderada	alto	moderado		

15			654144	9589608	645	cuadrado	madera		1,20 x 1,20	90	madera	2	No	FN	andesita	levemente meteorizada	abundante	aito	moderado	presencia de una zona muy inestable a 1000m	
16	Barbasco 1	Barbasco	654586	9590060	611	rectangular	concreto y madera	N30E	2,00 x 1,00	1000	madera		No	FN	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	aito	alto		
17			654588	9590106	702	arqueada	Ninguna	N-S	2,00 x 1,00	30	ninguna		No	FN	andesita	fuertemente meteorizada	moderada	aito	alto	inaccesible	
18			654581	9590126	712	arqueada	ninguna	N-S	1,10 x 0,80				Si		andesita	levemente meteorizada			moderado	inaccesible	
19			654587	9590147	722	arqueada	ninguna	N-S	1,10 x 0,81				Si		andesita	levemente meteorizada			moderado	inaccesible	
20			654594	9590165	730	arqueada	ninguna	N-S	1,10 x 0,82				Si		andesita	levemente meteorizada			moderado	inaccesible	
21	Soc. Virgen Consuelo		654499	9590218	734	rectangular	madera	E-W	2,00 x 1,00	60	madera		Si		andesita	fuertemente meteorizada	moderada	aito	muy bajo	entrada reforzada con saquillos	
22	Rica Suave		654393	9590292	748	rectangular	madera	N20E	1,80 x 1,20	200	madera		No	FN	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	aito	muy bajo	a 15 m de la entrada cambia de dirección E-W	
23			654302	9590306	749																
24			654322	9590323	721																
25			654325	9590302	750																
26			654345	9590320	747																
27			654343	9590306	750																
28			654357	9590293	748																
29	La cascada		654249	9590394	762	rectangular	madera	N-S	1,80 x 1,50	35			No		andesita	fuertemente meteorizada	abundante	aito	muy bajo	se encuentre el eje de la quebrada La Cascada	
30		Minanca	654693	9590271	770	arqueada	ninguna	N-S	1,30 x 0,90	25			Si		andesita	fuertemente meteorizada	moderado	aito	muy bajo	cerrada	
31	Mina Caliente		654692	9590270	771	arqueada	ninguna	N-S	1,30 x 0,90	20			Si		andesita	fuertemente meteorizada	moderado	aito	muy bajo		
32			654658	9590276	783	arqueada	ninguna	N-S	1,10 x 0,80	30			Si		andesita	fuertemente meteorizada	humeda	aito	muy bajo		
33			654637	9590294	779	arqueada	ninguna	N-S	1,15 x 0,70	30			Si		andesita	fuertemente meteorizada	humeda	aito	muy bajo		
34			654616	9590301	772	arqueada	ninguna	N-S	1,10 x 0,80	30			Si		andesita	fuertemente meteorizada	humeda	aito	muy bajo		



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

ESPOL

36		654163	9590436	790	arqueada	ninguna	N-S	0,80	30			Si	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	colapsada
37		654153	9590298	789	rectangular	madera	N-S	1,50 x 1,10	50	madera		No	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	sale vapor, supera los 60° C
38	Q. Matlanga	654003	9590162	787	arqueada	ninguna	N-S / 79	1,20 x 1,00	30	madera		Si	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	colapsada
39		654046	9590208	830	arqueada	ninguna	N-S / 75					Si	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	colapsada
40		654018	9590220	832	arqueada	ninguna	N-S					Si	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	colapsada
41		654034	9590225	831	arqueada	ninguna	N-S					Si	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	colapsada
42		654028	9590246	825	rectangular	madera	N-S / 43	1,70 x 1,10				Si	andesita	fuertemente meteorizada	moderado	alto	muy bajo	abandonada por derrumbes en su interior, zona depredada, el material removido esta siendo recondido creando grandes agujeros de
43		654037	9590257	843	arqueada	ninguna	N-S						andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	
44		654062	9590338	865	arqueada	ninguna	S-N / 70	2 x 1		ninguna		Si	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	ubicado en la cuspide, creando un agujero propio para la acumulacion de agua y en lo posterior factor de desestabilizacion del
45		654086	9590307	864	arqueada	ninguna	N-S					Si	andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	bocaminas colapsadas y abandonadas por hundimientos y desprendimientos de grandes bloques de roca
46		654068	9590299	861	arqueada	ninguna	N-S					Si	andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	bocaminas colapsadas y abandonadas por hundimientos y desprendimientos de grandes bloques de roca
47		654096	9590289	859	arqueada	ninguna	N-S					Si	andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	bocaminas colapsadas y abandonadas por hundimientos y desprendimientos de grandes bloques de roca
48		654070	9590267	858	arqueada	ninguna	N-S					Si	andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	bocaminas colapsadas y abandonadas por hundimientos y desprendimientos de grandes bloques de roca
49		654094	9590264	853	arqueada	ninguna	N-S					Si	andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	bocaminas colapsadas y abandonadas por hundimientos y desprendimientos de grandes bloques de roca
50		654048	9590154	791	rectangular	madera	N-S / 47	1,20 x 1,00	60	madera		No	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	muy bajo	trabajado con ayuda de guinche
51		654043	9590146	790	rectangular	madera	N-S / 45	1,10 x 1,00	20	madera		No	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	muy bajo	trabajado con ayuda de guinche
52		654049	9590140	791	rectangular	madera	N-S / 43	1,30 x 1,00	20	madera		No	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	muy bajo	
53		654049	9590080	770	arqueada	ninguna	N40W	1,20 x 1,00	120	ninguna		No	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	muy bajo	no pegan a la veta, cruza por debajo del hospital curipamba, en su tiempo trabajado extraen buenos valores pero en invierno son abandonadas por las inundaciones de las bocaminas y el viento a desmenuzamiento
54		654062	9590082	753	rectangular	madera	N-S	1,20 x 0,90	100	madera		No	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	muy bajo	
55		654067	9590018	736	rectangular	madera	N-S	1,20 x 1,00				Si	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	muy bajo	abandonada y cellada



78		654192	9591232	921	arqueada	ninguna	NE-SW	1,30 x 1,01	40	madera	No	FN	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	bajo	
79		654142	9590956	926	arqueada	ninguna	E-W, N- S	1,60 x 1,00	60	ninguna	Si		andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	muy bajo	
80		654287	9590928	927	arqueada	ninguna	E-W, N- S	2,00 x 1,20	100	ninguna	No	FN	andesita	fuertemente meteorizada	abundante	alto	muy bajo	avance en caja
81		654309	9590860	925	arqueada	ninguna	N45E			ninguna	Si	P	andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	bajo	abandonada y colapsada
82		654313	9590831	921	arqueada	ninguna	N45E			ninguna	Si	P	andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	bajo	abandonada y colapsada
83		654302	9590796	918	arqueada	ninguna	N45E	1,10 x 0,80		ninguna	Si		andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	bajo	cubierto por maleza
84	El castillo	654357	9590706	906	arqueada	ninguna	NE-SW	1,30 x 0,90	20	ninguna	Si		andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	bajo	a pie de carretera y abandonadas
85	El castillo	654342	9590696	902	arqueada	ninguna	NE-SW	1,30 x 0,90	30	ninguna	Si		andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	bajo	a pie de carretera y abandonadas
86	El castillo	654324	9590695	909	arqueada	ninguna	NE-SW	1,30 x 0,90	15	ninguna	Si		andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	bajo	a pie de carretera y abandonadas
87	El castillo	654313	9590684	910	arqueada	ninguna	NE-SW	1,30 x 0,90	10	ninguna	Si		andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	bajo	a pie de carretera y abandonadas
88	El castillo	654285	9590693	907	arqueada	ninguna	NE-SW	1,30 x 0,90	20	ninguna	Si		andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	bajo	a pie de carretera y abandonadas
89	El castillo	654194	9590786	906	arqueada	ninguna	N-S	1,30 x 0,90	15	ninguna	Si		andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	abandonada y caliente
90	El castillo	654213	9590794	883	arqueada	ninguna	N26E	1,20 x 0,90	80	ninguna	Si		andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	ubicada en el eje de la quebrada
91	El castillo	654214	9590782	883	rectangular	madera	N75E	1,50 x 1,00	60	ninguna	No	FN	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	
92	El castillo	654228	9590776	884	arqueada	ninguna	NE-SW	1,20 x 0,90	15	madera	Si		andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	
93	El castillo	654231	9590763	882	arqueada	ninguna	NE-SW	1,20 x 0,90	15	madera	Si		andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	
94	El castillo	654237	9590754	885	arqueada	ninguna	NE-SW	1,20 x 0,90	15	ninguna	Si		andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	
95	El castillo	654072	9590750	874	arqueada	ninguna	NE-SW	1,20 x 0,90	15	madera	Si		andesita	fuertemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	
96	El castillo	654075	9590766	879	rectangular	madera	N-S	1,50 x 1,10	60	madera	No	FN	andesita	levemente meteorizada	poca	alto	moderado	
97	El castillo	654084	9590751	875	cuadrado	madera		1,20 x 1,20	30	madera	No	FN	andesita	levemente meteorizada	poca	alto	moderado	

100	El castillo	654084	9590734	872	cuadrado	madera		1,20 x 1,20	30	madera	No	FN	andesita	levemente meteorizada	poca	alto	moderado	coje dos frentes uno hacia el Norte y otro hacia el Sur
101	El castillo	654072	9590672	868	cuadrado	madera		1,20 x 1,21	30	madera	No	FN	andesita	levemente meteorizada	poca	alto	moderado	coje dos frentes uno hacia el Norte y otro hacia el Sur
102	El castillo	654076	9590662	874	cuadrado	madera		1,20 x 1,22	30	madera	No	FN	andesita	levemente meteorizada	poca	alto	moderado	coje dos frentes uno hacia el Norte y otro hacia el Sur
103	El castillo	654131	9590674	850	cuadrado	madera		1,20 x 1,23	31	madera	No	FN	andesita	levemente meteorizada	poca	alto	moderado	se observa desprendimiento de bloques hacia la quebrada y derrumbes en los tuneles que siguen la ruta abandonadas
104	El castillo	654185	9590677	953	arqueada	ninguna	E-W	1,30 x 0,90	15	ninguna	Si		andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	abandonadas
105		654197	9590680	862	arqueada	ninguna	E-W	1,10 x 0,70	15	ninguna	Si		andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	abandonadas
106		654205	9590700	953	arqueada	ninguna	N45E	1,10 x 0,70	15	ninguna	Si		andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	abandonadas
107	Empec Soroche	653992	9591014	890	rectangular	madera		1,10 x 0,70	15	ninguna	Si	FN	andesita	poco meteorizada	abundante	alto	moderado	se las considera muy estables
108	Empec	653969	9590992	855	cuadrado	madera		1,20 x 1,20	120	madera	No	FN	andesita	poco meteorizada	abundante	alto	moderado	se las considera muy estables

MINISTERIO  
DE  
TRABAJOS

## APÉNDICE 3

### INVENTARIO DESLIZAMIENTOS EN PORTOVELO

Nº	Coordenadas			Magnitud
	X	Y	Z	
1	654566	9589760	678	pequeña
2	654151	9589614	646	mediana
3	654586	9590060	697	mediana
4	654586	9590106	702	pequeña
5	654499	9590218	734	pequeña
6	654143	9590298	789	grande
7	654062	9590338	865	grande
8	654166	9591120	950	mediano
9	654287	9590928	927	pequeño
10	654389	9590730	912	mediano
11	654131	9590674	850	mediano

## APÉNDICE 2

### INVENTARIO ESCOMBRERAS EN PORTOVELO

Nº	Coordenadas		
	X	Y	Z
1	654393	9590292	748
2	654144	9590140	756
3	654003	9590162	787
4	654046	9590208	830
5	654018	9590220	832
6	654034	9590225	831
7	654028	9590246	825
8	654037	9590257	843
9	654062	9590338	865
10	654086	9590307	864
11	654068	9590299	861
12	654096	9590289	859
13	654070	9590267	858
14	654094	9590264	853
15	654048	9590154	791
16	654043	9590146	790
17	654049	9590140	791
18	654049	9590080	770
19	654062	9590082	753
20	654067	9590018	736
21	654078	9590042	747
22	654083	9589980	727
23	654098	9589958	700
24	654091	9589936	700
25	654092	9589937	695
26	654142	9589878	679
27	654146	9589863	677
28	654135	9589855	673
29	654122	9589848	665
30	654110	9589838	650
31	653992	9591014	890

# APÉNDICE 4

## INVENTARIO DE BOCAMINAS EN LA ZONA DE ZARUMA

N°	Nombre	Sector	Coordenadas			Portal		Características de la excavacion				Descripción del tipo de excavacion		Roca						
			X	Y	Z	Forma	Fortificacion	Dirección/Inclin	Alto x Ancho	Profundidad	Fortificacion	Niveles	Inactiva	Se trabaja en: FN, ER, P	Tipo	Estado de la roca	Presencia de Agua	Grado fracturamiento	Grado de estabilidad	Otros
1			654766	9592212	1162	arqueado	ninguna	N-S/66	1,70 x 0,60				Si	Se trabaja en: FN, ER, P	andesita	levemente meteorizada	humeda	alto	moderado	ubicada al pie de la Calle Colon
2		Cerro El Calvario	654548	9592726	1327	arqueado	ninguna	E-W	1,30 x 0,70	ninguna		ninguna	Si		andesita	suelo	nada superficialmente		muy bajo	bocamina colapsada por hundimiento, hundimientos grandes y pequeños en todo su alrededor, cubiertos por la Zona restringida por el Municipio para trabajar, pero aun asi se continua en labores
3			654610	9592906	1353	arqueado	ninguna	N-S		ninguna		ninguna	No		andesita	levemente meteorizada		alto	muy bajo	Zona restringida por el Municipio para trabajar, pero aun asi se continua en labores
4			654524	9592901	1350	arqueado	ninguna	N-S		ninguna		ninguna	No		andesita	levemente meteorizada		alto	muy bajo	Zona restringida por el Municipio para trabajar, pero aun asi se continua en labores
5			654582	9592867	1340	arqueado	ninguna	N-S		ninguna		ninguna	No		andesita	levemente meteorizada		alto	muy bajo	Zona restringida por el Municipio para trabajar, pero aun asi se continua en labores
6			654564	9592868	1642	arqueado	ninguna	N-S		ninguna		ninguna	No		andesita	levemente meteorizada		alto	muy bajo	Zona restringida por el Municipio para trabajar, pero aun asi se continua en labores
7			654553	9592848	1342	arqueado	ninguna	N-S		ninguna		ninguna	No		andesita	levemente meteorizada		alto	muy bajo	Zona restringida por el Municipio para trabajar, pero aun asi se continua en labores
8			654553	9592746	1336	arqueado	ninguna	NW-SE	0,80 x 0,40	ninguna		ninguna	No		andesita	levemente meteorizada		alto	muy bajo	Zona restringida por el Municipio para trabajar, pero aun asi se continua en labores
9			654565	9592774	1321	rectangular	madera	E-W, N-S	1,30 x 0,70	madera	50	ninguna	No	FN	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	hay varios derrumbes internos por material flojo, se observan muchas vetillas
10			654555	9592764	1337	arqueado	ninguna	E-W / 20	1,20 x 1,10	ninguna		ninguna	Si		andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	colapsada
11			654585	9592750	1301	rectangular	madera	N10E / 30	1,70 x 0,60	ninguna	25	ninguna	No	FN	andesita	fuertemente meteorizada	humeda	alto	muy bajo	reforzada con saquillos, se para en invierno por inundación
12			654560	9592498	1288	rectangular	cemento	N-S	1,70 x 0,80	madera	200	ninguna	No	FN	andesita	levemente meteorizada	poca	alto	muy bajo	inestabilidad por explosiones que aflojan el material rocoso, en julio estaba cerrada



## APÉNDICE 5

### INVENTARIO ESCOMBRERAS EN ZARUMA

Nº	Coordenadas		
	X	Y	Z
1	654607	9592750	1327
2	654319	9591500	1072
3	654331	9591438	1041
4	653825	9593854	1261

## APÉNDICE 6

### INVENTARIO DESLIZAMIENTOS EN ZARUMA

Nº	Coordenadas			Magnitud	Observaciones
	X	Y	Z		
1	655177	9592826	1255	mediano	Via pillacela roma, junto a una casa #3
2	654686	9592676	1308	grande	Tras Cerro Calvario
3	654648	9592726	1327	mediano	Tras Cerro Calvario
4	654610	9592906	1353	grande	Las Guaduas
5	654560	9592498	1288	grande	Calvario-Coliseo
6	654322	9591462	1058	pequeño	tras Hospital
7	654331	9591438	1041	mediano	botadera tras hjospital
8	654964	9592698	1302	pequeño	por calidad del suelo
9	654866	9593390	1381	grande	junto a bocamina miranda 2
10	654877	9593786	1269	grande	junto a bocamina de Toscon Blanco
11	653292	9593240	1179	grande	en dirección a casas via a Zaruma Urco



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## APÉNDICE 7

<b>N° 1</b>	<b>Coordenadas (X,Y,Z)</b>	
<b>Nombre:</b> <b>Sector:</b> Curipamba 	654534	9589820   687
	<b>Portal</b>	
	<b>Forma</b>	<b>Fortificación</b>
		madera
	<b>Características de la excavación</b>	
<b>Dirección e inclinación</b>	N-S	70°
<b>alto x ancho</b>	1.50	1.20
<b>profundidad</b>	750	
<b>Fortificación</b>	Con madera en zonas inestables	
<b>Niveles</b>	3 niveles hacia abajo y cada 30 m	
	<b>Descripción del tipo de excavación</b>	
<b>Mina Inactiva</b>	No	
<b>Tipo de actividad:</b>		
<b>Frente Nuevo</b>	X	
<b>Extracción de relleno</b>		
<b>Extracción de pilares</b>		
	<b>Roca</b>	
<b>Tipo</b>	Toba andesítica	
<b>Grado de meteorización</b>	II	
<b>Presencia de Agua</b>	15%	
<b>Diaclasamiento</b>	Fuertemente fracturado	
<b>Grado de estabilidad</b>	moderado	
<b>Otros</b>		

Tabla. N° 5.1. Ficha empleada para evaluación de bocaminas en campo.