



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial

TÍTULO:

**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LAS
ÁREAS MINERAS BELLA RICA CÓDIGO 15 Y
GUANACHE-TRES DE MAYO CÓDIGO 170,
CANTÓN CAMILO PONCE ENRIQUEZ, PROVINCIA
DEL AZUAY**

Tesis de grado previa a la obtención del
Título de Ingeniero en Geología
Ambiental y Ordenamiento Territorial.

AUTOR:

Julio Ruilova Prado

DIRECTOR:

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2015



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el señor egresado **JULIO PATRICO RUILOVA PRADO**, realizó el presente trabajo de tesis "**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LAS ÁREAS MINERAS BELLA RICA CÓDIGO 15 Y GUANACHE-TRES DE MAYO CÓDIGO 170, CANTÓN CAMILO PONCE ENRIQUEZ, PROVINCIA DEL AZUAY**". Bajo mi dirección y supervisión, cumpliendo con las enmiendas y consideraciones necesarias. Por lo que faculto su presentación

Loja, 4 de Diciembre del 2015

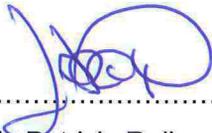
.....
Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS



AUTORÍA

Yo **JULIO PATRICIO RUILOVA PRADO**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:.....

Autor: Julio Patricio Ruilova Prado

Cédula: 1102353131

Fecha: 4 de diciembre del 2015



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo **JULIO PATRICIO RUILOVA PRADO**, declaro ser autor de la tesis titulada: "**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LAS ÁREAS MINERAS BELLA RICA CÓDIGO 15 Y GUANACHE-TRES DE MAYO CÓDIGO 170, CANTÓN CAMILO PONCE ENRIQUEZ, PROVINCIA DEL AZUAY**", como requisito para optar el grado de **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; Autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los cuatro días del mes de diciembre del dos mil quince.

Firma: _____

Autor: Julio Patricio Ruilova Prado.

Cédula: 1102353131

Dirección: Machala (10 de Agosto y Aeropuerto, Ciudadela Florida 1)

Correo electrónico: jruil@yahoo.com

Teléfono: 961-620 Celular: 0993172624

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc

Tribunal de Grado: Ing. Hernán Luis Castillo García, Mg. Sc.

Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

Ing. Nixon Elicio Briceño Martínez, Mg. Sc.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida. Y salud

A Soraya Katherine, Nicole Domenica y Joel Gullian. Por ser mi soporte y felicidad.

A mi mamá y mis hermanos que siempre han estado junto a mí, brindándome su apoyo.

A mi padre, que desde el cielo siempre esta pendientes de todos nosotros.

Julio Ruilova Prado.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y su presencia durante todo mi camino y darme la capacidad de superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi Esposa Soraya y mis Hijos Nicole Domenica y Joel Gullian, por ir de la mano conmigo en mi desarrollo como persona y como profesional y ser esa fuerza de motivación para siempre avanzar y crecer con su apoyo y amor.

A mi mamá y hermanos que siempre estuvieron pendientes en apoyarme incondicionalmente durante toda mi carrera, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi padre que desde el cielo siempre nos está apoyando en todo lo que emprendemos, y pendiente de nuestros pasos, todavía le seguimos dando trabajo.

Julio Ruilova Prado.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
1. TITULO.....	1
SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LAS ÁREAS MINERAS BELLA RICA CÓDIGO 15 Y GUANACHE-TRES DE MAYO CÓDIGO 170, CANTÓN CAMILO PONCE ENRIQUEZ, PROVINCIA DEL AZUAY.	1
2. RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.	4
4. REVISION DE LITERATURA - MARCO TEÓRICO.....	8
4.1. Movimientos de masa.....	8
4.1.1. Clasificación de los movimientos de masa.	8
4.2. Deslizamientos.....	14
4.2.1. Elementos de un deslizamiento.	15
4.2.2. Dimensiones.	17
4.2.3 Factores que determinan el proceso de los deslizamientos.....	18
4.2.3.1. Factores internos.	18
4.2.3.2. Factores externos.	20
4.3. Susceptibilidad.....	22
4.3.1. Métodos para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos.....	23
4.3.1.1. Métodos heurísticos.	24
4.3.1.2. Métodos geomorfológicos.	24
4.4. Geofísica.....	24
4.4.1. Sondeos eléctricos verticales.	25
4.5. Sistema de Información Geográfica.	25
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
5.1. Materiales utilizados.	27



5.2.	Metodología.....	27
5.3.	Métodos.....	28
5.3.1.	Primer Objetivo.....	30
5.3.2.	Segundo Objetivo.....	31
5.3.3.	Tercer Objetivo.....	38
6.	RESULTADOS.....	43
6.1.	Descripción Biofísica del sector de estudio.....	43
6.1.1.	Ubicación y acceso.....	43
6.1.2.	Hidrografía.....	45
6.1.3.	Clima.....	46
6.1.3.1.	<i>Climatología.....</i>	47
6.1.3.2.	<i>Lluvias.....</i>	50
6.1.4.	Cobertura vegetal y uso del suelo.....	50
6.1.5.	Paisaje natural.....	51
6.1.6.	Datos socio – económicos.....	52
6.1.6.1.	<i>Actividades productivas.....</i>	54
6.1.6.2.	<i>Organizaciones políticas y sociales.....</i>	59
6.1.6.3.	<i>Aspectos históricos, culturales y estéticos.....</i>	61
6.1.6.4.	<i>Vivienda.....</i>	62
6.1.6.5.	<i>Educación y cultura.....</i>	63
6.1.6.6.	<i>Salud.....</i>	64
6.1.6.7.	<i>Transporte.....</i>	65
6.1.6.8.	<i>Servicios básicos.....</i>	66
6.2.	Resultados específicos.....	68
6.2.1.	Topografía.....	68
6.2.2.	Geología.....	69
6.2.2.1.	<i>Geología regional.....</i>	69
6.2.2.2.	<i>Estratigrafía local.....</i>	73
6.2.2.3.	<i>Geología local.....</i>	75
6.2.4.	Mapa de pendientes.....	78
6.2.5.	Cobertura vegetal y tipos de suelo.....	79
6.2.6.	Geomorfología.....	81
6.2.7.	Inventario de deslizamientos.....	85
6.2.8.	Análisis de susceptibilidad a deslizamientos.....	87
6.2.8.1.	<i>Susceptibilidad.....</i>	87
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	92



8. CONCLUSIONES.....	95
9. RECOMENDACIONES	97
10. BIBLIOGRAFIA.....	99
11. ANEXOS.....	102
Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio.	103
Anexo 2. Mapa topográfico.....	104
Anexo 3. Mapa geológico y corte longitudinal del área minera Bella Rica cod. 15.	105
Anexo 4. Mapa de pendientes.....	106
Anexo 5. Mapa de cobertura vegetal.	107
Anexo 6. Mapa geomorfológico.....	108
Anexo 7. Mapa hidrológico de la zona de estudio (influencia de ríos y quebradas).	109
Anexo 8. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos.	110
Anexo 9. Mapa de inventario de deslizamientos.	111
Anexo 10. Caracterización de los deslizamientos.	112
Anexo 11. Registro fotográfico.	119



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de forma de vertiente	33
Tabla 2. Categorías de pendiente	33
Tabla 3. Categorías de desnivel relativo	34
Tabla 4. Categorías de longitud de la vertiente.....	34
Tabla 5. Categorías de fondo de valle.....	35
Tabla 6. Formas de relieve según su origen.	36
Tabla 7. Categorías de pendientes modificados.....	37
Tabla 8. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos. .	41
Tabla 9. Asignación de Pesos a cada clase de Deslizamientos.....	41
Tabla 10. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.....	42
Tabla 11. Coordenadas UTM de la concesión Bella Rica Cód. 15.....	43
Tabla 12. Coordenadas UTM de la concesión Guanache – Tres de Mayo. Cod. 170..	43
Tabla 13. Estaciones meteorológicas elegidas	49
Tabla 14. Uso del suelo	51
Tabla 15. Concesiones Mineras en el cantón Ponce Enríquez	56
Tabla 16. Organizaciones Políticas y Sociales del Cantón C. Ponce Enríquez.....	60
Tabla 17. Pesos Asignados la variable de Pendiente.....	78
Tabla 18. Categorías de Pendientes Modificados.....	79
Tabla 19. Categorías de Pendientes y Pesos asignados a las variables.....	79
Tabla 20. Cobertura vegetal.	80
Tabla 21. Cobertura vegetal.	81
Tabla 22. Variables de Geomorfología.....	83
Tabla 23. Pesos Asignados a variable Geomorfología.....	83
Tabla 24. Unidades Morfológicas, Formas de Relieve y Descripción del área de estudio	84
Tabla 25. Inventario de deslizamientos en el área de Estudio.	86
Tabla 26. Suma Ponderada.....	89
Tabla 27. Categorías de susceptibilidad a deslizamientos.	89
Tabla 28. Áreas de Susceptibilidad a Deslizamientos.	90
Tabla 29. Categorización de los Deslizamientos dentro del Área de Estudio.....	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caída de rocas.....	9
Figura 2. Mecanismos de desprendimiento y colapso	10
Figura 3. Basculamiento de detritos.....	10
Figura 4. Tipos de deslizamiento	12
Figura 5. a) Separación lateral en roca; b) Separación lateral en suelo.....	13
Figura 6. Flujos de detritos	14
Figura 7. Elementos de un deslizamiento.....	17
Figura 8. Dimensiones de los movimientos en masa.	18
Figura 9. Factores Condicionantes y Desencadenantes a deslizamientos.	38
Figura 10. Factores condicionantes y desencadenantes a deslizamientos.....	39
Figura 11. Ubicación del área de estudio	44
Figura 12. Sistemas hídricos dentro de las concesiones (Quebrada la Florida y el Jabón).....	45
Figura 13. Cobertura vegetal.....	50
Figura 14. Flanco Oeste y sur de las concesiones.....	52
Figura 15. PEA por Rama de Actividad – Cantón Camilo Ponce Enríquez.....	55
Figura 16. Actividad minera.....	57
Figura 17. Actividad comercial.	59
Figura 18. Gobierno Municipal Municipio de Camilo Ponce Enríquez.	60
Figura 19. Tipo de vivienda de la localidad de Bella Rica y su entrada principal.	63
Figura 20. Escuela “El Diamante” salón de clases	64
Figura 21. Subcentro de Salud Pública sector Bella Rica.	65
Figura 22. Medios de transporte de la comunidad Bella Rica.....	65
Figura 23. Sistema de alcantarillado y electrificación en Bella Rica.	67
Figura 24. Iglesia Bella Rica.....	68
Figura 25. Modelado del Relieve.	69
Figura 26. Pendientes.	78
Figura 27. Panorámica del sector de estudio (geomorfología).	85
Figura 28. Análisis secuencial “Model Builder” para la obtención del Mapa Final.....	88

1. TITULO.

**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LAS ÁREAS MINERAS
BELLA RICA CÓDIGO 15 Y GUANACHE-TRES DE MAYO CÓDIGO 170,
CANTÓN CAMILO PONCE ENRIQUEZ, PROVINCIA DEL AZUAY.**



2. RESUMEN

El presente trabajo de tesis plantea la determinación de las zonas de susceptibilidad a deslizamientos en las áreas mineras BELLA RICA Cód. 15 y GUANCHE – TRES DE MAYO, Cód. 170, ubicadas en el cantón camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay, hacia el Suroeste del Ecuador., se ha llevado a cabo el análisis siguiendo el método Heurístico, corroborando la investigación con el método Determinístico de las variables geotécnicas del sector de estudio.

Para la elaboración de este trabajo, se realizó un conjunto de parámetros técnicos tanto en la obtención de datos de campo como de oficina, entre los cuales se puede mencionar el levantamiento topográfico, geológico, geomorfológico.

Se tuvieron en cuenta variables como: geomorfología, geología, cobertura vegetal y pendiente, se elaboraron mapas temáticos de cada una de las variables antes mencionadas y así valorar la intervención en los procesos de deslizamientos.

Con el uso del software Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.1), se procesó cada una de las variables en forma digital para superponer los mapas temáticos y obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, el cual incluye cinco categorías: muy baja, baja, media, alta y muy alta susceptibilidad; que representan el 68,56 %, 23,61 %, 6,72 %, 1,02 % y 0,09 % del área de estudio respectivamente.

Los resultados de esta investigación serán de gran utilidad para la Cooperativa de Producción Minera aurífera "Bella Rica", titular de las áreas Bella Rica y Guanache – Tres de Mayo, para los trabajos de ubicación y franqueo de futuras operaciones mineras, con una proyección de parámetros técnicos, que garanticen su rentabilidad y la seguridad del personal que laboran en estos frentes, y minimizando los daños al ambiente.



ABSTRACT

This thesis raises the identification of areas of landslide susceptibility in the mining areas BELLA RICA Cod. 15 and GUANCHE - TRES DE MAYO, Cod.170, located in Canton Camilo Ponce Enriquez, Azuay Province, to the southwest of Ecuador. Has conducted the analysis following the heuristic method, corroborating research with Deterministic method of geotechnical variables of the study sector.

For the preparation of this work, a set of technical parameters both data collection field and office, among which we can mention the topographic, geological, geomorphological survey was conducted.

They were taken into account variables such as geomorphology, geology, vegetation and slope coverage, thematic maps of each of the aforementioned variables were developed and thus assess the intervention in the processes of landslides.

With the help of GIS (ArcGIS 10.1) are processed each variables in digital form for overlaying thematic maps and get the landslide susceptibility map, which includes five categories: very low, low, medium, high and very high susceptibility; accounting for 68.56%, 23.61%, 6.72%, 1.02% and 0.09% respectively of the study area.

The results of this research will be useful for Gold Mining Cooperative Production "Bella Rica", owner of the Bella Rica and Guanache areas - Tres de Mayo, to the work location and postage future mining operations, with projection technical parameters, which ensure profitability and security of staff working in these areas, and minimizing environmental damage.



3. INTRODUCCIÓN.

“Los movimientos de ladera o deslizamientos, constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido” (Ayala et al., 1987), que debe tenerse en cuenta en la planificación del territorio, sobretodo en áreas montañosas. Sin embargo, la percepción de este tipo de procesos naturales es baja en comparación a las inundaciones, los volcanes o los terremotos. Ello se debe, en gran parte, al menor número de víctimas mortales producidas por los deslizamientos aunque no ocurre así con las pérdidas materiales causadas por ellos. “Los deslizamientos, en general, tienen lugar en zonas de difícil acceso y poco pobladas lo que causa impactos a pequeña escala y de poca consideración, a excepción de algunos eventos catastróficos” (Voigth et al., 1983). Aunque también es cierto que los deslizamientos han sido una de las principales causas de daños y pérdidas de vidas humanas. Además, en los últimos años, la creciente demanda de servicios como turismo y actividades deportivas en áreas de montaña, ha incrementado el uso y frecuentación de las mismas ampliando las áreas pobladas que pueden verse afectadas por deslizamientos.

La mejor estrategia para reducir los impactos de los deslizamientos es la prevención, que precisa de la percepción de la existencia del fenómeno peligroso, de la evaluación de la peligrosidad y la adopción de medidas para mitigar los efectos (Corominas, 1992). En este sentido la primera fase en la prevención del peligro a deslizamiento es la identificación y caracterización de éste. La caracterización del peligro se expresa usualmente de forma cartográfica mediante la zonación del territorio. Los mapas resultantes (mapas de susceptibilidad y mapas de peligrosidad) son una herramienta básica para la planificación del territorio, sobre todo, en zonas montañosas (Irigaray et al., 2000).

Actualmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten el análisis de la susceptibilidad a la rotura por deslizamiento así como la elaboración de mapas de susceptibilidad y peligrosidad de manera sistemática, rápida y eficiente. Ello ha ampliado considerablemente la posibilidad de tratar con grandes bases de datos y realizar cálculos para la estimación de la susceptibilidad que eran inviables en grandes áreas. En este sentido, la posibilidad de regionalizar los análisis de susceptibilidad se ha visto enormemente facilitada con el uso de los SIG.



El presente capítulo pretende introducir los conceptos básicos relativos a los deslizamientos, así como los métodos utilizados para la estimación de la susceptibilidad, la peligrosidad, la confección de mapas y la integración de todo ello en un SIG.

El afán de las personas por conseguir mejores formas de vida ha llevado al hombre a incrementar la explotación de los recursos naturales, utilizando tecnologías poco apropiadas, lo cual ha producido graves afecciones sobre el medio ambiente y por ende a las personas, que realizan esta actividad. La explotación minera, junto con otros factores como climáticos, geológicos, geomorfológicos, topográficos, han contribuido para que estas zonas mineras, sean susceptibles a deslizamientos. Es por esto, que en los diferentes sectores mineros del País, incluido el cantón Camilo Ponce Enríquez, la necesidad de modificar las técnicas de aprovechamiento de los recursos naturales, ha llevado a incrementar procesos que permitan un equilibrio entre la explotación de los recursos y la conservación del medio ambiente, para mitigar los impactos de estos fenómenos naturales o provocados, por efecto de los trabajos de aprovechamiento de minerales, que tanto perjuicio causan a la población que habitan estos sectores con pérdidas económicas e incluso de vidas humanas.

La susceptibilidad a deslizamientos es la predisposición que presenta un talud o ladera a fallar debido a las características intrínsecas, físicas y geomorfológicas que posee. El análisis de la susceptibilidad se basa en la identificación de los factores que influyen en la ocurrencia de deslizamientos. Estos factores se sintetizan mediante una metodología de zonificación y el resultado se clasifica en rangos de susceptibilidad que se representan o dibujan sobre un mapa que expresa la distribución de la susceptibilidad a deslizamientos en un sitio determinado. (PMA: GCA, 2005)

La zonificación de la susceptibilidad de un área determinada corresponde únicamente a un período de tiempo y no prevé condiciones futuras de inestabilidad, pero facilita la determinación de áreas o zonas que requieren de medidas de control y mitigación inmediata. "Los mapas de inventario de fenómenos de remoción en masa, por ejemplo, permiten tener una primera noción de la susceptibilidad de un sitio en particular considerando que en áreas donde han sucedido fenómenos existe la posibilidad de que nuevamente se produzcan". (González, 2002)



En la región Sur del Ecuador existe una alta incidencia de fenómenos naturales que normalmente provocan desastres de gran magnitud, especialmente en la estación invernal, y otros factores que se nombraron anteriormente, lo cual convierte a la zona muy susceptible a los deslizamientos, con la consiguiente pérdida de vidas humanas, valores materiales, interrupción del crecimiento económico local y deterioro de entornos ambientales. El distrito minero Camilo Ponce Enríquez no es la excepción, Bella Rica, anualmente afectada por movimientos en masa, está formada por lavas volcánicas, con grandes zonas de fracturamiento, y grandes zonas de coluvios, sectores en donde se producen los deslizamientos, según el viceministerio de minas los desastres que se producen de manera cotidiana en este sector del país son provocados por eventos hidrometeorológico (inundaciones y tormentas), y en menor grado por la actividad minera que incluso se la descarta, es por esto que en los últimos años se han invertido una gran cantidad de recursos en medidas de mitigación y reducción de los daños que causan (Ministerio de Minas, 2010); entre los proyectos que se destacan son los promovidos por el Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero, Metalúrgico, INIGEMM

Una de las herramientas más importantes para el diseño y formulación de políticas y estrategias que permitan la reducción de la vulnerabilidad y el nivel de riesgo de la población es la zonificación de las amenazas mediante la elaboración de mapas, los cuales pueden ser utilizados por los planificadores urbanísticos, gobiernos y autoridades locales para la regulación del uso del suelo y la elaboración de Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial.

OBJETIVOS:

a. Objetivo General:

- Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos del sector de explotación, en las Áreas Mineras "Bella Rica" Código 15, y "Guanache – Tres de Mayo", código 170, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay.



b. Objetivos Específicos:

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle, de las Áreas Mineras “Bella Rica” Código 15, y “Guanache – Tres de Mayo”, código 170, identificando rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales.
- Generar mapas Temáticos de las condiciones intrínsecas y biológicas (cobertura vegetal), del sector de estudio.
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos con la información obtenida del sector de estudio.



4. REVISION DE LITERATURA - MARCO TEÓRICO

4.1. Movimientos de masa.

“Los movimientos de masa, son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad” (Varnes, 1978).

“Un movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material” (Ferrer, 1980).

La combinación de la variedad de movimientos de ladera existentes en la naturaleza, por un lado, y la gran cantidad de expertos en la materia, por otro, brinda sin lugar a dudas, pocas opciones en la elaboración de una clasificación universal (Alcántara, 2000).

Según Varnes (1978), los movimientos de masa, son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad.

Por otro lado Ferrer (1980), define al movimiento de masa como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material.

4.1.1. Clasificación de los movimientos de masa.

Algunos autores (Hutchinson, 1968; Skempton y Hutchinson, 1969; Varnes, 1978; entre otros), han propuesto clasificaciones de procesos de remoción en masa. Entre los criterios para realizar esas clasificaciones están: el contenido de agua, la velocidad del movimiento, la profundidad de la superficie de ruptura, el tipo de ruptura, estado de la actividad y el tipo de movimiento.

La clasificación de los procesos de remoción en masa más aceptada internacionalmente, se basa en el mecanismo del movimiento, misma que incluye a los deslizamientos, los cuales se analizarán por ser el objeto de la presente tesis, esta



clasificación es ofrecida a partir de la propuesta elaborada por Varnes (1978) y por Hutchinson (1988).

Para realizar la descripción de los movimientos de masa se ha tomado como base el orden propuesto por Varnes (1978), Hutchinson (1988), Las definiciones de los distintos mecanismos han sido extraídas de las referencias antes citadas.

- **Desprendimientos o Caídas (fall)**

Todas las caídas (del inglés falls) se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla (Cruden y Varnes, 1996). El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido.

Solo cuando la masa desplazada es socavada, las caídas son precedidas por pequeños deslizamientos o movimientos de basculamiento que separan el material de la masa no perturbada

(Cruden y Varnes, 1996). Socavamiento ocurre típicamente en suelos cohesivos o rocas al pie de escarpes que sufren el ataque de las olas o debido a la erosión de márgenes de ríos.

Los volúmenes implicados suelen ser de hasta 100 000 m³. Tienen un alto componente de sorpresa, pues rara vez presentan signos precursores o anunciadores (o estos son difíciles de detectar) y, muy a menudo, son desencadenados por factores exógenos (sismos, vibraciones de maquinaria pesada, explosiones, árboles sobre el macizo rocoso, etc.). La velocidad del movimiento es elevada, hasta 40 m/s.

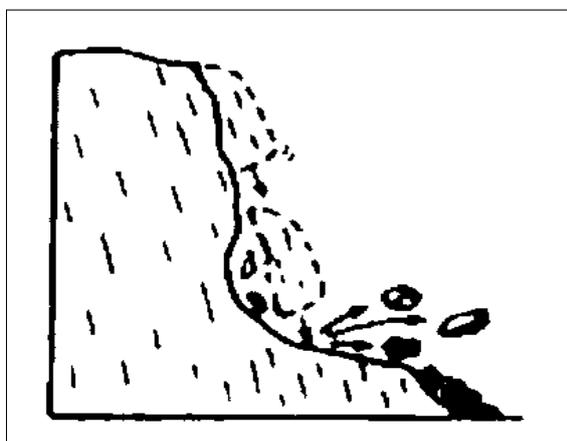


Figura 1. Caída de rocas.
Fuente: Varnes, 1978.

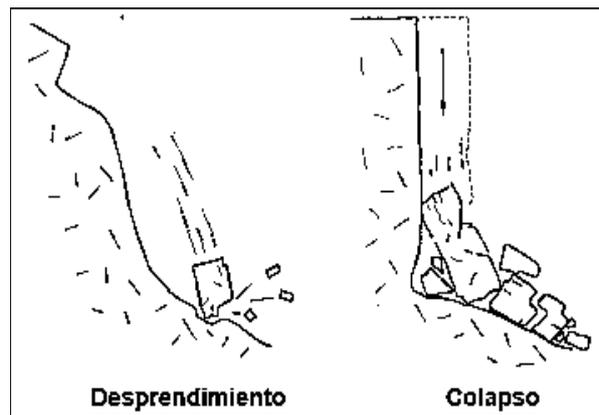


Figura 2. Mecanismos de desprendimiento y colapso
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

- **Vuelcos o basculamiento (toples)**

Un basculamiento (del inglés topple) es la rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada (Cruden y Varnes, op.cit.).

El basculamiento algunas veces es causado por el empuje del material localizado ladera arriba y otras veces por el agua presente en las grietas del macizo produciendo caídas o deslizamientos del material desplazado, dependiendo de la geometría del material en movimiento, la geometría de la superficie de separación y la orientación y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas (Cruden y Varnes, op.cit.).

Los basculamientos varían de extremadamente lentos a extremadamente rápidos, algunas veces acelerando con el avance del movimiento.

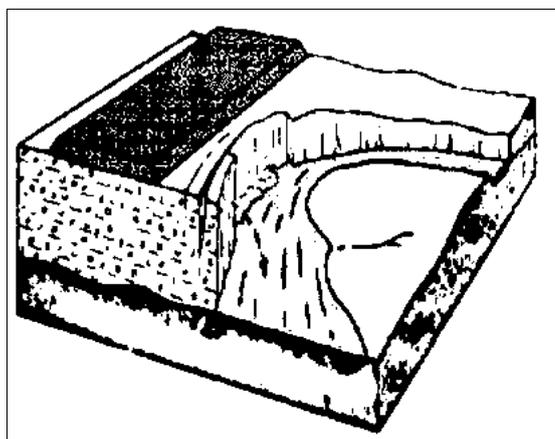


Figura 3. Basculamiento de detritos
Fuente: Varnes, 1978



- **Deslizamientos (slides)**

Un deslizamiento (del inglés slide) es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante (Cruden yVarnes, 1996).

Inicialmente, el movimiento puede ser progresivo, o sea que no ocurre simultáneamente a lo largo de lo que, eventualmente, será la superficie de ruptura; el volumen de material desplazado se incrementa a partir de un área de falla local. (Cruden yVarnes, 1996).

Muchas veces, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más tarde será el escarpe principal del deslizamiento.

El material desplazado puede deslizarse más allá de la punta de la superficie de ruptura, cubriendo la superficie original del terreno, la cual, a su vez, se convierte en superficie de separación (Cruden yVarnes, op.cit). Se distinguen dos tipos de deslizamientos, atendiendo a la geometría de la superficie de ruptura o de deslizamiento:

- ✓ **Deslizamiento rotacional**

“Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava” (Cruden yVarnes, op.cit). Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva, caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

- ✓ **Deslizamiento traslacional**

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de deslizamiento es plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo



de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar.

El deslizamiento en cuña es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se intersectan entre sí e intersectan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea de intersección de ambos planos, o el buzamiento de uno de ellos.

La velocidad de los movimientos traslacionales puede variar desde rápida (5×10 mm/s) a extremadamente rápida (5×10^3 mm/s).

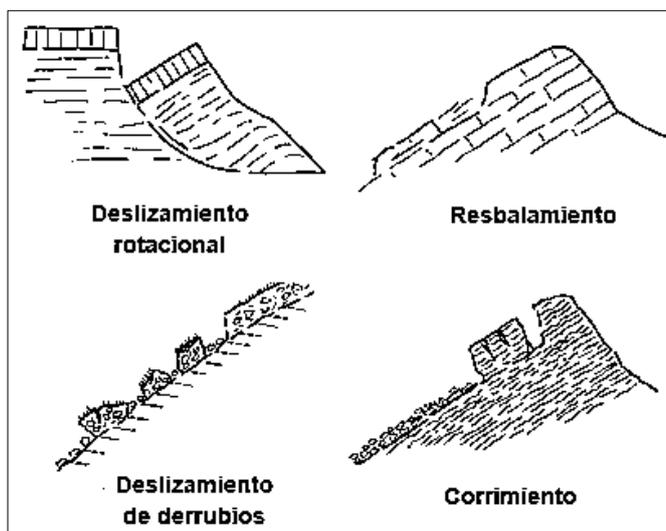


Figura 4. Tipos de deslizamiento
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

- **Expansiones laterales (lateral spreads)**

La separación lateral (del inglés lateral spreading) se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando (Cruden y Varnes, 1996).

La superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando. Claramente estos movimientos son complejos, pero debido a que son muy comunes en ciertos



materiales y situaciones geológicas, es mejor reconocerlos como un tipo separado de movimiento (Cruden yVarnes, op.cit).

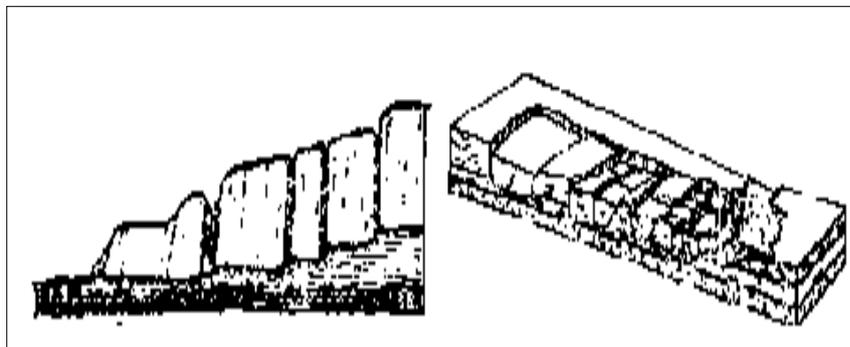


Figura 5. a) Separación lateral en roca; b) Separación lateral en suelo.
Fuente: (Varnes, 1978).

- **Flujos (flows)**

Un flujo (del inglés flow) es un movimiento espacialmente continuo, en el que las superficies de corte son de corta duración, de espaciamiento corto y usualmente no se preservan; la distribución de velocidades en la masa que se desplaza se compara con la de un fluido viscoso (Cruden yVarnes, 1996).

El límite inferior de la masa desplazada puede ser una superficie, a lo largo de la cual se desarrolla un movimiento diferencial apreciable o una zona gruesa de corte distribuido. Es decir, existe una gradación desde deslizamientos a flujos, dependiendo del contenido de humedad, la movilidad y la evolución del movimiento.

Los deslizamientos de detritos pueden convertirse en flujos de detritos extremadamente rápidos o avalanchas de detritos, en la medida en que el material desplazado pierde cohesión, aumenta el contenido de humedad o encuentra pendientes más fuertes. (Cruden yVarnes, op.cit.)

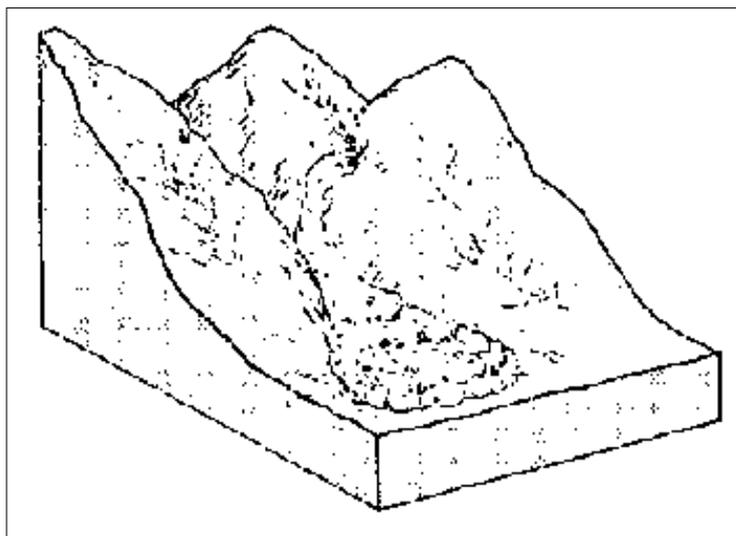


Figura 6. Flujos de detritos
Fuente: (Varnes, 1978)

4.2. Deslizamientos.

El término deslizamiento ha sido definido como el movimiento de una masa de roca, escombros o tierra a lo largo de una ladera. Son modificaciones del terreno dentro del ciclo geomorfológico continuo, y que corresponden a la respuesta normal del sistema debido a complejos parámetros exogénicos (meteóricos) y endogénicos (tectónicos). (Aristizabal y Yokota, 2005)

Los terrenos inestables se originan cuando en las pendientes naturales decrece la capacidad para resistir las fuerzas de gravedad, las cuales entran en fases de desequilibrio a causa de las modificaciones geométricas del relieve, originadas por factores como la disminución de la cohesión interna, la presión del agua, etc. Pueden movilizarse de forma lenta, rápida y extremadamente rápida, según la topografía, el tamaño de la masa de suelo o roca afectada, el modo de falla y la acción del agua, entre otros factores.

Pueden activarse o acelerarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento de nivel de aguas subterráneas, por erosión y socavamiento de los ríos. (Parra, 2004)

Sharpe en 1938, en una obra clásica sobre el tema, definió los deslizamientos de terreno (a lo que él llamó landslides) como la caída perceptible o movimiento ladera abajo de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas.



Terzaghi (1950), centró su definición en un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en la cual el centro de gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior.

Varnes (1958), define deslizamiento de terreno (landslide) como los movimientos ladera debajo de roca, suelo o material de relleno artificial, e incluyó en ellos a las caídas (falls), los flujos (flows) y los deslizamientos (slides).

Hutchinson (1968), define el término deslizamiento (landslide) como un movimiento de ladera abajo de masa de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada.

Según Lomtadze (1977), es una masa de roca que se ha deslizado o desliza cuesta abajo por la vertiente o talud por efecto de la fuerza de gravedad, presión hidrodinámica, fuerzas sísmicas, etc.

En el proceso de deslizamiento, las masas de rocas y suelos siempre se mueven por una o varias superficies de resbalamiento (rotura), que constituye un elemento característico de la estructura de cada deslizamiento. La superficie de resbalamiento, es la superficie por la cual sucede el desprendimiento de la masa deslizable y su deslizamiento o arrastre. También se le llama superficie de rotura.

Varnes (1984), define un deslizamiento como un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada.

Crozier (1986), define un deslizamiento como el movimiento gravitacional descendente y hacia el exterior de la ladera de tierras o rocas, sin la ayuda del agua como agente de transporte. A pesar que el término, se utiliza para movimientos de ladera que se producen a lo largo de una superficie de rotura bien definida, la cual hace que el material desplazado se acumule en la parte inferior de la ladera.

Cruden (1991), define a los deslizamientos de terreno como movimientos de masas de roca, detritos, o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad.

4.2.1. Elementos de un deslizamiento.

Los elementos que conforman un deslizamiento establecidos según Varnes (1978) son los siguientes:



- a) **Escarpe principal:** Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferia del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.
- b) **Escarpe secundaria:** Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.
- c) **Cabeza:** La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
- d) **Cima:** El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
- e) **Pie de la superficie de ruptura:** La intersección (a veces enterrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.
- f) **Punta del pie:** El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.
- g) **Puntera:** El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento.
- h) **Pie:** La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.
- i) **Cuerpo principal:** Aquella parte del material desplazado, suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.
- j) **Flanco:** El costado del deslizamiento.
- k) **Corona:** El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.
- l) **Superficie original del terreno:** La pendiente que existía antes de ocurrir el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado.
- m) **Izquierda y derecha:** Las direcciones con una brújula son preferibles para describir las pendientes pero si se usa "derecha o izquierda" se refiere al deslizamiento visto desde la corona.
- n) **Superficie de separación:** Es la superficie que separa el material desplazado del material estable, pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.
- o) **Material desplazado:** El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme



- p) **Zona de agotamiento:** El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno.
- q) **Zona de acumulación:** El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno.

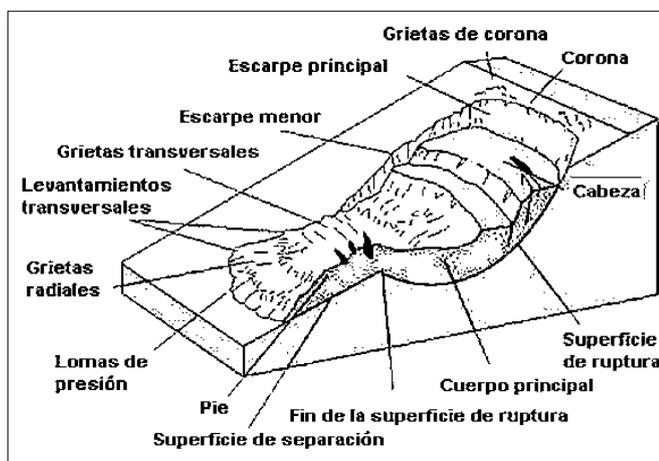


Figura 7. Elementos de un deslizamiento.
Fuente: (Varnes, 1978)

4.2.2. Dimensiones.

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG:

- ✓ **Ancho de la masa desplazada W_d .**- Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud, L_d
- ✓ **Ancho de la superficie de falla W_r .**- Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud L_r .
- ✓ **Longitud de la masa deslizada L_d .**- Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- ✓ **Longitud de la superficie de falla L_r .**- Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- ✓ **Profundidad de la masa desplazada D_d .**- Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por W_d y L_d .
- ✓ **Profundidad de la superficie de falla D_r .**- Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por W_r y L_r .



- ✓ **Longitud total L.-** Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- ✓ **Longitud de la línea central Lcl.-** Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

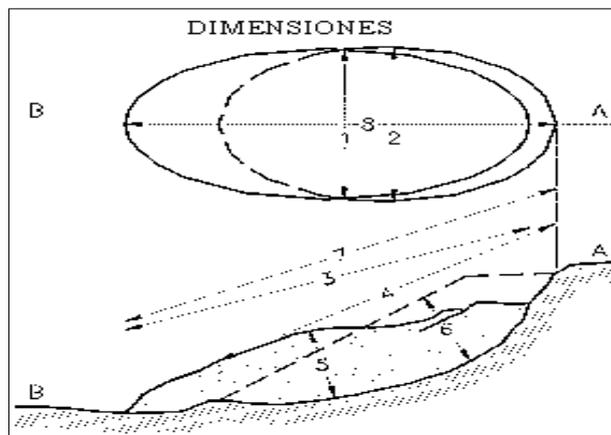


Figura 8. Dimensiones de los movimientos en masa.
Fuente: IAEG Commission on Landslides (1990).

La presente tesis se concentrará particularmente en el estudio de los deslizamientos (slides, según la terminología de Varnes), puesto que son los más representativos de este tipo de procesos en el área de estudio, por su número y superficie afectada.

4.2.3 Factores que determinan el proceso de los deslizamientos.

La estabilidad de las laderas está condicionada por la acción simultánea de una serie de factores. Desde el punto de vista físico, los deslizamientos se producen como consecuencia de los desequilibrios existentes entre las fuerzas que actúan sobre un volumen de terreno.

Los factores que influyen en la estabilidad de las laderas se pueden separar en dos grandes grupos (Ferrer, 1987): factores internos y externos.

4.2.3.1. Factores internos.

Condicionan las diferentes tipologías de deslizamiento, los mecanismos y modelos de rotura. Dentro de ellos se encuentran características intrínsecas, relativas a las propiedades del material y a su resistencia y las características extrínsecas relacionadas con la morfología y condiciones ambientales de la ladera.



Las primeras incluyen parámetros como la litología (textura, granulometría, cementación), consolidación y espesor de los materiales y parámetros estructurales relativos a planos de estratificación y de debilidad (diaclasas, fallas y fracturas). Entre las características extrínsecas se encuentran las morfológicas, como la pendiente de la ladera y su disposición respecto a discontinuidades geológicas y la orientación, y factores de tipo ambiental, como cambios estacionales de temperatura y tipo de vegetación. La pendiente del terreno, así como la morfología propia de la ladera, es un factor y condicionante previo a partir del cual el resto de factores se combinarán influyendo en la estabilidad.

Clima: de acuerdo a las características que presenta puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua, que llegue a superar la capacidad de infiltración del mismo.

Relieve: presencia de laderas con pendientes pronunciadas que incrementan el riesgo a los deslizamientos.

Geología: aporta un número de parámetros importantes para comprender la desestabilización de las laderas, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

Litología: los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con la que la superficie se degrada.

Estructuras: determinan zonas de debilidad (fallas o plegamientos), o la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad.

Sismicidad: las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar deslizamientos.

Vulcanismo: es un elemento disparador de inestabilidad tanto por la propia actividad volcánica, como por la acumulación progresiva de materiales fragmentarios.

Factores antrópicos: la actividad constructiva y/o destructiva del hombre, contribuye a provocar o acelerar los fenómenos nombrados, cuando la actividad humana se realiza sin una adecuada planificación. Otros aspectos que influyen relevantemente son, en primer lugar la ausencia de capacitación de la población ante tales amenazas y en segundo lugar la inexistencia de medidas de control y mitigación. (Parra, 2004)



4.2.3.2. Factores externos.

Actúan sobre el material y dan lugar a modificaciones en las condiciones iniciales de las laderas, provocando o desencadenando las roturas debido a las variaciones que ejercen en el estado de equilibrio.

Tres tipos de acciones se incluyen: la infiltración de agua en el terreno, las vibraciones y las modificaciones antrópicas.

- La infiltración de agua provoca el aumento de la presión intersticial disminuyendo la resistencia de los materiales. La relación entre ocurrencia de deslizamientos y períodos lluviosos es bien conocida. Las variaciones del nivel de agua subterránea pueden ser debidas a intensas precipitaciones, intervenciones humanas, entre otras. Las vibraciones provocan aceleraciones en el terreno, favoreciendo la rotura y la licuefacción. Éstas pueden ser debidas a movimientos sísmicos naturales o inducidos por el hombre, como explosiones mineras o por obras públicas. La sacudida debida a terremotos naturales es uno de los principales agentes que generan deslizamientos, siendo capaces en el caso de los terremotos más grandes, de desencadenar miles de deslizamientos a lo largo de áreas de más de 100 000 km² (Keefer, 1984).
- Las actividades humanas alteran el equilibrio de las laderas debido a cargas estáticas, provocadas por construcciones de viviendas, construcciones de taludes para vías de comunicación.

Asimismo los cambios en el recubrimiento vegetal como la tala de bosques, la repoblación con especies autóctonas e incendios forestales también influyen en la estabilidad de las laderas. Cabe mencionar que unos de los factores globales que son causante los deslizamientos son los cambios en el régimen de la presión del agua del subsuelo que contiene la concentración de infiltraciones por la rotura de drenajes o de los sistemas de abastecimiento de agua, cambio en el régimen de las aguas superficiales, cambio o incluso impedimento de cauces en cañadas, construcción de vasos o tanques de almacenamiento, infiltraciones por fosas sépticas, impermeabilización para la urbanización, lo que reduce la evaporación e infiltración, y aumenta la escorrentía. Adicionalmente a los fenómenos naturales, la actividad humana puede aumentar la tendencia natural para que ocurra un deslizamiento. Dichos procesos son el resultado de las actividades de desarrollo, comúnmente son



consecuencia del aumento de humedad en los suelos o debido al cambio de forma en la pendiente, tales como cortes y rellenos a lo largo de carreteras.

Consecuentemente, la construcción de caminos y la supresión de toda vegetación, pueden alterar enormemente la forma de la pendiente y las condiciones de las aguas subterráneas.

Aunque no se puede incluir como factor, existe un parámetro fundamental a tener en cuenta en la estabilidad, y que determina el factor de seguridad en los taludes: el tiempo; este influye sobre aspectos como la geometría del talud, la resistencia del material y la oscilación de los niveles piezométricos. Su influencia se observa en la distinción entre la estabilidad a corto, medio y largo plazo. Un ejemplo de ello es la degradación progresiva de la resistencia de algunos materiales que provoca inestabilidad a medio y largo plazo.

Algunos de los factores definidos anteriormente cambian con el tiempo. Una de las modificaciones para la presencia de los deslizamientos es el cambio en la morfología de la ladera y la imposición de sobrecargas o sobre presiones. Este se crea por el aumento del ángulo de la pendiente, por la ejecución de cortes y sobrecargas, por la construcción de muros de retención, rellenos, casas y edificios, así como por vibraciones provocadas por maquinaria, además de explosiones para la explotación de canteras, minas y bancos de material. Otras causas antrópicas pueden ser:

- Deforestación.
- Tala de bosques.
- Agricultura, pastoreo y quema.
- Modificaciones del uso del suelo.

Debe señalarse que los cambios que se impongan a una ladera, no necesariamente provocan su inestabilidad, por lo que la construcción de un muro, la colocación de un relleno o la realización de un corte, son actividades que pueden ejecutarse siempre y cuando haya una evaluación geotécnica pertinente. De entre los factores antes citados, se enfatiza que la vegetación en el talud de una ladera y en la plataforma más allá de su corona, juega un rol muy importante en su estabilidad. La deforestación disminuye la succión y con ello la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, propicia la infiltración masiva y rápida del agua de lluvia, y elimina la acción benéfica de las raíces



La ocurrencia de deslizamientos es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre debido a que los deslizamientos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc. Al producirse este tipo de fenómenos, trae consigo serio daños materiales y pérdidas de vidas.

Los desastres que originan la ocurrencia de estos eventos pueden minimizarse adaptando medidas de prevención teniendo en cuenta las características de su evolución y los factores que intervienen en su desarrollo.

El establecer zonas de peligros de deslizamientos es una herramienta útil para la toma de decisiones, especialmente en las etapas de planificación de un proyecto, con la cual se puede reducir el grado de daño que pueda ser propensa dicha actividad a desarrollarse en el área afectada.

La zonificación del peligro de deslizamientos consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada de una de estas, de acuerdo al grado real o potencial de amenaza que tenga dicha zona.

4.3. Susceptibilidad.

La susceptibilidad es el grado de propensión que tiene una zona a resultar afectada por movimientos de masa debido a sus condiciones intrínsecas (litología, pendiente, uso de suelo, vegetación, entre otros)

Se define la susceptibilidad como el cociente entre las resistencias al corte sin drenaje en estado natural y después de saturada a humedad constante.

La susceptibilidad de los suelos o además dicho la vulnerabilidad de los suelos, se producen por factores ambientales (pendiente, material geológico, clima, vegetación) o por el hombre (deforestación, agricultura migratoria, ganadería, minería etc.).

Es muy bueno saber cuándo un suelo es susceptible a erosionarse o producir un derrumbe también denominado remoción en masa. Según la zona ecológica y fisiográfica donde se desarrollan los suelos pueden ser en un grado susceptible a la erosión, según la Memoria descriptiva "Mapa de Vulnerabilidad del Perú", esta presenta 4 niveles de susceptibilidad (Baja, moderada o media, Alta y MuyAlta).



Estos niveles no se imponen al azar, si no, se realiza un estudio minucioso de los factores suelo, pendiente, cobertura vegetal, el material geológico además del clima (precipitación) que afecta a la zona.

Se realizan análisis univariante, que consiste en el análisis de la vulnerabilidad de forma individual (por mapas), determinando la contribución relativa de los factores que intervienen en el proceso de inestabilidad y susceptibilidad del territorio. Se clasifica al territorio en áreas de diferentes grados de susceptibilidad, para tener como el mapa de las unidades territoriales integradas. En este proceso ha sido clave la participación de los especialistas, quienes determinaron los diferentes valores de susceptibilidad. Además se puede utilizar el análisis multivariable Consiste en el análisis integrado de las variables físicas y biológicas con la finalidad de obtener el índice de la vulnerabilidad. Para caracterizar, diferenciar y distinguir la serie de datos obtenidos se utilizó el modelo matemático de posición central Media Geométrica. Este modelo matemático fue ponderado en función a los pesos correspondientes de las variables cuyo comportamiento son condicionales.¹³

Según Ayala-Caicedo y J. Corominas (2002): "La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada por movimientos de ladera por desestabilización, determinada a través de un análisis comparativo de factores condicionantes y/o desencadenantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas, análisis que se materializa normalmente en forma de mapa de susceptibilidad".

4.3.1. Métodos para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos.

Los siguientes conceptos se refieren a los principales métodos utilizados para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

Existen diversos métodos de evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos a través de SIG. Soeters y Van Westen (1996), Aleotti y Chowdhury (1999) y Guzzetti et al. (1999), Santana (2001), entre otros autores, proporcionan una amplia visión de los más utilizados, entre los que se incluyen principalmente los estadísticos, determinísticos, de indexación, de evaluación directa de la susceptibilidad, y los heurísticos. La aplicabilidad de cada método a una zona determinada depende sobre todo de las características y extensión de dicha zona, del tipo y extensión de los deslizamientos existentes, de los datos geotécnicos e hidrogeológicos disponibles y de la escala de trabajo.



4.3.1.1. Métodos heurísticos.

Los métodos heurísticos se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de deslizamientos. Son métodos conocidos como indirectos. Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores. Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinará con los demás para la obtención del mapa final de zonificación de inestabilidad. El inconveniente de este método bastante popularizado recae en la ponderación exacta de los distintos factores, dado que a menudo, se basa en un conocimiento insuficiente en el campo de los factores importantes para definir la estabilidad. El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita el comparar documentos producidos por diferentes autores.

4.3.1.2. Métodos geomorfológicos.

Son métodos directos que se basan en cartografía geomorfológica a partir de la cual el autor identifica y localiza los deslizamientos y procesos asociados a éstos directamente en el campo. La elaboración de estos mapas exige conocer la morfología y tipología de movimientos. Estos métodos así como los heurísticos se basan en una información de partida que es el mapa inventario de deslizamientos de un área. Este mapa se elabora a partir de fotointerpretación, trabajo de campo y recogida de información de eventos históricos.

4.4. Geofísica.

La geofísica es la ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos. En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad, magnetismo terrestre, mareas, terremotos, *tsunamis*, etc.) y en otros son inducidos por el hombre (campos eléctricos y fenómenos sísmicos).



4.4.1. Sondeos eléctricos verticales.

Los Sondeos Eléctricos Verticales corresponden a una serie de medidas realizadas alrededor de un punto, en donde se aplica corriente eléctrica a cierta distancia para obtener lecturas de resistividad. Estas diferentes medidas que se van realizando, permiten crear una curva que luego de analizada, se interpreta para identificar las profundidades a las cuales se puede encontrar el objetivo de exploración. Este método permite identificar zonas con potencial de agua subterránea e intercalaciones de sedimentos.

Los Sondeos Eléctricos Verticales también pueden ser utilizados, en conjunto, para identificar cuerpos de interés hidrogeológico y establecer direcciones de flujo de agua subterránea, espesores de unidades y geometría de cuerpos en el subsuelo.

Usos:

- Exploración de Agua Subterránea.
- Medición de Resistividades Eléctricas del Subsuelo.
- Medición de espesores de aluviones (Depósitos de tipo aluvial), tales como gravas y arenas de río.
- Exploración de interfaces Aluvión – Roca (Depósitos de tipo aluvial), para depósitos auríferos de tipo aluvial.
- Ubicación de la superficie de corte en deslizamientos.

4.5. Sistema de Información Geográfica.

Al realizar la cartografía de una zona, se mezclan dos conceptos: la situación georeferenciada del dato y la información temática (atributo). Estas dos características, el componente espacial y la información temática asociada, configuran la base para entender los Sistemas de Información Geográfica.

Se han realizado varias definiciones en torno a los Sistemas de Información Geográfica (Cebrián y Mark, Burrough, Bracken y Webster, NCGIA, en Almaguer, 2005). De manera simple, un Sistema de Información Geográfica se puede contemplar como un conjunto de mapas de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización en todos los mapas incluidos en el sistema de información. Así es posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de esa zona. Un SIG se puede



considerar esencialmente como una tecnología (un sistema de hardware y software) aplicada a la resolución de problemas territoriales (Bosque, 1992; Suárez, 1998). Como programa de ordenador, presenta capacidades específicas con las siguientes funciones: funciones para la entrada de información, funciones para la salida representación gráfica y cartográfica de la información, funciones de gestión de la información espacial y funciones analíticas.

Un SIG puede contener varios modelos de datos de los objetos geográficos: el modelo vectorial, el modelo raster, el jerárquico-recursivo, etc., todos ellos válidos para los mapas formados por puntos, líneas y polígonos, y preparados para realizar determinadas funciones.

También existen modelos de datos espaciales para realizar mapas tridimensionales o de volúmenes (modelo basado en una red de triángulos irregulares).

El desarrollo de los SIG ha incrementado enormemente la disponibilidad de las técnicas de evaluación de susceptibilidad a deslizamientos y su aplicación (Van Westen, 1994).

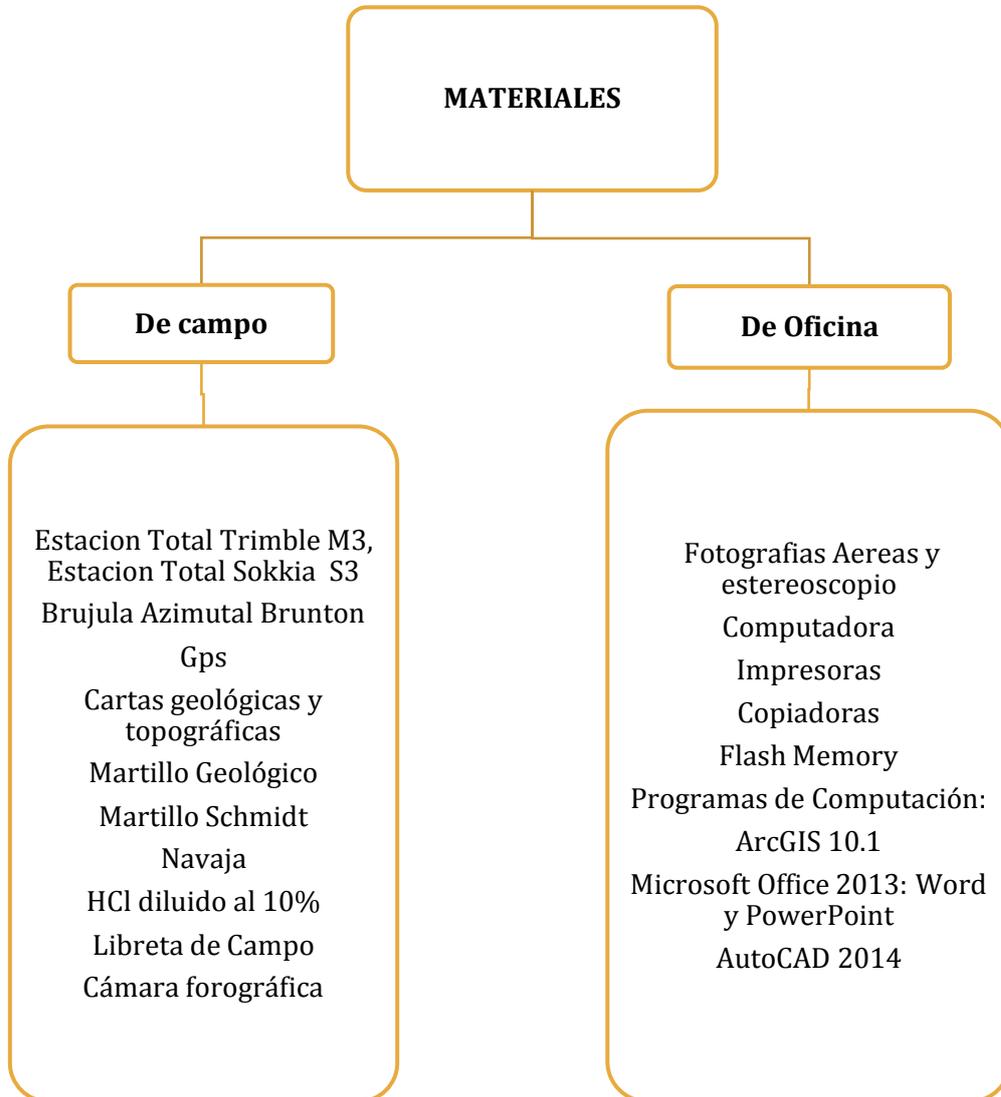
De esta forma los SIG son una herramienta perfectamente aplicable para realizar el análisis y la posterior cartografía de susceptibilidad, de peligrosidad y/o del riesgo por deslizamientos.



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales utilizados.

Para la ejecución del proyecto de tesis se utilizará los siguientes materiales:



5.2. Metodología.

El método empleado para la evaluación de la susceptibilidad requiere en primer lugar la creación de la base de datos mediante la elección y cartografía de los factores del terreno condicionantes de la inestabilidad. Para ello se utilizan técnicas tradicionales, como la fotointerpretación y el reconocimiento directo decampo, junto con otras de tratamiento digital de imágenes de satélite, de interpretación de imágenes de satélite tridimensionales (Hervás y Rosin, 2001) y de imágenes de sombreado del relieve a



partir de modelos de elevación del terreno (MDE) de alta resolución. Asimismo se han digitalizado y actualizado algunos mapas ya existentes. Estos factores, una vez homogeneizados en cuanto a contenido, escala y formato gráfico, se integran en un SIG.

5.3. Métodos.

La evaluación de susceptibilidad y amenazas por deslizamientos ejecutada en este análisis, se realizó bajo los procedimientos requeridos a toda Evaluación Multicriterio (EMC) y señalados por Saaty (1990). En este análisis la EMC consistió en dos partes básicas: La descripción general de los procesos de deslizamientos en el área de estudio y el posterior modelamiento de la sensibilidad y susceptibilidad por deslizamientos.

- **La descripción general de los procesos de deslizamientos**

Un deslizamiento es básicamente el movimiento pendiente abajo, de una masa rocosa, detritos o tierra (Cruden, 1991), y puede tener diferentes causas, tales como geológicas, geomorfológicas, físicas y humanas; pero solo un agente detonante (Wieczorek, 1996). Las lluvias intensas, movimientos sísmicos, erupciones volcánicas, o rápido socavamiento basal; son considerados agentes detonantes y su ocurrencia en determinadas áreas conduce a un aumento de la presión vertical (peso) o reducción de la cohesión de los materiales que conforman la vertiente, acelerando su colapso.

- **El modelamiento**

En esta fase, los mapas yaseleccionados deben ser tratados para incorporarlos a la EMC, mediante:

- **La Normalización de los mapas originales**

Los valores contenidos en los mapas originales tienen diferentes significados y unidades de medida, por esta razón y para poder compararlos se requieren normalizar sus valores a una misma unidad de medida, por ejemplo a una escala de 0 a 1 (0 representa la más baja potencialidad del criterio a desarrollarse deslizamientos, mientras que 1 representa la más alta potencialidad a encontrarse el criterio para desarrollar deslizamientos).



En este caso los mapas fueron normalizados por el método del valor máximo, el cual consiste en dividir los valores de cada mapa por su máximo valor a encontrar (Castellanos et al, 2005; Jiang and Eastman, 2000; Malczewski, 1999).

El mapa de unidades geomorfológicas está dado en clases y no valores numéricos, se debe entonces ordenar estas clases geomórficas de acuerdo a su predisposición a la erosión y procesos de deslizamientos, asignando luego valores entre 0 (menor predisposición) y 1 (mayor predisposición).

De esta manera los mapas originales son convertidos en coberturas de criterios.

Los valores finales que conforman tanto el mapa de susceptibilidad como los de amenazas pueden ser editados en una escala de 0 (menor susceptibilidad) a 1 (mayor susceptibilidad), por lo que la leyenda de estos pudiera estar basada en esta progresión de valores, sin embargo considerando que el usuario final demanda una mayor simplicidad en la lectura de estos mapas, se procedió entonces a clasificarlos en una escala de cinco niveles: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto.

Para evaluar la susceptibilidad a deslizamiento, existen diversas aproximaciones, basadas la mayor parte de ellas en la determinación de los factores que influyen en la aparición de los mismos.

En general, estos factores se combinan para definir los distintos grados de peligro, expresándose los resultados cartográficamente mediante los mapas de peligro (Hansen, 1984; Van Westen, 1993 y 1994). En la presente investigación el método a utilizar será el método determinístico, corroborando el estudio con el método heurístico.

El método heurístico se basa en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área de estudio. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Carrara et al., 1995).

El procedimiento que se emplea en el método es un análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores (Lucini, 1973; Bosi, 1984). El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita comparar documentos producidos por diferentes autores.



Una de las herramientas usadas para el desarrollo del proyecto es el empleo de paquetes informáticos como: ArcGis 10.1 y AutoCAD, la utilización de fotos aéreas si las hubiera de la zona, entre otros, los cuales ayudarán a la conformación de una base de datos y también el uso de técnicas cartográficas.

Como inicio del trabajo de campo se realizó una visita de reconocimiento a lugar de estudio, delimitando visualmente las zonas, para establecer el área de estudio y planificar los trabajos posteriores.

Las metodologías a seguir para la realización del trabajo se describen a continuación por objetivos específicos:

5.3.1. Primer Objetivo.

Levantamiento topográfico a detalle.- Se realizara el levantamiento topográfico a detalle del área de estudio a escala 1: 10000 con el fin de determinar el relieve del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra de estructuras naturales e infraestructura minera construidas en el sector de estudio, incluidas las diferentes bocaminas de las Operaciones mineras.

A más de esto se ubicaran en superficie los deslizamientos presentes los cuales nos servirán para el desarrollo del mapa de susceptibilidad final.

Una vez levantados los datos se procede a descargarlos al ordenador usando el software propio del equipo topográfico, mismo que tiene la opción de convertir los datos a formato compatible con archivo EXCEL. La información obtenida consiste en coordenadas en tres planos (x, y, z).

Obtenidos estos datos, se genera el mapa topográfico, para lo cual se importa los datos de archivo EXCEL al software ArcGis 10.1 Para crear las curvas de nivel con las herramientas de apoyo de este software.

Finalmente se verifica que la interpolación dada por el software coincida con el relieve real, se dibuja todos los componentes encontrados en el campo.

Realizar el levantamiento geológico a detalle.- La siguiente fase del trabajo de campo consiste en realizar el levantamiento geológico e inventario de deslizamientos, para lo cual se ubica geográficamente afloramientos mediante: senderos, caminos, vías, quebradas, taludes, labores subterráneas y más factores naturales y antrópicos



que permitan visualizar la geología del sector, para luego realizar la descripción geológica detallada de cada afloramiento y a la vez tomar datos estructurales de los estratos.

La información se la ingresa en la base topográfica diferenciando con colores las diferentes litologías existentes en el sector. De la misma manera se llena la ficha de inventario de deslizamientos, clasificando cada movimiento de acuerdo a las características geológico-estructurales que presente como descripción geológica, datos estructurales georeferenciados y criterios del autor que serán fundamentadas posteriormente para determinar las zonas susceptibles a desplazarse.

5.3.2. Segundo Objetivo.

Generar mapas Temáticos de las condiciones intrínsecas y biológicas del sector de estudio.- Para la evaluación de la susceptibilidad se aplicara el método determinístico y será corroborado con el método heurístico, considerando la suma de rangos. Este método heurístico considera los factores que influyen en la inestabilidad mediante asignación de pesos o criterios de acuerdo a la importancia. Como paso previo es la realización de los mapas de los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los deslizamientos.

Hay que reiterar que todo el análisis se lo realizará en el software ArcGis 10.1.

Para la realización del mapa de cobertura vegetal se utilizara fichas para la recolección directa en el campo en la cual se ubicara coordenadas de las diferentes coberturas evidenciadas para posteriormente ser ubicadas en forma de polígonos en el mapa final.

La inestabilidad puede desencadenarse por causas intrínsecas, generadas dentro del sistema, asociadas especialmente a la intervención del ser humano sobre la naturaleza. En este sentido el hombre hace uso y aprovechamiento de los recursos que esta ofrece a fin de satisfacer sus necesidades y deseos crecientes generalmente provocando un impacto negativo, muchas veces sin intención e impredecibles.

Asociado a ello se entiende por susceptibilidad a la capacidad de absorción de los impactos provocados, tanto por la propia naturaleza como por las actividades humanas, es decir, es la susceptibilidad al cambio cuando se desarrolla una alteración sobre él. La misma resulta tanto de las diferentes modalidades que puede adoptar un



mismo tipo de uso del suelo, como también y especialmente de las condiciones intrínsecas del sistema biológico ante la afectación. (Morlans, 2005).

La aplicación de tecnología SIG permitirá interrelacionar mapas, variables y datos provenientes de diversas fuentes, acciones fundamentales para el logro de los objetivos planteados. Se seleccionan las variables naturales de mayor incidencia en la conformación de este espacio; entre las variables intrínsecas tenemos las siguientes: geología, geomorfología, pendientes y erosión hídrica.

Para la elaboración del mapa geológico se digitalizara la información levantada en el objetivo uno y se tendrá como base el mapa topográfico.

Para el mapa geomorfológico se aplicara la metodología propuesta por CLIRSEN que se describe a continuación:

La metodología empleada fue fundamenta en la generación de información primaria, obtenida con la observación de las geoformas que presenta el terreno del sector de estudio, y el asesoramiento de fotografías aéreas del sector, tomando como material de referencia cartas geológicas, topográficas, modelos digitales del terreno, complementada con la información de campo.

Para generar el mapa Geomorfológico se parte de un modelo digital de elevación MDE, el cual se genera a partir de curvas de nivel, para ello se utiliza la herramienta "de Topo a Raster", este modelo generado servirá para generar un mapa de Índices de Posiciones Topográficas TPI, usando para ello el software Arcview 3.3, mostrándonos el mapa de líneas de quiebre y curvaturas de terreno esencial para delimitar las geoformas.

Para dar los nombres y descripción respectiva a cada una de las geoformas identificadas se necesitó la siguiente información:

➤ **Forma de la Vertiente.** Se refiere a la forma de vertiente o ladera. Es importante para deducir la litología y proveer mayor información como, por ejemplo, la erosión. Entre las formas de la vertiente tenemos las siguientes:



Tabla 1. Categorías de forma de vertiente

Forma de Vertiente (V)	
cód.	Tipo
1	Rectilínea
2	Convexa
3	Cóncava
4	Irregular
5	Mixta

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

➤ **Morfometría.**

“Conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para determinar atributos configuraciones del relieve y, en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno” (Pedraza Gilsanz, 1996). Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el Modelo Digital de Terreno (MDT).

Las variables morfométricas utilizadas en el presente proyecto de tesis son las siguientes:

➤ **Pendiente**

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; está expresado en porcentaje.

Tabla 2. Categorías de pendiente

Cód.	PENDIENTE (P)	Porcentaje (%)
1	Plana	0 – 2
2	Muy suave	2 – 5
3	Suave	5 – 12
4	Media	12 – 25
5	Media a fuerte	25 – 40
6	Fuerte	40 – 70
7	Muy fuerte	70 – 100
8	Escarpada	> a 100

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.



➤ **Desnivel relativo**

El desnivel relativo corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de las formas de relieve. En la ficha de campo se asigna con un visto el tipo de desnivel por cada forma de relieve analizada, de acuerdo a los siguientes parámetros:

Tabla 3. Categorías de desnivel relativo

Desnivel Relativo (DR)	
Cód.	Tipo
1	0 a 5 m
2	5 a 15 m
3	15 a 25 m
4	25 a 50 m
5	50 a 100 m
6	100 a 200 m
7	200 a 300 m
8	> a 300 m

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

➤ **Longitud de la vertiente**

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una forma del relieve, la misma que se mide en metros.

Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

Tabla 4. Categorías de longitud de la vertiente.

Longitud De La Vertiente (LV)		
Tipo	Descripción	Cód.
Muy corta	< a 15 m	1
Corta	15 a 50 m	2
Moderadamente larga	50 a 250 m	3
Larga	250 a 500 m	4
Muy larga	> a 500 m	5

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

➤ **Fondo de valle**

Hace referencia a las formas que tiene la corteza terrestre o litosfera; determina principalmente el tipo de erosión producida en el sector.



Tabla 5. Categorías de fondo de valle.

Fondo De Valle (FV)	
Tipo	Cód.
En U	Vr
En V	Vcx
Plano	Vca
No aplicable	NA

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

Una vez obtenido cada uno de los parámetros antes mencionados, los valores de la columna código fueron ingresados en la "Ficha de Fotointerpretación geomorfológica", en el Libro "Interpretación" para ser procesados con la finalidad de obtener la unidad morfológica que pertenece cada una de las geoformas.

Las unidades morfológicas definidas en el mapa tienen en cuenta una estructura jerárquica, dada su importancia como factor de definición de las características externas modelada por la geomorfología y el clima son factores que influyen en la formación de los suelos y en las características de la vegetación.

Cada una de las unidades morfológicas será representada finalmente desde su genética, entre las categorías de forma de relieve según su origen tenemos:



Tabla 6. Formas de relieve según su origen.

Denominación	Cód.	Descripción
Deposicional	Dep	Se refiere a formas originadas en el transporte por agentes erosivos como el agua, el hielo o el viento, que constituyen medios de acarreo.
Denudativo	Den	Incluye un grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. En este contexto, el principal proceso identificable como forma de relieve son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas en la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.
Estructural	Est	Obedece a un patrón organizado del buzamiento de los estratos y al plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
Tectónico erosivo	Tec	Corresponde a levantamientos tectónicos que generan formas montañosas y colinadas de diversa altura y pendientes, y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos erosivos.
Volcánico	Vol	Son formas producidas por erupciones volcánicas que han sufrido los efectos de la denudación y que aún conservan rasgos definidos de sus formas iniciales. Las rocas ígneas extrusivas, lavas y piroclastos, constituyen los materiales parentales que conforman el soporte de este tipo de geformas
Antrópico	An	Intervención del Hombre en el modelamiento del paisaje.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo - CLIRSEN, 2012.

La metodología aplicada en la elaboración del mapa de geomorfología fue la implementada por CLIRSEN en proyectos tales como la Generación de Geo-información para la gestión de territorio a nivel nacional en el año 2010.

El mapa de pendientes será realizado tomando en cuenta los parámetros de categorización de pendientes de Martínez & Mercado 1992.



Tabla 7. Categorías de pendientes modificados.

Nº	CATEGORÍAS	RANGO
1	Terrenos planos o casi planos	0 – 15 %
2	Terrenos inclinados	15 – 30 %
3	Terrenos moderadamente escarpados	30 – 50 %
4	Terrenos escarpados	50 – 75 %
5	Terrenos muy escarpados	> 75 %

Fuente: Martínez & Mercado 1992.

Finalmente se realizara el mapa de erosión hídrica; para lo cual en el programa ArcGIS se ejecutara la herramienta "área de influencia" a 100 metros de cada uno de los drenajes encontrados en el área de estudio, ya que se sabe que cada vez que se desencadena lluvias en esta zona se producen deslizamientos en las riberas de los afluentes, es por eso que se hace necesario este insumo.

Esta información será relacionada y combinada con apoyo de campo y se expresara en el mapa síntesis de Cobertura vegetal. A éstas variables se les asignara un valor de susceptibilidad que será definido a partir del análisis de cada unidad de los mapas temáticos elaborados. El valor se determinara en función de la susceptibilidad a sufrir impactos negativos dados sus características intrínsecas y la estabilidad natural. El peso otorgado a cada variable será determinado a partir de la información existente y de sucesivos trabajos de campo. Siguiendo los criterios que se detallan a continuación.

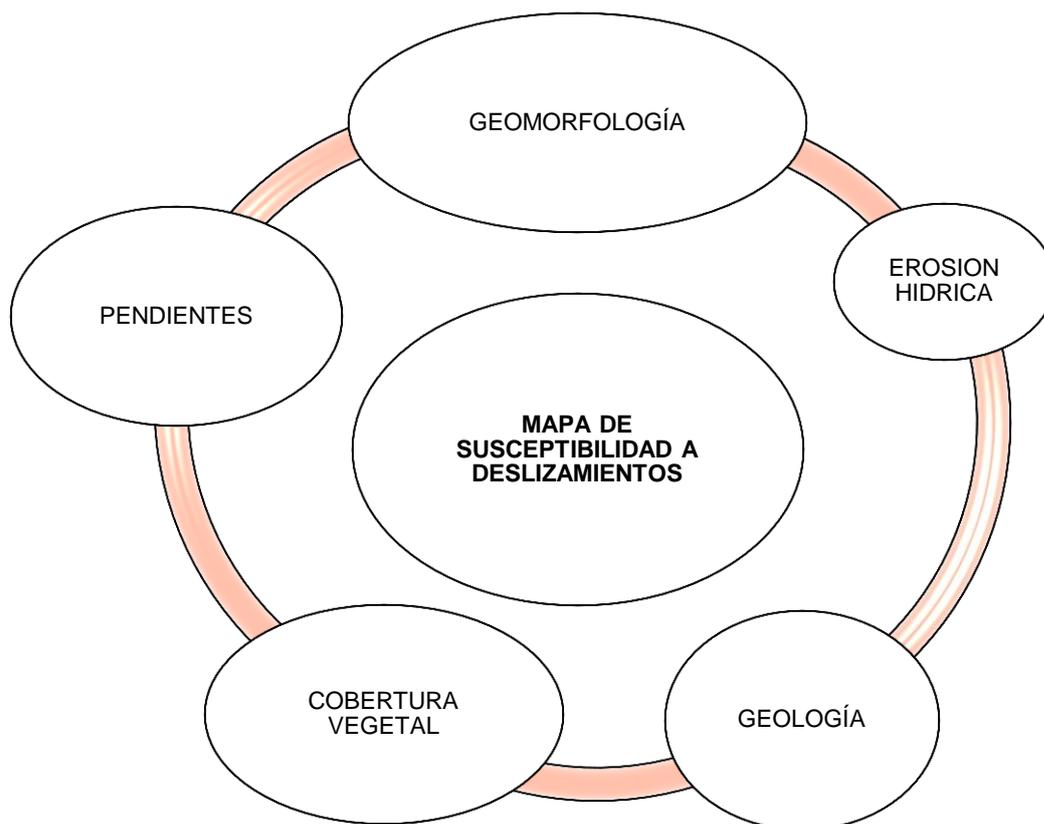


Figura 9. Factores Condicionantes y Desencadenantes a deslizamientos.
Fuente: Realizado por el Autor.

5.3.3. Tercer Objetivo.

Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos

Recurriremos al Método Heurístico, corroborando el estudio con el método Determinístico.

Para la evaluación de la susceptibilidad se aplicará el método Heurístico. Este método considera los factores que influyen en la inestabilidad mediante asignación de pesos o criterios de acuerdo a los trabajos de campo y fichas técnicas.

Como paso previo es la realización de los mapas de los factores que influyen directa o indirectamente en la ocurrencia de los deslizamientos.

En el análisis se utilizará los siguientes mapas temáticos que se observan en el Cuadro 2. Hay que recalcar que todo el análisis se lo realizará en el software ArcGis 10.1.

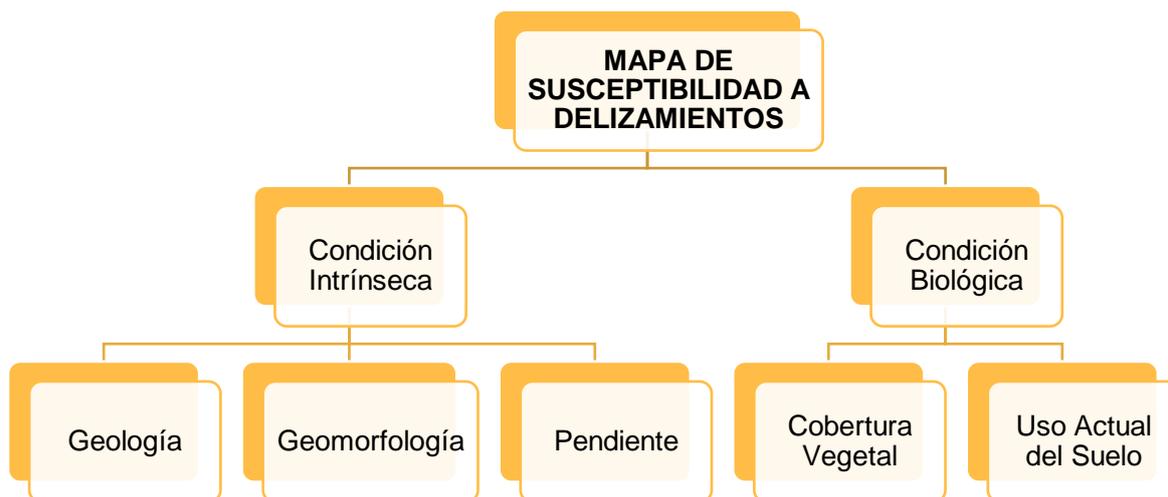


Figura 10. Factores condicionantes y desencadenantes a deslizamientos.
Fuente: Realizado por el autor.

Para la evaluación de la susceptibilidad aplicamos el método determinístico, corroborando el estudio con el método Heurístico.

- **Método determinístico.**

El método determinístico, tiene como base a los modelos hidrológicos y de estabilidad que consideran la información detallada de las pendientes fundadas en la mecánica de suelos.

Éste método busca eliminar la subjetividad, cuantificando los grados de riesgo en valores absolutos, como por ejemplo a través del factor de seguridad (Safety Factor) (Barredo et al., 2000) sobre un área bien definida. Este método presenta buenos resultados en aquellos sectores donde son frecuentes movimientos en masa y donde los factores intrínsecos son relativamente bien conocidos. El modelo requiere de datos como resistencia y espesor del suelo, ángulo de inclinación y presión de poros, entre otros. Es efectivo en superficies pequeñas, pero inconsistente cuando los datos son incompletos.

Una gran ventaja de éste método es el alto grado de simplificación, principalmente para mapeos de escala media y regional, debido a la gran variabilidad de los parámetros geotécnicos. De ésta forma, el desempeño del método depende totalmente de la calidad y cantidad de los datos colectados (van Westen et al, 1997;



Fernández et al., 2001; Dai et al., 2002). Según Dai And Lee (2002), éste tipo de abordaje debe ser empleado cuando las condiciones del terreno son relativamente uniformes y la tipología de los procesos de remoción en masa es bien conocida y fácilmente analizable.

Los métodos cuantitativos de amplia aplicación para terrenos inestables calculan la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos usando modelos de variabilidad de pendientes, probabilísticos de suelo y rocas así como modelos determinísticos (factores de seguridad). La probabilidad también puede calcularse combinando el análisis probabilístico con el análisis semicuantitativo basados en el comportamiento físico del fenómeno tales como: utilizando información de eventos ocurridos en el pasado en un área determinada y durante un tiempo de exposición.

Los métodos determinísticos utilizan análisis mecánicos y modelos de estabilidad con base física para determinar el factor de seguridad de una ladera concreta. Son métodos muy fiables y precisos cuando se dispone de datos válidos sobre los parámetros geotécnicos de las laderas. Los métodos determinísticos son más adecuados para evaluar la inestabilidad en áreas pequeñas.

- **Método Heurístico**

Los métodos heurísticos se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de estos en la generación de deslizamiento (Ambalagan, 1992; Brabb, 1972; Nilsen, 1979). Son métodos conocidos como indirectos, los resultados de los cuales se pueden extrapolar a zonas sin deslizamientos con una combinación de factor similar.

Se basa en el conocimiento de los factores que producen inestabilidad en el área de estudio. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Carrara et al., 1995).

El procedimiento que se emplea en el método es un análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores (Lucini, 1973; Bosi, 1984). El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita comparar documentos producidos por diferentes autores.

Los criterios utilizados para determinar la susceptibilidad a deslizamientos son los propuestos por Sarkar y Kanungo, 2004



Tabla 8. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.

Criterio	Susceptibilidad	Categoría
Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.	Muy alta	5
Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.	Alta	4
Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.	Moderada	3
Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.	Baja	2
Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.	Muy baja	1

Fuente: Sarkar y Kanungo(2004).

Para la asignación de los pesos a cada clase nos basaremos en los criterios de la siguiente tabla.

Tabla 9.Asignación de Pesos a cada clase de Deslizamientos

Clase	Peso
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos	1
Condiciones biofísicas menos favorables para que se produzcan deslizamientos	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy peligros a deslizamientos	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean altamente peligrosos a deslizamientos	5

Fuente: Tambo, Walter (2011)

Una vez proporcionados los pesos a cada una de las clases se utilizara la herramienta Suma Ponderada que ofrece la posibilidad de ponderar y combinar un sinnúmero de entradas para crear el análisis deseado. Las entradas en este caso serán los mapas



raster que tendrán incorporados los pesos asignados por la importancia a que se produzcan deslizamientos.

Los pesos que se asignaran a los mapas son los propuestos por Janssen y Van Herwijnen (1994):

Tabla 10. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.

Número de Criterio	Pesos de criterio usando el método de Suma de Rango						
	#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0.66	0.33					
3	0.50	0.33	0.17				
4	0.40	0.30	0.20	0.10			
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07		
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05	

Fuente: Janssen y Van Herwijnen (1994).

Los pesos de la tabla anterior serán asignados a cada capa temática en cuanto a su importancia, así mismo para las características intrínsecas y biológicas para llegar al análisis final "Mapa de Susceptibilidad".

A continuación se puede observar un diagrama en donde se especifican los pasos que serán considerados para la elaboración del trabajo final de tesis.



6. RESULTADOS.

6.1. Descripción Biofísica del sector de estudio.

6.1.1. Ubicación y acceso.

El proyecto geográficamente se ubica y desarrolla en los flancos sur-occidental de la Cordillera Occidental de los Andes y forma parte de la cordillera de Mollopongo, en el sector Bella Rica.

Las áreas de concesión denominadas "Bella Rica", de 1350 Ha y "Guanache – Tres de Mayo", de 83 Ha, pertenecen a la Cooperativa de Producción Minera Aurífera "BELLA RICA", jurisdicción política del cantón Camilo Ponce Enríquez, de la provincia del Azuay y regionalmente parte del Austro ecuatoriano. Se localizan aproximadamente a 9.6 Km. del centro poblado de Camilo Ponce Enríquez, hacia el Este.

Administrativamente corresponde a la Regional de Minería del Azuay.

Las coordenadas UTM de las concesiones son las siguientes:

Tabla 11. Coordenadas UTM de la concesión Bella Rica Cód. 15

Puntos	X	Y
PP	641 209	9 661 650
1	643 309	9 661 650
2	643 309	9 660 250
3	646 009	9 660 250
4	646 009	9 658 050
5	641 209	9 658 050

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 12. Coordenadas UTM de la concesión Guanache – Tres de Mayo. Cod. 170

PUNTOS	X	Y
PP	643 309	9 661 350
1	644 109	9 661 350
2	644 109	9 660 750
3	644 000	9 660 750
4	644 000	9 660 250
5	643 309	9 660 250

Fuente: Elaborado por el Autor



El cantón Camilo Ponce Enríquez se encuentra ubicado al Sur Occidente de la provincia del Azuay, limita al Norte con la parroquia Balao, Provincia del Guayas, al Sur con la parroquia Río Bonito del cantón El Guabo, Provincia de El Oro, al Este la parroquia de Tenguel Prov. del Guayas y al Oeste con la parroquia Pucará, Provincia del Azuay.

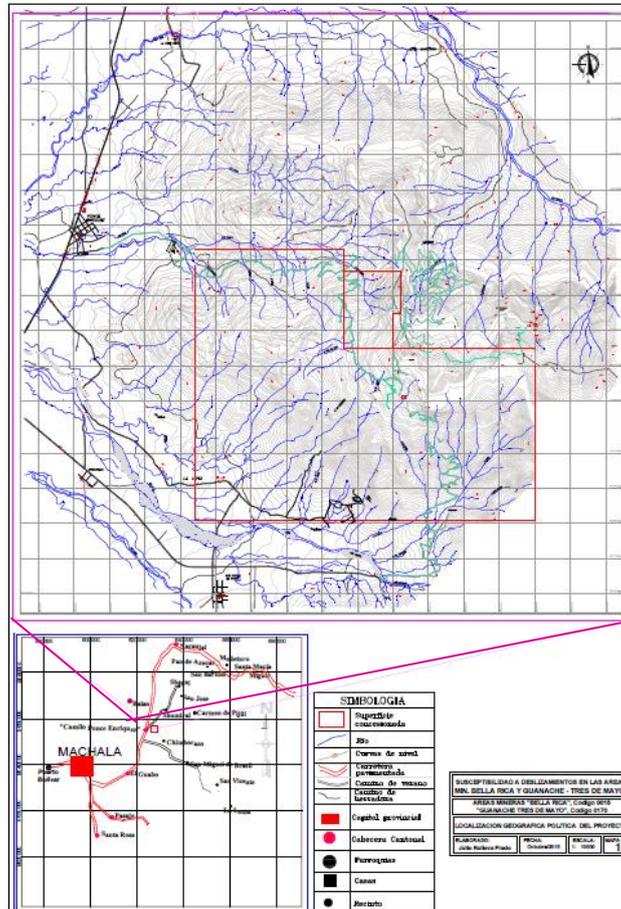


Figura 11. Ubicación del área de estudio
Fuente: Elaborado por el Autor

Acceso

El cantón Camilo Ponce Enríquez, está situado a 210 km. de la ciudad de Cuenca, a 42 km. de Machala y 149 km de la ciudad de Guayaquil, una de las característica más importantes de este cantón radica que está estrechamente vinculada con las actividades comerciales, agrícolas y de extracción minera, así como el de encontrarse articulado en el eje vial de la Panamericana que conecta a las provincias de El Oro y Guayas. Lo que es fundamental para su desarrollo ya que por medio de este eje vial se pueden comercializar los productos que se cultivan en el sector. También conecta con la nueva vía Cuenca - Molleturo que se empata a la altura de Naranjal.



El acceso hacia las áreas mineras Bella Cód. 15 y Guanache – Tres de Mayo, Cód. 170, se realiza a través de dos vías, una desde el cantón Camilo Ponce Enríquez, hacia el Este, por vía carrozable afirmada permanente, existiendo 6.0 Km. hasta el sector Tres de Mayo y 9,6 Km. hasta el campamento minero Bella Rica, el campamento central es un centro poblado, con todos los servicios básicos.

O ya sea desde el puente del Río Siete vía San Miguel de Brasil, hasta el sector Pueblo Nuevo, dentro de la concesión minera Bella Rica, las carreteras que cruzan el área son de tercer orden compactadas, y de propiedad de la Cooperativa Bella Rica, la cual se encarga del mantenimiento.

El área de estudio pertenece a dos Subcuencas hidrográficas principales; la del Río Guanache al Norte, y la del Río Siete al Sur, los que confluyen al Oeste de Camilo Ponce Enríquez y desembocan en el océano Pacífico.

6.1.2. Hidrografía.

Los principales sistemas hidrográficos en la zona del proyecto lo constituyen las quebradas Guanache, Tres de Mayo, La Florida y El Paraíso que aguas abajo desembocan en el río Siete. El río Siete se inicia en el flanco Sur del Filo Peña Dorada, con la unión de un sinnúmero de quebradas que nacen al Este como las quebradas antes mencionadas, fluye en sentido Este – Oeste, durante su transcurso va aumentando el caudal debido al aporte de algunos tributarios hasta desembocar en el Océano Pacífico.



Figura 12. Sistemas hídricos dentro de las concesiones (Quebrada la Florida y el Jabón).
Fuente: Autor.



6.1.3. Clima.

Las alturas superficiales se sitúan entre 80 y 1129 m.s.n.m. y determinan un clima subtropical, con temperaturas que fluctúan entre 21 y 27° C. la estación lluviosa corresponde a los meses de Enero a Mayo durante el resto del año las neblinas y lloviznas son comunes.

Según el Mapa Bioclimático del Ecuador (L. Cañadas 1978) el área del proyecto pertenece a una región bioclimática subtropical, con temperaturas que oscilan desde 22° a 30°C y además la información de la estación más cerca y a 8 msnm. "PAGUA" confirma con datos de temperaturas de 23° a 26°C, la más alta se registra entre los meses de Diciembre a Julio que llega a 35°C, y la temperatura más baja se registra entre agosto y Noviembre aproximadamente con 21°C.

La precipitación promedio anual es de 1455.3 mm. La zona se caracteriza por presentar una temporada invernal bien definida, entre los meses de enero a junio, y, una temporada seca, en los meses de julio a diciembre. Obteniendo la información de los meses de mayor precipitación a Enero, Febrero, Marzo y Abril. A su vez históricamente hay una fuerte variación de las precipitaciones anuales y mensuales.

Las máximas precipitaciones registradas corresponden a 1982 (3871,5 mm), ligadas a la presencia del fenómeno de El Niño. Entre los años 2000 a 2005, el comportamiento de las precipitaciones ha sido normal, con inviernos más bien moderados.

La hidrografía de Camilo Ponce Enríquez es muy significativa, el territorio ocupa parte de las tres cuencas hidrográficas independientes, río Gala, río Tenguel y río Siete, que van en forma paralela hasta en Océano Pacífico, en el Golfo de Guayaquil, del cual son tributarias.

En la temporada seca, se establece que en verano los drenajes tienen escaso caudal, lo cual afecta a la minería, a la agricultura y a la precaria ganadería.

Estaciones meteorológicas.- El lugar en donde se realiza la evaluación de uno o varios elementos meteorológicos se denomina Estación Meteorológica. Las estaciones meteorológicas se clasifican en varios tipos según los objetivos y los parámetros que se desee medir, entre las principales podemos citar las siguientes: Climatológicas, Agro-meteorológicas, Sinópticas (de superficie y en altitud), Aeronáuticas y Especiales



Las estaciones meteorológicas se establecen en la superficie de la tierra, el mar y deben estar espaciadas de tal manera que sea representativa del sector y garantice una cobertura meteorológica adecuada. La distancia entre estaciones sinópticas principales en la superficie no debe ser superior a los 150 km., entre estaciones de altitud no debe sobrepasar los 300 Km.

La medición de las variables meteorológicas que en la mayor parte son variables físicas, con el objeto de obtener resultados comparables de los puntos de observación de la red meteorológica, además de un programa unificado de observación, es necesario procurar un cierto grado de uniformidad con respecto a los parámetros de los instrumentos de medición. Deben utilizarse instrumentos con características operacionales y exactitud análogas con enfoques uniformes en lo referente al mantenimiento y calibración.

Para la caracterización del clima se utilizó como referencia los datos registrados de las estaciones meteorológicas: Pagua (INAMHI – M184) que es una estación climatológica ordinaria la cual no registra datos a los anuarios del INAMHI en los últimos años y es la más cercana, ubicándose en la parte Nor - Este de las concesiones al igual que la estación Machala UTM (INAMHI – M185) que es una estación Agroclimática Principal y nos ha presentado también información Pluviométrica en los últimos años específicamente del 2007 y 2008, Pucará Colegio Técnico Agropecuario. (INAMHI – MB86), Uzhcurrumi (INAMHI – M481), Pasaje (INAMHI – M040) con información recogida de los últimos años y Granja Sta. Inés (INAMHI – M292) la cual es una estación climatológica principal que nos ha proporcionado para el presente estudio, información desde el año 2004 al 2008.

Las estaciones elegidas se han analizado para efectos de comparación y tomadas en cuenta por su radio de información obtenida, altura, así como por ubicación estratégica, ya que el área del proyecto contempla zonas variadas tanto en su temperatura, precipitaciones, y por consecuencia diferentes ambientes físicos y bióticos.

6.1.3.1. Climatología.

Los factores más importantes que fueron analizados en el presente estudio son: lluvia, temperatura, humedad, vientos, nubosidad, asumiendo que la actividad principal del proyecto, dentro de las concesiones Bella Rica Y Guanache Tres de Mayo es la explotación aurífera subterránea de mineral al cual se lo beneficia en a través de



diferentes procesos, la misma que genera remoción de suelo, excavaciones, uso de explosivos, rellenos de escombreras de material estéril, como también piscinas de relaves que se obtiene del beneficio de minerales que son materiales expuestos al medio ambiente.

Las precipitaciones atmosféricas que se presentan dentro del área del proyecto, son importantes que se conozcan: su distribución, intensidad, duración y frecuencia en la zona; de igual forma, la biotemperatura máxima, media y mínima anual que sumada a la información de suelos, flora y fauna, permiten predecir problemas de deslaves, erosión, sedimentación, posible saturación de relaves en Invierno principalmente, ; así como, la velocidad de recuperación de las afecciones; de esta manera a mayor humedad y temperatura promedio, la regeneración y sucesión natural es favorable y si las precipitación son abundantes hay que prevenir otro tipo de incidentes dentro del proyecto.



Tabla 13. Estaciones meteorológicas elegidas

ESTACION	CODIGO	LOCALIZACION		Elevación (msnm)	TIPO	Fecha de Instalación	Fecha de análisis
		Latitud	Longitud				
PAGUA	M-184	03°04'10" S	79°46'04" W	8	Co	1973-9-1	1973-1994
MACHALA UTM	M-185	03°03'00" S	79°44'06" W	13	Ap	1977-9-1	2006-2008
PUCARÁ	MB-86	03°12'22" S	79°27'50" W	3113	Co	2003-12-4	2006-2008
UZHCURRUMI	M-481	03°19'16" S	79°35'00" W	290	Pv	1975-2-1	2006-2008
PASAJE	M-040	03°19'47" S	79°41'55" W	40	Pv	1931-6-15	
GRANAJA Sta. INÉS	M-292	03°17'16" S	79°54'05" W	5	Cp	1985-11-25	2006-2008

Fuente: Elaborado por el Autor

Para efectos del análisis del clima, se ha tomado en cuenta solamente las estaciones de mayor representatividad en años de observación.

Tipo de Estaciones

Pv= Pluviométrica

Co=Climatológica Ordinaria

Cp= Climatológica Principal

Ap= Agroclimática Principal



6.1.3.2. Lluvias.

Uno de los parámetros más importante a ser analizado, es registro meteorológico correspondiente a lluvias en el período 1973 a 1990 el caso de la estación Pagua, en la mayoría de estaciones analizadas se ha considerado los registros de los últimos años, pudiendo determinar que las lluvias están presentes aproximadamente el 80% del total del año en la zona donde se efectúa el proyecto, claro está que se estiman todas las lluvias, sean estas, mínimas o leves, medias o moderadas y máximas o abundantes. Se ha recopilado información de los años más significativos y que han presentado información valiosa al anuario meteorológico del INAMHI.

Se determina de esta manera que, la mayor cantidad de lluvias se hace presente en los meses de enero a junio, acompañado de una estación invernal bien definida y en los meses de julio a diciembre precipitaciones bajas a moderadas y se presenta la estación de verano. La media anual que caería en la zona del proyecto es de 1455,3 mm. También se puede apreciar los datos de la estación pasaje que nos refleja la información pluviométrica de la parte sur.

6.1.4. Cobertura vegetal y uso del suelo.

El suelo de las áreas mineras se encuentra describiendo superficies de pendientes irregulares en toda su extensión con mayor pronunciamiento hacia el Sur, las unidades fisiográficas así como las prácticas de manejo y conservación son factores que determinan la aptitud del suelo en consecuencia cada superficie presenta condiciones favorables para determinados usos, actualmente el suelo en los sectores Guanache, Bella Rica, Tres de Mayo, Pueblo Nuevo, La López, Paraíso y sus zonas de influencia tienen coberturas y usos para los siguientes fines:

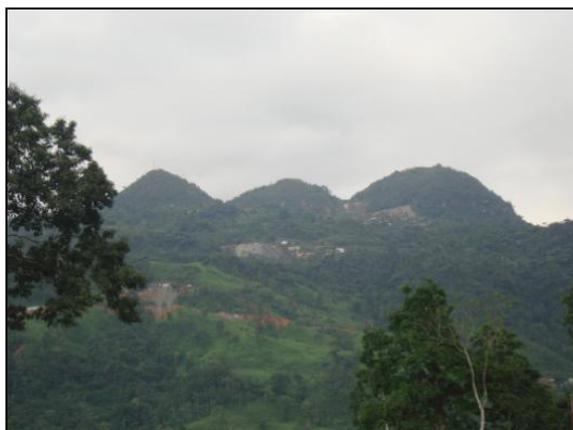


Figura 13. Cobertura vegetal
Fuente: Fotografía del Autor



El 62.95% pertenecen a la vegetación arbórea secundaria, localizada en el sector de Guanache, Bella Rica, Tres de mayo, Pueblo Nuevo, La López, Paraíso, San José y márgenes de drenajes, 31.93% son pastizales localizados en el flanco Sur de Bella Rica y Guanache, 4.012% son cultivos de ciclo corto ubicados en la llanura costanera, parta baja de la y límite de la concesión minera y 1.108 % constituida de asentamientos mineros en Bella Rica, Pueblo Nuevo, Tres de Mayo, Guanache.

Tabla 14. Uso del suelo

Uso del Suelo	Superficie(HA)	Porcentaje (%)
Vegetación arbórea intervenida - secundaria	902.09	62.95
Pastizales	457.60	31.93
Cultivos de ciclo corto	57.50	4.012
Asentamientos mineros	15.81	1.108
TOTAL	1433.00	100.00

Fuente: Elaborado por el Autor

6.1.5. Paisaje natural.

El paisaje se puede definir como el conjunto de elementos y formas que constituyen un patrón repetitivo y reconocible.

El paisaje predominante del proyecto, se caracteriza especialmente en función de los factores: relieve del terreno, espacio circundante, escala de las estructuras morfológicas y cobertura vegetal existente en el área de influencia, con los antecedentes descritos se define que el paisaje de las áreas mineras es característico de cabeceras de cuencas hídricas donde la topografía del terreno va en descenso gradual con pendientes entre 40 y 45%, el espacio del entorno es abierto y panorámico limitado al Norte en grandes distancias por estructuras morfológicas circulares y alargadas, dentro de las sociedades mineras sector de Bella Rica, con predominio de vegetación de altura intercalada con pastizales y limitados por franjas de remantes de vegetación secundaria intervenida.

Por lo expuesto, se define dos tipos de paisaje, los mismos que son: Para los sectores de Pueblo Nuevo, Guanache y Paraíso cerrado y focalizado porque no se obtiene una vista panorámica hacia el Norte y Este, debido a las barreras morfológicas y para el sector Tres de Mayo y Bella Rica se dispone de paisaje abierto y panorámico por estar localizado en las partes altas.



Respecto a la incidencia de las actividades hacia el medio paisajístico, se considera que estas no tendrán repercusiones de carácter relevante en vista de que el paisaje se encuentra ya intervenido, lo que ha originado suelos erosionados y meteorizados, las infraestructuras y operación minera en cada sociedad son puntuales y las actividades desarrolladas son en el subsuelo



Figura 14. Flanco Oeste ysur de las concesiones.
Fuente:Fotografía del Autor.

6.1.6. Datos socio – económicos.

La información a continuación describe las condiciones del medio donde se realiza la actividad minera de las concesiones mineras Bella Rica y Guanache Tres de Mayo, las cuales en conjunto incluyen 74 operaciones de explotación, con diferentes capacidades de producción y nivel tecnológico, los mismos que están cubiertos administrativamente por la Cooperativa de Producción Aurífera "Bella Rica".

Geográficamente el proyecto se desarrolla en los flancos sur-occidental de la Cordillera Occidental de los Andes y forma parte de la cordillera de Mollopongo, en el sector Bella Rica.

El área de influencia cubre los sectores: Guanache Bajo, Guanache Alto, Tres de Mayo, Nuevo, Tres Ranchos, Paraíso y La López; De acuerdo a su división político – administrativa pertenecen a la parroquia Camilo Ponce Enríquez, cantón Camilo Ponce Enríquez en la provincia del Azuay.

Las concesiones mineras ocupan una extensión de 1350 y 83 hectáreas mineras respectivamente, las cuales por ser parte de la cordillera de Mollopongo se observan declives con colinas bajas redondeadas, con valles y su geomorfología en V se



extiende hasta la llanura de la costa que se va haciendo en este tramo la más estrecha, hasta el canal de Jambelí.

Presenta cotas desde los 300 msnm hasta aproximadamente 1100 msnm, en su geomorfología se visualiza laderas muy escarpadas y en sectores sobre la parte alta pendientes moderadas a suaves.

Camilo Ponce Enríquez es un cantón atípico con relación al resto de los cantones de la provincia del Azuay. Esta característica está relacionada con el acceso a tierras de mejor calidad. En este caso el índice de calidad y tenencia de la tierra es uno de los más altos en el ámbito de la Micro Región, como también la existencia de actividades mineras, lo que posibilita la diversificación ocupacional y salarios más altos.

Un indicador de este hecho es la existencia de un mejor ingreso per cápita, a decir de Cela-Prolocal, ya que este ingreso, excluyendo las transferencias del Estado a través del bono y la beca escolar, es el más alto de las micro regiones, alcanzando los 87,45 US dólares mensuales.

Las actividades mineras, agropecuarias y camaroneras son las más importantes de la zona, su geografía estratégica y su bio-clima favorece para la buena producción en diferentes campos, por el año de 1982 la actividad predominante era la agropecuaria, luego el oro ha reemplazado en parte esta actividad.

La agricultura se desarrolla con preferencia a las plantaciones de banano, café, cacao la cual ocupa grandes extensiones y a su vez mano de obra, tratando de mantenerse compitiendo con la minería ya que los trabajadores se sienten atraídos por los pagos que esta actividad les ofrece.

En cuanto a la actividad ganadera se mantiene en un rango positivo, y sus consumidores son principalmente de Machala y Guayaquil.

El clima de Camilo Ponce Enríquez, por encontrarse en una zona cercana a las costas del Pacífico y a su vez en la cordillera Occidental, presenta un clima tropical húmedo, predominante que le da las características propias a su vegetación, con temperaturas que van desde los 22 hasta los 30°C, aunque existen algunos meses del año que pueden variar.

El acceso a las concesiones mineras es por Camilo Ponce Enríquez, que está situado a 210 km. de la ciudad de Cuenca, 42 km. de Machala y 149 km de Guayaquil, una de



la característica más importantes de este cantón radica que está estrechamente vinculada con las actividades comerciales, agrícolas y de extracción minera, así como el de encontrarse articulado en el eje vial de la Panamericana que enlaza a las provincias de El Oro y Guayas. Lo que es fundamental para su desarrollo ya que por medio de este eje vial se pueden comercializar los productos que se cultivan en el sector. También conecta con la nueva vía Cuenca - Molleturo que se empata a la altura de Naranjal.

El cantón Camilo Ponce Enríquez se encuentra ubicado al Sur Occidente de la provincia del Azuay, limita al Norte con la parroquia Balao, Provincia del Guayas, al Sur con la parroquia Río Bonito del cantón El Guabo, Provincia de El Oro, al Este la parroquia de Tenguel Prov. del Guayas y al Oeste con la parroquia Pucará, Provincia del Azuay.

El cantón se encuentra entre una altitud que va desde los 44 m.s.n.m, hasta los 3680 m.s.n.m. en las zonas más altas.

Para el estudio de Línea Base en el presente trabajo, se acudió a la información existente en el Departamento Técnico de la Cooperativa Minera Aurífera "Bella Rica, titular de las concesiones mineras Bella Rica, Cód. 15 y Guanache – Tres de Mayo, Cód. 170, área de estudio, describiremos las condiciones del medio donde se realiza la actividad minera de explotación que en su mayor parte incluye las áreas ocupadas por las 74 operadores mineros, que se encuentran en fase de explotación, exploración y algunas Operaciones paralizadas. que extraen mineral por métodos subterráneos desde las estructuras mineralizadas allí encontradas, los mismos que están cubiertos administrativamente por la Cooperativa de Producción Aurífera "Bella Rica", en virtud de que la ley permite al titular realizar la actividad por medio de operadores o por sí mismo. Geográficamente el proyecto se desarrolla en los flancos sur-occidental de la Cordillera Occidental de los Andes y forma parte de la cordillera de Mollopongo, en el sector Bella Rica.

6.1.6.1. Actividades productivas.

De acuerdo a la información del INEC – 2011 "Población Económica Activa" (PEA) es el número de personas mayores de 5 años que ejercen alguna actividad productiva según cada rama de actividad.



La PEA del cantón Ponce Enríquez para el año 2011 alcanzó la cantidad de 4.686 habitantes, cifra que corresponde al 46.3% del total de la población cantonal.

Se puede señalar la relación laboral de la población es de que por cada 2.2 personas una persona es la que tiene que trabajar para mantenerlas.

La distribución por sexo del PEA a nivel cantonal es de 74,3% para los hombres y para las mujeres el 25.7%, no obstante la PEA no mide el trabajo que no es asalariado, este es el caso de trabajo que realizan las mujeres, tal como el cuidado del hogar, de los huertos familiares o las fincas, y la crianza de animales.

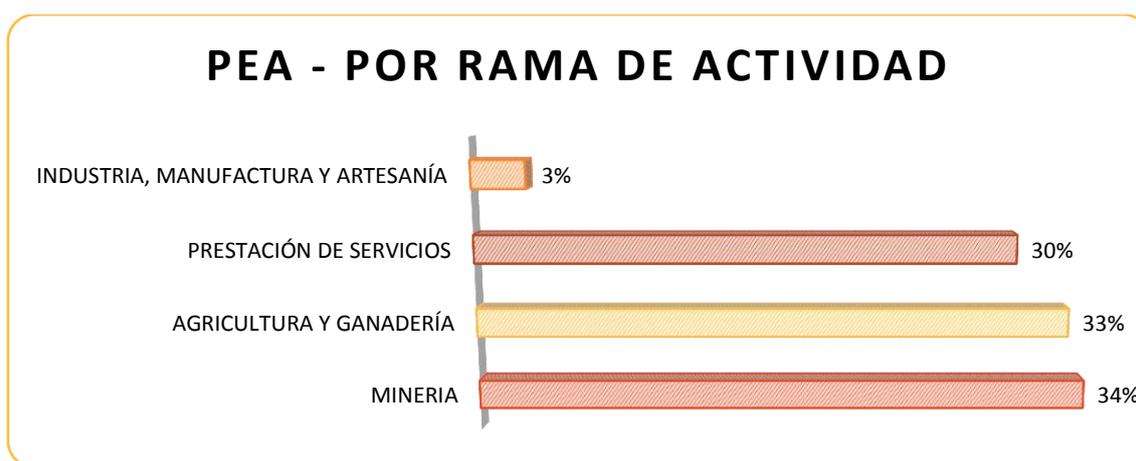


Figura 15. PEA por Rama de Actividad – Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: SISSE 2010 (Sistema de indicadores Sociales del Ecuador) Ministerio Coordinador de Desarrollo Social.

La PEA por rama de actividad clasifica a la población de Ponce Enríquez de la siguiente manera: en primer lugar se encuentran quienes se dedican a actividades relacionadas con extracción y explotación de minas y canteras con un 34%, le sigue la población que se dedica a la agricultura, silvicultura y pesca con un 33%, luego se encuentran quienes realizan servicios en general con un 30%, estos servicios se asocian a actividades turísticas, comerciales, transporte y del sector público, por último con un 3% se encuentran las personas cuyas actividades se relacionan con la industria, manufactura y artesanía.

En conclusión se puede señalar que el cantón se encuentran tres grandes grupos de población según rama de actividad, "los mineros", "los agricultores y ganaderos" y "los que brindan servicios" el cuarto grupo se asocia con las personas cuya actividad se relaciona con la industria, manufactura y artesanía, mismo que como se observa en la gráfica es insipiente y no representa una fuente significativa de ingresos a nivel cantonal.



- **Actividades mineras.**

En el cantón Ponce Enríquez la actividad minera aurífera inicia en los años 80, y se constituye en la fuente económica principal de los moradores del sector; siendo los ingresos económicos directos a través del pago monetario por prestación de mano de obra para labores mineras, pero también estos pueden ser indirectos a través de la movilización de recursos producto de la actividad minera, pues los trabajadores mineros al contar con mayor disponibilidad de dinero ocupan más servicios en el cantón por ejemplo compra de insumos mineros, vestimenta, alimentos, entre otros.

En Ponce Enríquez existen una serie de concesiones mineras que ocupan alrededor de 10.000 hectáreas. En estas áreas concesionadas existen más de trescientas "sociedades", mismas que no necesariamente son propietarias de las concesiones, pero mediante acuerdos preestablecidos con los dueños de las mismas laboran dentro de ellas, generalmente bajo precarias condiciones.

Las principales concesionarias y las hectáreas concesionadas en el cantón Ponce Enríquez se detallan en la presente tabla:

Tabla 15. Concesiones Mineras en el cantón Ponce Enríquez

CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ	CONCECIONARIA	HECTÁREAS
	Cooperativa Bella Rica	1.433
	Compañía EMC	1.563
	Mollopongo	60
	Muyuyacu	70
	Arquitecto I	900
	AGRIMROC	200
	EXPOBONANZA	1.000
	TOTAL	5.176

Fuente: PDL Ponce Enríquez 2004-2015

De acuerdo al Plan de Desarrollo Local del cantón Ponce Enríquez la principal organización minera de ese sector es la Cooperativa de Producción Aurífera "Bella Rica" misma que agrupa a 90 socios aproximadamente.

La explotación minera se realiza principalmente en la zona de Bella Rica, San Gerardo, y en la parroquia El Carmen de Pijilí aunque con menos intensidad que en las otras zonas.



En la zona existen dos tipos de minería subterránea: 1) la Artesanal, en donde para la explotación se utiliza molino de rodillo, chancadora, compresor de aire, dinamita, fulminante, guía detonante, nitrato, barrenos, amalgamador, platonos, legáis; y 2) la Industrial en donde se utilizan piscinas o celdas de flotación, sistemas de centrifugas de agitación para cianuración, con uso de mercurio y quema con destilador para obtener el oro.

En una mina trabajan en su mayoría hombres, las mujeres que realizan tareas relacionadas con la alimentación del personal y con el conocido "janqueo", mismo que consiste en recolectar pequeñas rocas con mineral que son desechadas por las empresas mineras y luego proceder a la extracción del mineral.

Ambientalmente la explotación minera anti técnica en la zona ha producido problemas de contaminación ambiental, sobre todo por la presencia de metales metálicos contaminantes en los ríos y esteros. Actualmente se encuentran en plan de restauración.

Socialmente la actividad minera ha producido en el cantón a más del desarrollo económico ya descrito, la presencia de asentamientos humanos que no cuentan con servicios básicos indispensables, en los cuales se hacinan gran cantidad de personas de otros sectores sociales del País y extranjeros procedentes de Perú y Colombia, problemas de delincuencia, drogadicción, prostitución, y abandono de las actividades agrícolas, entre otros.



Figura 16. Actividad minera.
Fuente: Fotografía del Autor.



- **Actividades Agrícolas y Ganaderas**

La razón principal para que no haya progresado grandemente la actividad agrícola en el cantón Ponce Enríquez es porque solo el 3.7% del suelo es apto solo para cultivos, siendo el mayor porcentaje de suelo 76.1% del cantón apto solo para realizar actividades protección total de la cobertura vegetal y programas de reforestación, mientras que el 17.2% es apto para la siembra de pastos asociados a cultivos, y el 3.0% se debe utilizar en la siembra de pastos. El cantón Ponce Enríquez cuenta con zonas agroecológicas delimitadas, por esa razón es posible encontrar una serie de cultivos de diferente índole, es así que en la zona baja del cantón (43 msnm – 500 msnm) se encuentran cultivos de cacao, caña de azúcar, yuca, maíz y frutas cítricas y en la parte media y alta del cantón se encuentran terrenos dedicados a pastizales para la ganadería vacuna, se cultiva además verduras, papa, maíz y fréjol.

Los productos cultivados en la zona baja del cantón son destinados sobre todo para la venta en los mercados de: Naranjal, Ponce Enríquez y Machala.

En cambio en las partes medias y altas del cantón con excepción de la ganadería los productos cultivados son destinados casi exclusivamente para el consumo de subsistencia, una de las razones son las malas condiciones de las vías sobre todo en épocas de invierno.

En cuanto a las actividades ganaderas se encuentra principalmente del tipo bovino, porcino y de aves de corral, los mismos que son destinados para el mercado, se menciona la crianza tradicional de cuyes, pero estos destinados más hacia el consumo de subsistencia.

- **Turismo**

Actualmente el Municipio de Ponce Enríquez a través del Departamento de Gestión Social se encuentra promocionando una serie de actividades turísticas en el cantón, entre ellos: "La Ruta del Cacao", el sector agroturístico Cascadas del Río Coca, las aguas calientes de la comunidad de Shagal, los petroglifos ubicados en la comunidad de La Unión de San Gerardo, el hermoso río Gala de la comunidad de Shumiral en donde actualmente se encuentra en construcción un complejo turístico y el centro cultural municipal ubicado en el barrio 7 de Abril de la cabecera cantonal, este centro brinda servicios como videoteca, rincón infantil, área de recreación, área para ensayos de música, danza y teatro.



- **Comercio**

Dos factores han intervenido en progreso del sector comercial de Ponce Enríquez, el primero tiene que ver con la presencia de la actividad minera en la zona, misma que dinamiza la económica local y el segundo factor está relacionado con el cruce de la panamericana por ese sector.

De acuerdo al PDL del cantón Ponce Enríquez 2004 – 2015 “El cantón cuenta con una infraestructura hotelera, bares, restaurantes, transporte liviano y pesado, telecomunicaciones e Internet que satisface mínimamente los requerimientos de la población ubicada en el área urbana de Ponce Enríquez y que llega a éste por trabajo o negocios”.



Figura 17. Actividad comercial.
Fuente: Fotografía del Autor.

6.1.6.2. Organizaciones políticas y sociales.

En general en el cantón Ponce Enríquez existen una serie de instituciones, organizaciones y asociaciones jurídicamente reconocidas, las mismas que de una u otra manera coadyuvan al desarrollo cantonal, se presentan las más relevantes en la siguiente tabla:



Tabla 16. Organizaciones Políticas y Sociales del Cantón C. Ponce Enríquez.

Nombre de la institución	Nombre del representante	Cargo
CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ		
Gobierno Municipal del cantón	Sr. Manuel Espinoza	Alcalde
Unidad de Gestión Ambiental (UGA)	Ing. Luis Montaleza	Director
Departamento de Gestión Social	Lic. Betsabe Veriñas	Director
Comisaría de Policía	Sra. Diana Reinoso Brito	Comisaría de Policía
Registro Civil	Abogada Mariana Ochoa	Representante
Comisaría Municipal	Sr. Rodrigo Cueva	Comisario Municipal
Comité Cívico	Sr. Julio Collago	Presidente
Cuerpo de Bomberos	Ing. Rodrigo Durazno	Comandante
Área de Salud No. 10	Dr. Cristian Macas	Directora

Fuente: Informantes calificados. Cantón Ponce Enríquez. Febrero 2010.

Entre otras las instituciones públicas o privadas que coadyuvan al desarrollo cantonal se encuentran las siguientes: Concejo Provincial, Dirección de Educación, FISE, INFA – MBS, PROLOCAL, Instituciones de ahorro y crédito (Banco de Machala, CACPE – URUCAL), Cooperativa de Producción Minera Aurífera “Bella Rica”, DYA, EMELORO, Empresa Eléctrica Centro Sur, ETAPA, entre otras.



Figura 18. Gobierno Municipal Municipio de Camilo Ponce Enríquez.
Fuente: Fotografía del Autor.



6.1.6.3. Aspectos históricos, culturales y estéticos

➤ Aspectos históricos

- El cantón Ponce Enríquez originariamente fue parroquia de Santa Isabel hasta el año 1960, con la creación del cantón Pucará, Ponce Enríquez paso a formar parte de esa jurisdicción, hasta 1996, fecha en la que se remitió al congreso Nacional un proyecto de Ley de Creación del cantón Camilo Ponce.
- Mediante Registro Oficial No.544 el 28 de marzo del año 2002 se crea el cantón Ponce Enríquez.
- El cantón Camilo Ponce Enríquez es el cantón de más reciente creación de la provincia del Azuay.
- El cantón Camilo Ponce Enríquez, lleva su nombre en honor al Presidente Constitucional del Ecuador, en el período 1956 – 1960
- El 16 de septiembre de todos los años se celebra la fiesta parroquialización de la cabecera cantonal de Ponce Enríquez.

➤ Principales manifestaciones culturales

- Los asentamientos humanos que constituyen al Cantón Camilo Ponce Enríquez son el resultado de procesos migratorios provenientes de provincias de la sierra y de la costa, en especial de Azuay, Loja, Manabí y Guayas, por lo que en este sector al estar conformado de migrantes y población flotante por lo que las manifestaciones culturales son diversas dependiendo de la zona en la cual se encuentran ubicados.
- La población de la zona baja del cantón tiene rasgos característicos propios así: el vestir indumentaria ligera, su forma de hablar (modismo costeño), la alimentación basada en productos de clima subtropical (cítricos, plátano, yuca), su fácil y permanente intercambio con la costa (Pasaje, Machala, Ponce Enríquez, Guabo) configura una identidad de subtrópico que es lo que marca una diferencia con la población de la zona alta, y así se reconocen.
- La característica étnica fundamental del Cantón Camilo Ponce Enríquez, es la de ser mestiza.



➤ Aspectos estéticos

- Al llegar a la cabecera cantonal de Ponce Enríquez la primera impresión que produce es que esta es área netamente comercial, inundada de puestos de comida en locales y en los bordes de las aceras, comercios de ropa, alimentos, ferreterías, y almacenes de insumos agrícolas y mineros.
- Al interior de Ponce Enríquez se nota que existen muy pocos remantes de bosques, además puede observarse apostados aún lado de la carretera grandes árboles talados o tablones de madera listos para ser comercializados.
- En la parte alta de Ponce Enríquez se observan hermosos ríos cristalinos, pero a medida que se sigue descendiendo el paisaje de estos cambia, hasta que en las partes bajas del cantón los ríos se encuentran turbios y amarillentos, seguramente por la contaminación producida por las empresas mineras.
- En las áreas mineras se encuentran una serie de asentamientos humanos, compuestos de pequeñas casuchas de madera y techo de zinc, con muchos cuartitos uno a lado de otro rentados a migrantes nacionales y extranjeros, estos sectores carecen de servicios básicos, es así que se observa: que las vías son de tierra y están atravesadas por mangueras en mal estado que transportan agua hacia las casas, basura arrojada en las calles, casitas construidas en partes planas o en las laderas de las montañas con pequeños negocios.
- En la cabecera cantonal y en las comunidades "mineras" se observa la presencia de centros de distracción tales como discotecas, bares, villares y centros de tolerancia, a donde asisten en su mayoría los hombres de esos sectores, todas estas actividades se encuentran relacionadas con la presencia de la minería en ese sector.

La población que actualmente reside en esta localidad es joven si consideramos que de una muestra de 86 personas, el 62 % tiene una edad entre los 10 y 39 años.

6.1.6.4. Vivienda.

Las viviendas ubicadas en la localidad de Bella Rica suman aproximadamente 673 casas, siendo éstas construcciones en su gran mayoría mixtas de hormigón, madera y



zinc unas; y otras, con madera y zinc, generalmente con una sola habitación, la mayoría de viviendas cuentan con servicios higiénicos o letrinas.

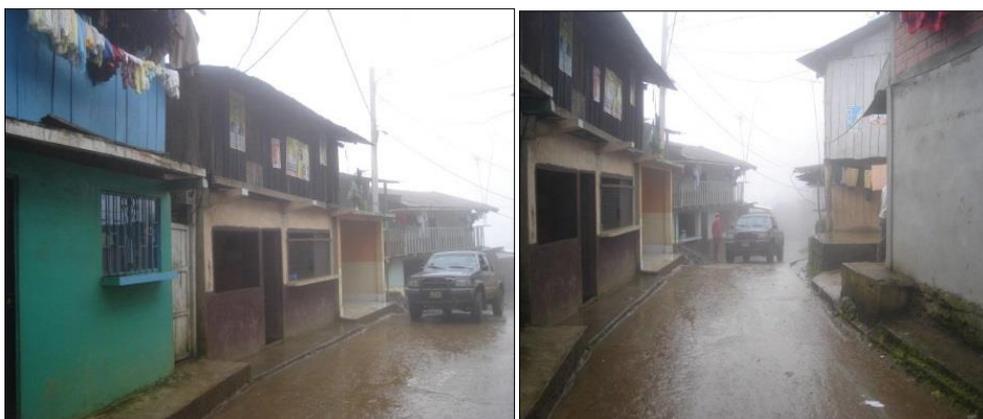


Figura 19. Tipo de vivienda de la localidad de Bella Rica y su entrada principal.
Fuente: Fotografía del Autor.

6.1.6.5. Educación y cultura.

La localidad de Bella Rica cuenta con el jardín "EL MINERITO", centro educativo al que asisten 45 niños de entre tres y cuatro años. La Escuela Fiscal Mixta "EL DIAMANTE", ubicada en los alrededores del centro del poblado tiene matriculados 250 niños entre estudiantes de primero y séptimo año de educación básica, niños y niñas, según la información proporcionada por miembros de la escuela. El establecimiento cuenta con espacio recreacional, baterías sanitarias y una cocina-comedor. Las clases se imparten por ocho docentes, incluida la directora. Los pobladores entrevistados reconocen que la infraestructura educativa es el resultado de la gestión y apoyo de la administración de la Cooperativa.

También los estudiantes se benefician con el centro de cómputo ubicado en el centro poblado.

Dado que no existe colegio los estudiantes de secundaria asisten a instituciones educativas ubicadas en Ponce Enríquez.



Figura 20. Escuela "El Diamante" salón de clases
Fuente: Fotografía del Autor

Las madres de familia reciben charlas que les permitan mejorar el cuidado y atención de sus hijos, las mismas son impartidas por personal del Ministerio de Bienestar Social. Cuentan con un centro de alfabetización en el que actualmente se han inscrito 22 personas de las cuales asisten normalmente 10 personas.

En lo que a cultura se refiere en Bella Rica se celebran en el mes de julio las fiestas patronales de la Virgen del Carmen con una misa en su honor, se elige la reina de la localidad de entre las candidatas de los distintos barrios, luego continúan los festejos en donde participan los dos grupos de danza de la localidad, uno de niños y otro de jóvenes; además, se realiza el festival de música nacional, se organizan encuentros deportivos de indorfútbol y ecuavolley, juegos pirotécnicos, todo esto con la participación y organización de los pobladores y el apoyo de la Cooperativa.

6.1.6.6. Salud.

En Bella Rica se encuentra ubicado un Subcentro de Salud Pública que funciona desde hace 18 años, el mismo que para dar atención médica cuenta con un médico rural y una enfermera, las instalaciones y alimentación del personal donde funciona dicho Subcentro son facilitadas por la Cooperativa. En este Subcentro de salud se atienden, a decir de la enfermera consultada, fundamentalmente emergencias, muchas de ellas originadas en accidentes de trabajo de minería, así como primeros auxilios en enfermedades dermatológicas, infecciones intestinales, gripes, y otras que no reviertan mayor gravedad.

Para atención de los pacientes este Subcentro está equipado con camillas, instrumental de suturas, refrigeradora. Cuenta con una farmacia comunitaria que provee de forma gratuita medicina preventiva, vacunas y antibióticos así como también



tratamientos relacionados con la planificación familiar. El apoyo económico lo reciben del Ministerio de Salud Pública y de la Cooperativa.



Figura 21. Subcentro de Salud Pública sector Bella Rica.
Fuente: Fotografía del Autor.

6.1.6.7. Transporte.

Para transportarse hacia Bella Rica quienes allí habitan, lo hacen por medio de los servicios de transporte brindados por las cooperativas de camionetas y rancheras Ponce Enríquez y Transaurífera. El recorrido desde Ponce Enríquez hasta Bella Rica es de aproximadamente 45 minutos.

Los estudiantes que asisten a escuelas o colegios de Ponce Enríquez cuentan con una buseta para su recorrido escolar el mismo que es costeado por los padres de familia.



Figura 22. Medios de transporte de la comunidad Bella Rica.
Fuente: Fotografía del Autor

Para tener acceso hacia las sociedades del sector López bajo se ingresa por la Panamericana hasta el sitio conocido como Pontazgo, para continuar por la vía de segundo orden Chimborazo – San Miguel de Brasil - La López y de ahí a la planta de



beneficio Produminsa, Somilor y otras de la zona se realiza un recorrido aproximado de 8 km.

Las plantas tanto Produmin como Somilor cuentan con vías internas, que comunican las diferentes áreas dentro de las mismas; existen accesos peatonales que permiten el desplazamiento del personal y vehículos dentro de las instalaciones.

6.1.6.8. Servicios básicos.

- **Agua para consumo humano**

El agua para el consumo humano, es entubada y proviene de las vertientes La Rica y Tiwintza, ubicadas en la parte alta del sitio Villa Rica aproximadamente a 30 minutos de camino.

Actualmente el Municipio de Camilo Ponce Enríquez, está desarrollando El Proyecto Regional de Agua potable del cantón, que abarca la cabecera cantonal y sus comunidades, incluido el sector minero Bella Rica, zona en donde se desarrolla, este estudio.

Cabe indicar que este proyecto se está desarrollando y ejecutando, con el 60% de las regalías mineras que los titulares mineros del cantón, cancelan semestralmente al Estado ecuatoriano.

- **Electricidad**

Las viviendas de la comunidad se benefician con energía eléctrica del sistema nacional interconectado; y, la parte central del poblado cuenta con postes de alumbrado público.

- **Alcantarillado**

La localidad cuenta parcialmente con sistema de alcantarillado por donde drenan las aguas servidas hasta piscinas ubicadas en terrenos ubicados fuera del centro poblado aproximadamente a 20 minutos de camino, según se pudo determinar en la visita de campo. Sin embargo de ello, cabe anotar que los sistemas de alcantarillas en algunos puntos han colapsado por su falta de capacidad y mantenimiento. Se pudo también determinar que varias viviendas no conectan tuberías hacia los sistemas de



alcantarillas por lo que las aguas simplemente corren a través de ciertos drenajes abiertos en formas de quebradas atravesando por entre las viviendas, con los consiguientes riesgos a la salud de la gente y principalmente de la niñez, por ser éstos verdaderos focos de infección y contaminación.



Figura 23. Sistema de alcantarillado y electrificación en Bella Rica.
Fuente: Fotografía del Autor.

- **Recolección de basura**

Cuentan con dos vehículos recolectores, el uno facilitado por la municipalidad de Ponce Enríquez y el otro por la Cooperativa y que a decir de sus dirigentes, se encarga también de la recolección de basura originada por las sociedades mineras. Esta tarea de recolección se la realiza dos veces por semana. La basura recuperada de la población y de las sociedades es trasladada y depositada fuera de la localidad de Bella Rica.

En la visita de campo se pudo establecer que algunos de sus habitantes no recolectan la basura en recipientes adecuados para el efecto, sino que ésta más bien se acumula en distintos lugares, pudiendo provocar afectaciones de la salud de sus pobladores y especialmente de los niños. A decir de los pobladores entrevistados el vehículo recolector de la Cooperativa recoge la basura exclusivamente de las sociedades mineras, mientras que la basura de las viviendas es recolectada por el vehículo del municipio de Ponce Enríquez.³



- **Telefonía**

El servicio de comunicación telefónica se da por medio de cabinas telefónicas de operadores privados, así como también por medio de telefonía móvil.



Figura 24. Iglesia Bella Rica
Fuente: Fotografía del Autor

6.2. Resultados específicos.

6.2.1. Topografía.

La zona de estudio presenta una topografía típica de las regiones montañosas, con pendientes de moderadas a abruptas. Está disectada por las sub-cuencas y micro-cuencas hidrográficas, de valles en su estado juvenil. Siendo las principales las de los ríos Chico, Tenguel, Guanache y Siete Las altitudes varían entre 100 a 1.700 msnm.

El distrito minero Camilo Ponce Enríquez por encontrarse en las estribaciones de la Cordillera Occidental de Los Andes, el relieve presenta un descenso gradual hacia la planicie de la Costa, en la cual se localizan la Parroquia Zhumiral y el flamante cantón Camilo Ponce Enríquez. En la parte alta se observan pequeñas semi-planicies, formando escalones, con valles colgados de alta montaña, los cuales han sido aprovechados para los asentamientos poblacionales, como San Gerardo, San Juan de Naranjillas y Bella Rica.

La morfología está modelada sobre vulcanitas tobáceas e ignimbríticas, en las partes altas, que yacen sobre las rocas verdes, porfiríticas, e intrusivos meso-silícicos a básicos, con zonas de relieve abrupto localizadas en las quebradas, caídas de agua, y, zonas de fallas que forman escarpes pronunciados con gran diferencia de nivel. Se



presentan filos de cuchilla que constituyen divisorias de aguas de las sub-cuencas y micro-cuencas hidrográficas. Los drenajes principales y secundarios forman valles juveniles, colgados, con secciones en "V".

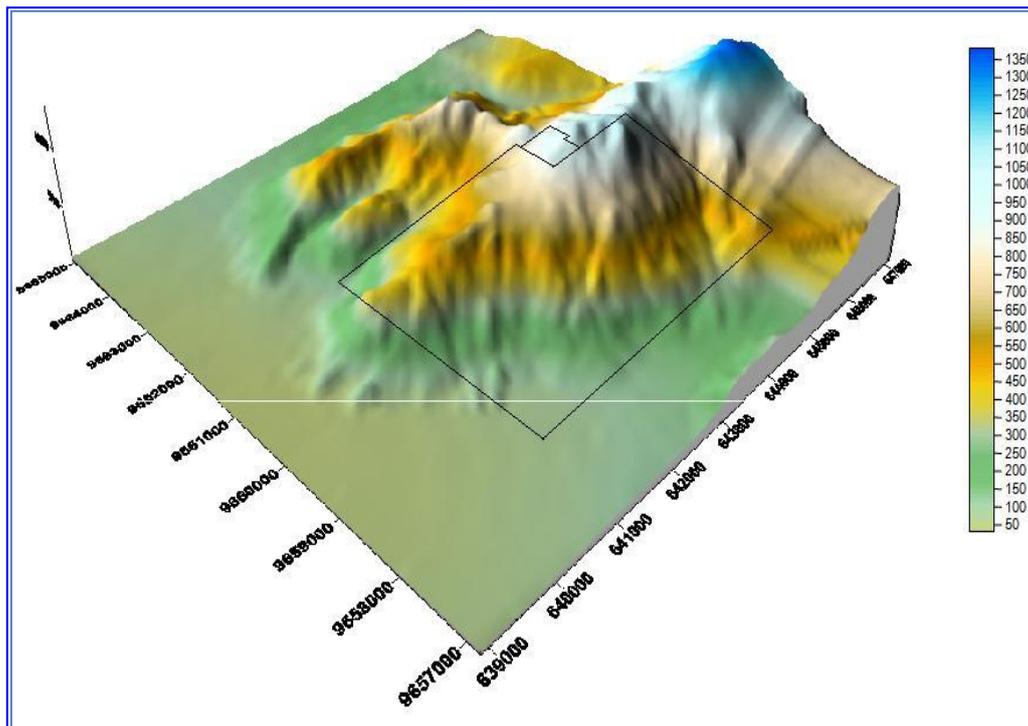


Figura 25. Modelado del Relieve.
Fuente: Realizado por el Autor.

6.2.2. Geología.

6.2.2.1. Geología regional.

El Campo mineral de Ponce Enríquez está situado en la Unidad Pallatanga del Cretácico Medio temprano (pre - Senoniense), que forma una banda casi continua limitada por fallas a lo largo de las estribaciones occidentales de la Cordillera Occidental. La unidad comprende basaltos toleíticos lávicos masivos y almohadillados con intrusiones básicas y cantidades subordinadas de volcanoclásticas, sedimentos pelágicos y rebanadas tectónicas de rocas ultramáficas. La base de esta unidad no está expuesta y, hacia el Este, está cubierta discordantemente por las rocas volcánicas subaéreas, de composición intermedia a silícea calco – alcalina del Grupo Saraguro (Eoceno Medio tardío ó Mioceno Inferior). El espesor de esta unidad ha sido estimado en más de 1 Km al Este de Ponce Enríquez..



Las rocas volcánicas basálticas se encuentran ampliamente distribuidas en toda la zona de Bella Rica, con el pórfido hornbléndico y feldespático delimitando las zonas de mineralización. Cabe indicar que la brecha magmática hidrotermal y el pórfido feldespático indican la existencia de un pórfido mineralizado en profundidad. Además es característico los depósitos superficiales ubicados en los márgenes de las quebradas Guanache, Tres de Mayo, La Florida y el Paraíso constituidos de gravas, arenas y clastos rocosos semi-redondeados cuyos tamaños varían de centímetros a metros. De acuerdo a observación directa los basaltos incluyen lavas, hialoclastitas e intrusiones de doleritas subvolcánicas, aparentemente la secuencia buza hacia el Este.

La base de la Cordillera de los Andes Ecuatorianos especialmente la parte sur consiste en gran parte de rocas volcánicas del Cretáceo hasta Paleoceno (lavas, tobas y piroclastos de composición intermedia: andesítica principalmente) con grandes batolitos de granodioritas, dioritas y gabros de edad Cenozoica (Hörmann y Pichler, 1981; May y Calle, 1982; Zamora y Litherland, 1993 en Lips, 1998). La base de la cordillera Real está compuesta por rocas metamórficas de edad Paleozoico hasta Jurásico. Son principalmente esquistos, gneis, cuarcitas y localmente mármol (Hall y Calle, 1982; Zamora y Litherland, 1993 en Lips, 1998). Estas rocas afloran en las vertientes externas de la sierra.

En la cordillera Real, el Valle Interandino y El Oro consiste principalmente en flujos de andesitas a riolitas y piroclastos pero también incluye arcillas, tobas, areniscas y conglomerados. Con las tobas, conglomerados y brechas de la formación Turi del Plioceno terminó el volcanismo en el Sur del Ecuador (Debajo de 2° S).

✓ **Formaciones geológicas**

El cantón Camilo Ponce Enríquez se localiza dentro de las siguientes unidades:

- Unidad PALLATANGA (>2000m.s.n.m.) con lavas andesíticas, tobas, volcanoclastos y pertenecen al Eoceno – Paleoceno.
- Unidad PAGUA (2000m.s.n.m.) con lutitas, grauwacas y pertenecen al Eoceno.
- FM. PIÑÓN. Lavas basálticas, tobas, brechas y pertenece al Cretácico.
- VOLCÁNICOS SARAGURO (300m.s.n.m.) con lavas andesíticas a riolíticas, piroclastos y pertenecen al Oligoceno.



- VOLCÁNICOS PISAYAMBO (1000-2000m.s.n.m) con flujos de lava y piroclastos de composición andesíticas a riolítica y pertenecen al Plioceno – Mioceno.

La cercanía de Camilo Ponce Enríquez hacia el perfil costanero, confirma la presencia de arcillas marinas de estuario, ya que en gran parte del territorio se encuentra la presencia de este tipo de formación.

Las características de estos suelos son francos, permitiéndose en ellos desarrollar de buena forma la agricultura. Dentro de esta área se encuentra la cabecera cantonal de Camilo Ponce Enríquez y las comunidades de Shumiral, Nueva Esperanza, San Alfonso, La Independencia y Santa Martha.

Las lavas andesíticas son rocas volcánicas de grano fino, equivalente extrusivo de la diorita, y de colores casi siempre muy oscuros. En el cantón constituyen el segundo mayor porcentaje, 29,94 % de la superficie y contempla las comunidades de San Francisco de Muyuyacu y La López.

La Granodiorita, diorita, pórfido y otras son minerales de formación intrusiva que afloran desde el magma formando vetas cuarcíticas conteniendo en ellas trazas de metales preciosos. Constituyen un 7,56 % del territorio. La lava basáltica es la variedad más común de roca volcánica, se compone casi en su totalidad de silicatos oscuros de grano fino, sobre todo feldespato, piroxeno y plagioclasas, y magnetita, Dentro de esta formación se encuentra precisamente el asentamiento minero de Bella Rica.

Las tobas volcánicas son rocas piroclásticas, se forman por la cementación de piroclastos, ya sean cenizas, puzolanas o lapilli.

- **. Tectónica**

Las fallas regionales que localmente marcan el límite entre terrenos tienen, predominantemente, direcciones SE – SW y NNE – SSW. El campo mineral de Ponce Enríquez está fragmentado por fallas de dirección NW; el sector Gaby – Bella Rica está bordeada por las fallas Margarita por el SW y Río Tenguel por el NE. Estas fallas son esencialmente de edad cenozoica, pero han sido reactivadas periódicamente y dan lugar a pronunciadas expresiones geomorfológicas.



✓ Periodos geológicos

Cretácico. En el ámbito de la geología, último periodo del Mesozoico, que comenzó hace unos 145,6 millones de años y finalizó hace unos 65 millones de años. El nombre alude a la abundancia de estratos de creta depositados durante el final del periodo en Inglaterra y Francia, hoy expuestos en lugares como Dover.

Cuaternario. En geología, periodo más moderno del Cenozoico. Comenzó al final del periodo terciario, hace 1,64 millones de años, y comprende hasta nuestros días. El cuaternario se divide en pleistoceno, la primera y más larga parte del periodo, que incluye los periodos glaciales, y la época reciente o postglacial, también llamada Holoceno, que llega hasta nuestros días.

Eoceno. Segunda división del Cenozoico, era de la escala de tiempos geológicos, que comenzó hace unos 56,5 millones de años y finalizó hace unos 35,4 millones de años. Al igual que el Paleoceno, que lo precedió, y el Oligoceno, que lo siguió, el Eoceno (del griego eos 'alba' y kainos 'vida') fue definido en el siglo XIX por el geólogo británico Charles Lyell sobre la base del porcentaje de especies modernas de moluscos y crustáceos presentes en los estratos rocosos del Cenozoico.

En el hemisferio occidental, el Eoceno marcó la última fase de la orogénesis de las cordilleras, el episodio de alzamiento de las grandes cadenas montañosas que se extienden hacia el norte y el sur en el oeste de las Américas.

Paleoceno. En geología, primera y más corta de las cinco divisiones del periodo terciario dentro del Cenozoico en la escala de tiempos geológicos; abarca el intervalo transcurrido entre 65 y 56,5 millones de años atrás, y es definida, como las épocas posteriores, según la proporción de especies modernas de moluscos encontradas en los registros fósiles.

Oligoceno. Tercera división del periodo terciario del Cenozoico, que se inició hace unos 35,4 millones de años y finalizó hace unos 23,3 millones de años. Al igual que el eoceno, que lo precedió, y que el mioceno, que vino a continuación, el oligoceno (del griego, 'poca vida') fue definido en función del porcentaje de especies modernas de moluscos y crustáceos (10-15%) presentes en los estratos correspondientes a esta era.

Plioceno. En geología, quinta y última división del periodo Terciario dentro del cenozoico en la escala de tiempos geológicos: se extiende desde hace 5,2 millones de



años hasta 1,64 millones de años atrás. Como el mioceno precedente, el plioceno fue denominado y definido por el geólogo británico Charles Lyell basándose en el porcentaje de moluscos y crustáceos modernos encontrados en los registros fósiles de esta época.

Mioceno. Cuarta división del periodo Terciario del Cenozoico, que comenzó hace 23,3 millones de años y finalizó hace 5,2 millones de años.

El conjunto de la composición geológica de Ponce Enríquez está corroborando el potencial mineralógico del mismo.

6.2.2.2. Estratigrafía local.

Las formaciones geológicas que afloran en la zona de estudio de acuerdo al mapa de la Cordillera Occidental entre 3º y 4º grados Sur del cual fue tomado con su respectiva corrección actual, tiene la siguiente secuencia estratigráfica.

- **Depósitos aluviales (Recientes)**

Son depósitos de material aluvial que se encuentran en ambos márgenes de la quebrada La florida, Paraíso, Guanache y Tres de Mayo, formados de arena, grava, limos, arcillas y conglomerados. Durante el levantamiento de campo se observó la presencia de pequeñas terrazas en el margen izquierdo y derecho de las quebradas. En las coordenadas X= 645.120 y Y= 9`558.600 se documentó arrastre de sedimentos y rocas de diferentes dimensiones en el margen derecho de la quebrada Paraíso. En consecuencia los clastos varían de tamaño de 0.20 cm a 1 metro.

- **Depósitos coluviales (Cuaternarios)**

Estos depósitos fueron ubicados en el flanco Sur de la cooperativa Bella Rica, se encuentran constituidos de grava con aristas, arcilla y sedimentos mismos que han sido transportados de las partes altas. Además fueron documentados en el sector Tres de Mayo, Pueblo Nuevo y el Paraíso donde se observa perfiles con potencias de 3-4 metros. Estos depósitos son pequeños, se encuentra cubriendo a las rocas basálticas de la Unidad Pallatanga.

- **Unidad Pallatanga (Cretácico)**

Está Unidad Pallatanga se encuentra aflorando en Bella Rica, está constituido por una franja de flujos volcánicos y piroclastos de composición basáltica a andesítica.



Localmente este tipo de rocas han sido propilitizadas y actinolizadas, su textura es fina de color gris verde oscura. La alteración es del tipo silicato potásico, silicato cálcico sódico y propilitización, que están afectando a toda la superficie del depósito, pero es más intensa en la zona central de fracturación, destacándose superficialmente por la presencia de altos farallones, resistentes a la erosión en Bella Rica debido a la mayor silicificación. La alteración potásica se caracteriza por la existencia de biotita y flogopita, incrementándose a profundidad.

La alteración calco-sódica, tiene la presencia de actinolita, epidota y clorita, asociándose con piritita y pirrotina. La alteración propilitica es ampliamente distribuida y caracterizada por clorita y epidota, acompañada de piritización. Estas rocas fueron observadas y documentadas en la base de los farallones de Bella Rica, cubiertas superficialmente por depósitos coluviales, la mineralización está principalmente alojada en las volcanitas basálticas Pallatanga, donde el principal enjambre de vetas tienen un rumbo N a NW y puntualmente WNW a E- W especialmente cerca de las fallas río Guanache, Tres de Mayo, la Florida y Paraíso.

- **Intrusivos**

Estos cuerpos se encuentran intruyendo a rocas volcánicas y basálticas de la Unidad Pallatanga, litológicamente están constituidos de diorita-granodiorita, posiblemente controlados por la reactivación de las grandes suturas. En el mapa geológico de Bella Rica, al norte del área se indican pequeños cuerpos o diques de microcuarzodiorita, de 20 a 100 m de espesor. (Misión Belga 1996). El pórfido hornblendico, presenta una variación muy amplia se superpone al pórfido feldespático, se encuentra constituido de fenocristales de hornblenda y microfenocristales de plagioclasa, esta fase lleva magnetita, los fenocristales tienen formas euédrales a subédrales, se localiza al norte de la quebrada Guanache y al norte de Bella Rica.

El pórfido feldespático se encuentra formando cuerpos aislados y diques dentro de las volcanitas Pallatanga en el sector de Guanache alto y bajo, las mismas que cortan también al pórfido hornblendico, se encuentra emplazado a lo largo de fracturas y fallas extensionales de dirección WNW. Puntualmente se ubican al Oeste de Bella Rica pequeños diques y constituyen la matriz de varias brechas magmáticas, las cuales presentan una propilitización penetrativa y una silicificación y alteración potásica. La mineralización se encuentra en el contacto de la brecha, mayoritariamente dentro del pórfido.



El pórfido Gaby se encuentra delimitando la zona de influencia del proyecto, originando en la parte superior una aureola externa de vetas y vetillas auríferas de cuarzo- piritita- pirrotina- calcopiritita- oro y abundantes sulfuros respectivamente, los mismos que actualmente continúan explotando las sociedades mineras. Además las brechas existentes al Norte de Bella Rica se encuentran asociadas al pórfido de Papagrande, las mismas que se encuentran delimitando al pórfido hornbléndico y esta ella misma bisecada por un cuerpo intrusivo plagioclástico.

La brecha existente en el sector presenta fragmentos angulares a sub-redondeados, con tamaños de unos pocos centímetros a varias decenas de metros. Los contactos son muy empinados a verticales y bastante bruscos, el contacto entre pórfido y brecha indica que la brecha se superpone al pórfido la misma que tiene geometría de embudo. La brecha intrusiva se encuentra cementada por pórfidos finos, dentro del pórfido hornbléndico al Norte de la falla Guanache

6.2.2.3. Geología local.

El Proyecto de las concesiones Bella Rica y Guanache Tres de Mayo se encuentra al Sur Oeste del Ecuador, al Sur occidente de la Cordillera de los Andes, en la Provincia del Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez, la topografía es montañosa con pendientes abruptas y un descenso gradual hacia la planicie de la Costa, donde se localiza la Parroquia Camilo Ponce Enríquez y cantón con el mismo nombre.

La zona minera es conocida por sus depósitos de Cu – Au – Mo en pórfidos y en vetas, brechas y stockworkepi – mesotermiales desarrollados dentro de rocas de caja volcánica y que están relacionados principalmente con pórfidos.

La geología responde a la descripción litológica de las formaciones Macuchi y Piñon, (GrupoPallatanga), las cuales se puede observar en la zona central de las concesiones se encuentra formada por cuarzodioritas, dioritas y pórfidos presentes en el periodo Cenozoico; alrededor de las concesiones se desarrolla como resultado de esfuerzos transpresivos presentes a partir del periodo Paleoceno/Eoceno, el Grupo Pallatanga, que se conforma por Lavas andesitas basálticas, localmente denominadas como: Andesitas Basálticas de Bella Rica, (Geología del Ecuador, Misión Británica), tobas y volcanoclastos; encontramos también en la zona de Camilo Ponce Enríquez, pero fuera de las concesiones y más aproximadas al nivel del mar, formaciones del periodo Cuaternario con Arcillas, marinos de estuario y al este presenta formaciones del periodo Cretáceo con Lavas, basálticas, tobas y brechas.



➤ **Características Estructurales**

Los principales rasgos estructurales regionalmente están constituidos por la falla Bulubulu al Este y la falla Jambelí- Naranjal al Noroeste, y la falla Jubones al Sur. Puntualmente el distrito minero está formado por fallas transversales Tenguel al Norte, Guanache, los Ratones y Pueblo Nuevo. Al Suroeste la falla Margarita separa los sedimentos turbidíticos (Unidad Yunguilla) de los basaltos Pallatanga. (Dunkley - Gaibor, 1997)

El sector de Bella Rica es un depósito estructural vetiforme, con un eje central de mineralización, intensamente enriquecido en el bloque comprendido entre las fallas del río Guanache y quebrada El Paraíso, la mineralización se extiende al Sur, más allá del río Margarita, hasta incluir las vetas del sector de San Vicente de Brasil.

La zona mineralizada local, esta seccionada por fallas transversales, con expresión morfológica en los drenajes, que dividen a los diferentes sectores de explotación, conocidas con fallas: Guanache, Los Ratones, Pueblo Nuevo, El Paraíso y Río Margarita. Las fallas de rumbo NW-SE y buzamiento al SSW (río Tenguel y Margarita al Sur) delimitan el campo aurífero de Bella Rica.

Estos antecedentes no repercuten en las actividades y justifica la continuación de la operación del proyecto especialmente en la construcción de las relaveras e infraestructuras en vista de que toda la zona donde se localizan las infraestructuras de las Plantas de Beneficio así como las áreas de las piscinas relaveras se encuentran dentro de los bloques de fallas locales, en los bloques descendidos por la falla Guanache de rumbo E- W, en relación con el sector de Gaby al Norte.

➤ **Mineralización**

El área Minera de BELLA RICA forma parte de un depósito, filoneano de grandes dimensiones, principalmente de alta Temperatura.

La forma de la mineralización es la de vetas como rellenos de fracturas abiertas y fallas (fissureveins), generalmente paralelas con una dirección NNW – SSE y una inclinación predominante hacia el Este.

En esta misma dirección, el sistema se extiende sobre 3 Km. de largo dentro de la concesión BELLA RICA, y a partir de allí sobre por lo menos 2 Km. más hacia el Norte.



Su ancho conocido en el área de estudio es mínimo 400 m y de máximo 1300 m. En sentido vertical, la dimensión conocida es de 800 m.

La roca encajante está constituida de lavas de composición intermedia a básica y rocas volcanoclásticas de la formación Macuchi, de edad cretácica. (Grupo Pallatanga).

El sistema de fisuras que constituyó el receptáculo de la mineralización, se originó muy probablemente como fracturas de tensión dirigidas aproximadamente Norte – Sur, causadas por los movimientos horizontales (destrales), de una falla regional dirigida NW – SE: la Falla La López.

Esta misma falla La López, por sus también importantes movimientos verticales, divide actualmente el área en sus dos segmentos estructurales principales, separando el grupo Pallatanga al Noreste, de un basamento de rocas metamórficas más antiguas al suroeste. Conformada por esquistos.

La mineralización y alteración hidrotermal aparecen relacionadas con diques intrusivos subvolcánicos de microcuarzodiorita, de edad aun no precisada, probablemente del Terciario.

Existe también una posible asociación con una estructura circular, de unos 5 Km. de diámetro, la que constituye el rasgo morfológico dominante del área. Esta podría representar la parte profunda de una estructura de colapso volcánico, probablemente relacionado con un pequeño Plutón situado a poca profundidad al Norte o Noreste, fuera del área BELLA RICA, el que correspondería a los diques de microcuarzodiorita, más abundantes en esta dirección.

No se han encontrado, dentro de la zona investigada, rocas volcánicas subaéreas que podrían atestiguar de un hipotético edificio volcánico relacionado con esta estructura. Posiblemente estas rocas pertenecen a la formación Saraguro de edad oligocénica, la cual, actualmente visible en los páramos más al Este, habría desaparecido completamente por la erosión en el área BELLA RICA.



Tabla 17. Pesos Asignados la variable de Pendiente.

Numero	Litología	Peso Asignado
1	Aluvión	5
2	Andesita Basáltica	1
3	Coluvión	5
4	Filitas con Moscovita y/o biotitas	1

Fuente: Realizado por el Autor.

6.2.4. Mapa de pendientes.

A partir del Modelo de Elevación Digital generado a partir de las curvas de nivel del levantamiento topográfico se obtuvo el mapa de pendiente en porcentajes. Las cuales se reclasificaron en cinco categorías en base a la susceptibilidad a deslizamientos propuesta por Martínez y Mercado (1992).

El sector de estudio después del análisis de pendientes presenta mayoritariamente terrenos moderadamente escarpados, son los que predominan en el sector, con 923,22 Ha, que representan el 39,909 %, planos o casi planos con una superficie de 292,98 Ha que representa el 12,663 %, seguido de terrenos inclinados con 495,70 Ha. representando el 21,426 %; por otro lado los terrenos, en segundo lugar tenemos los terrenos escarpados con 504,44 ha, representando el 21,804%, por último están los terrenos muy escarpados, con una superficie de 97,12 Ha, que representa el 4,198 %.

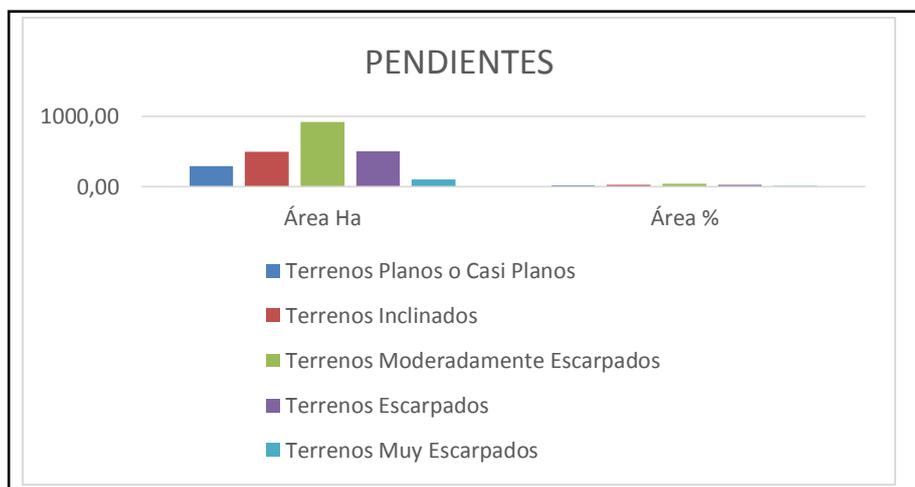


Figura 26. Pendientes.
Fuente: Realizado por el Autor.



Tabla 18. Categorías de Pendientes Modificados.

N°	Categorías	Rango	Área (ha)	Área (%)
1	Planos o casi planos Terrenos	0 – 15 %	292,98	12,663
2	Terrenos inclinados	15 – 30 %	495,70	21,426
3	Terrenos moderadamente escarpados	30 – 50 %	923,32	39,909
4	Terrenos escarpados	50 – 75 %	504,44	21,804
5	Terrenos muy escarpados	> 75 %	97,12	4,198
TOTAL			2313,57	100,000

Fuente: Martínez y Mercado (1992).

Tabla 19. Categorías de Pendientes y Pesos asignados a las variables.

NUMERO	CATEGORIAS	PESOS
1	Terrenos Planos o Casi Planos	1
2	Terrenos Inclinados	2
3	Terrenos Moderadamente Escarpados	3
4	Terrenos Escarpados	4
5	Terrenos Muy Escarpados	5

Fuente: Realizado por el Autor.

6.2.5. Cobertura vegetal y tipos de suelo.

Se realizó la caracterización del tipo y la composición del suelo para conocer las características físico – químicas, procesos de erosión, y génesis así como para evaluar las condiciones actuales del suelo de tal forma que se pueda predecir su adaptabilidad y comportamiento al uso y manejo de las futuras actividades a realizarse en el sector de Bella Rica y Guanache, Tres de Mayo.

El suelo del área del proyecto han sido constituido por varios agentes de denudación como la meteorización, erosión y alteración de las rocas basálticas de la Unidad Pallatanga, los cuales corroboran in-situ el tipo de suelo producido y establecido en el mapa morfo- pedológico de la provincia de El Oro, suelos rojos, arcillosos, profundos



en la parte alta y grises arcillosos en la parte baja, de acuerdo a lo establecido en el Mapa morfo- pedológico (PRONAREG) (Dirección de Regionalización Agraria), quien los clasifica en *Dystropepts + Troporthents y Haplustalfs*.

- **Suelo dystropepts + troporthents** (*Eco-Ambiente Cía. Ltda., 2008*)

Este tipo de suelo es característico de los flancos de la cordillera occidental, se encuentra sobre las rocas volcánicas basálticas, expuestos a lo largo de relieves heterogéneos muy fuertes, además existen abundantes drenajes rectilíneas rocosos, su pendiente aproximado se encuentra entre el 25 a 70%, son suelos profundos caracterizados por la superposición de capas de textura limosa a limo- arcillosa muy fina. En el sector de Bella Rica y Guanache, Tres de Mayo, se extiende sobre este tipo de suelo. Se ha estimado un porcentaje aproximado de un 70%.

- **Suelo haplustalfs**

Son suelos típicos de zonas transicionales, se hallan extensamente desarrollados a lo largo de las depresiones topográficas de los principales drenajes, quebrada Guanache, La Florida y El Paraíso como resultado de la erosión diferencial, son suelos arcillosos rojos que se ubica sobre depósitos coluvio- aluviales, muy profundos mayores a 1m, su composición es arcillo- pedregosos en superficie, tienen la presencia de óxido de hierro y aluminio, su PH generalmente varía de 6 a 7, su textura es arcillosa, tienen una alta capacidad de retención de agua la presencia de raíces hasta los 30 cm.

Tabla 20. Cobertura vegetal.

NUMERO	COBERTURA VEGETAL	COLOR	ÁREA Ha	ÁREA %
1	AREA POBLADA		30,156	1,303
2	BOSQUE NATIVO		767,235	33,158
3	MOSAICO AGROPECUARIO		1418,930	61,322
4	PASTIZAL		95,867	4,143
5	VEGETACION ARBUSTIVA		1,722	0,074
TOTAL			2313,910	100,000

Fuente: Elaborado por el Autor.



Tabla 21. Cobertura vegetal.

NUMERO	Cobertura Vegetal	Peso
1	AREA POBLADA	5
2	BOSQUE NATIVO	2
3	MOSAICO AGROPECUARIO	3
4	PASTIZAL	3
5	VEGETACION ARBUSTIVA	2

Fuente: Elaborado por el Autor.

6.2.6. Geomorfología.

- **Descripción de las unidades geomorfológicas**

- **Relieves**

Las áreas mineras Bella Rica y Guanache Tres de Mayo, se encuentran ubicadas en la parte alta del Cantón Ponce Enríquez, donde la topografía es bastante irregular, la presencia de pequeñas elevaciones alargadas, circulares en el sector establecen rasgos morfológicos estructurales en forma de V, los cuales constituyen la divisoria de aguas entre la cuenca del río Tenguel al Norte y la del río Margarita al Sur. Las áreas mineras forman parte de los flancos de la cordillera de Mollopongo que se ubica al Norte con 1297 y 1000 msnm. Las principales características de estas elevaciones es que son alargadas. Intercalando a estas elevaciones se encuentran flancos que describen pendientes de hasta 40 – 45 %, limitados por estrechos valles de pie de monte al Sur del área de Bella Rica.

El área minera Guanache Tres de Mayo, específicamente en el sector de Guanache se divide en Guanache alto y bajo, se encuentra delimitada por la quebrada Guanache, caracterizada por rasgos morfológicos estructurales, disponen de caudal de agua la mayor parte del año, constituyendo fuentes recolectoras de agua de escurrimiento de la parte alta.

Por su disposición a las otras quebradas, su orientación es transversal con respecto a la cordillera Occidental. El área se encuentra formada por pendientes moderadas en la parte Norte (30%) y pendientes suaves en la parte Baja (15- 20%), esta forma morfológica favorece la explotación y beneficio de minerales metálicos, de igual forma presenta condiciones favorables para el mantenimiento y construcción de obras de infraestructura ya que no presenta peligros de deslizamientos



El sector Tres de Mayo se encuentra dentro de una topografía heterogénea, caracterizada localmente por rasgos morfológicos estructurales, constituyendo fuente de nacimiento de la mayor parte de los drenajes de agua del sector. Por su disposición en la parte alta presenta elevaciones circulares y alargadas, con pendientes de 30%. De acuerdo a estos antecedentes la morfológica favorece la explotación y beneficio de minerales metálicos, de igual forma presenta condiciones favorables para la construcción de obras de infraestructura

A su vez el área minera Bella Rica en la parte alta presenta una morfología irregular, con rasgos estructurales, caracterizada por la presencia de elevaciones alargadas y pendientes suaves a moderadas en la parte nor-oeste y sur. El área minera forma parte de los flancos de la cordillera de Mollopongo que se ubica al norte. Intercalando a estas elevaciones se encuentran flancos que describen pendientes abruptas de más de 30%, limitados por estrechos valles de pie de monte al Sur del área de Bella Rica. De acuerdo a las condiciones morfológicas y climáticas del área en referencia no existen restricciones para la construcción de obras de infraestructura.

- **Valles y depresiones**

En el proyecto minero, las depresiones son moderadamente pronunciadas debido a la meteorización y erosión de rocas basálticas por lo que no se observa deslizamientos importantes en las partes altas y bajas, sin embargo en algunos sectores como La López Bajo, Guanache Bajo y Paraíso existe deslizamientos antiguos, donde el arrastre de sedimentos hacia llanura costanera es evidente, actualmente estas depresiones se encuentran dentro y fuera del proyecto minero; el valle que describe el río Siete fuera del área de influencia es ancho y potente constituido de sedimentos Cretácicos marinos.

Las sociedades mineras que se ubican en el flanco Sur de la concesión Aurífera Bella Rica en el sector de La López, cerca de las quebradas la Florida y Paraíso, se ubican dentro de una zona sensible a la erosión fluvial que ocasionarían las quebradas. La inclinación del sitio donde se localizan se encuentra entre 25 a 30%, la piscina de relaves del río Siete se ubica en un corredor de inclinación 15-20%. Por lo que de acuerdo a la meteorización y climatología existente, no existe ninguna restricción para continuar con los trabajos de explotación y beneficio de minerales metálicos



Tabla 22. Variables de Geomorfología.

Geomorfología	Área Ha	Área %
Conos de deyección y esparcimiento	41,187	1,780
Colinas medianas	6,537	0,283
Laderas coluviales	52,497	2,269
Relieve montañoso	2213,690	95,669
TOTAL	2313,911	100,000

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 23. Pesos Asignados a variable Geomorfología

Geomorfología	Peso
Conos de deyección y esparcimiento	3
Colinas medianas	2
Laderas coluviales	4
Relieve montañoso	4

Fuente: Elaborado por el Autor



Tabla 24. Unidades Morfológicas, Formas de Relieve y Descripción del área de estudio

Unidad Genética de Relieve	Unidad Morfológica	Forma de Relieve	Color	Descripción
Formas Estructurales	Estructuras Monoclinales	Laderas Cóncavas Escarpadas		Forman cimas y terrenos con pendiente de 30-50 %
		Laderas cóncavas suaves		Formas cóncavas de pendiente suave de 0 - 20 %, ocupado para urbanizaciones
		Laderas cóncavas saturadas y dinámicas		Laderas mal drenadas, reptación y deslizamientos Locales
		Laderas planas		Relieves suaves urbanizados poco disectados
		Laderas Convexas		De forma convexa, forma un relieve suave, poco erosionado
		Superficies de Cuesta		Superficies con pendientes inclinadas a moderadamente escarpadas, limitadas por escarpes
	Rellano		Superficies relativamente planas en laderas	
Mesetas Controladas Estructuralmente	Cimas aterrazadas y plano convexas		Relieves planos o ligeramente inclinados	
Formas de Origen Estructural - FluvioErosional	Estructuras Monoclinales	Escarpes		Formas subverticales mayoritariamente denudadas de cimas agudas con drenaje paralelo
	Formas Montañosas y Colinadas	Escarpes		Formas subverticales generalmente denudadas de cimas con drenaje paralelo, deslizamientos locales
	Valles Estrechos	Encañonado		Valles con vertiente muy escarpada y sin fondo de valles
Formas de Origen Fluvial	Valles Estrechos	Valle erosional con o sin fondo aluvial		Valle en V asimétrico con escaso o sin fondo aluvial con vertiente y pendiente fuerte
	Pie de Ladera	Valle coluvio aluvial		Forman el fondo de valles cóncavos y con cursos de agua meándricos y alta pedregosidad
	Cuerpos Agradacionales	Depresión		Cuerpos que forman depresiones donde encierran generalmente agua

Fuente: Realizada por el Autor.



Figura 27. Panorámica del sector de estudio (geomorfología).
Fuente: Fotografía del Autor.

6.2.7. Inventario de deslizamientos.

Se realizó el Inventario de deslizamientos presentes en el área de estudio describiendo los parámetros de cada uno de ellos, los mismos que fueron levantados para ser ubicados en los mapas.

El resultado de esta labor fue de 7 deslizamientos que representan un área total de 12,62 Ha, los cuales se pueden observar en el Mapa de Inventario de Deslizamientos. La caracterización de cada uno de los deslizamientos se puede observar en el Anexo 2.

De manera general tenemos la siguiente Tabla donde se describe las características métricas de cada uno de los deslizamientos encontrados en el área estudiada.



Tabla 25. Inventario de deslizamientos en el área de Estudio.

N.	Sector	X (m)	Y (m)	z (m)	Área (m2)	Área (%)	Perímetro (m)	Ancho (m)	Longitud (m)	Inclinación de la ladera	Dirección del Movimiento
1	San Alfonso - Bella Rica	642870	9659580	516	12702,70	7.355	426,23	108,82	148,57	46°	S 60° E
2	San Jorge - Bella Rica	643986	9659421	784	51660,30	29.914	896,19	219,32	350,5	60°	S 50° E
3	Pueblo Nuevo - Bella Rica	644383	9659244	720	81045,40	46.929	1086,13	254,00	393,95	60°	N 65° O
4	Pueblo de Oro - Bella Rica	644550	9659400	820	19688,90	11.400	541,55	137,54	185,97	55°	S 70° O
5	El Barquito- Guanache	643208	9661368	510	1421,85	0.823	149,40	31,78	53,84	48°	N 62° E
6	Galindo Bajo - Guanache	643400	9661180	655	3040,78	1.760	206,39	57,42	66,54	48°	N 72° E
7	Coronel 1 - Guanache	643450	9661250	605	3135,35	1.815	206,87	65,46	65,32	46°	N 75° E
TOTAL					172695.28	100 %					

Fuente: Realizada por el autor.



6.2.8. Análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

El análisis de susceptibilidad a deslizamientos se efectuó mediante el empleo de operadores y de técnicas de análisis de datos espaciales como los de superficie, superposición, reclasificaciones y suma de mapas.

El análisis de datos fue realizado modelando el mundo real en cuanto a las relaciones espaciales que existían entre las variables de susceptibilidad.

La escala de trabajo fue un aspecto de gran relevancia, todos los datos producidos y los adquiridos, se buscó que dieran el nivel de detalle de una escala 1:10000, lo cual garantizó la homogeneidad en la representación de diferentes características que dieron origen a las entradas producidas para modelar los fenómenos en el SIG. Ya dentro del SIG, estos datos fueron representados a través de la unidad de trabajo adoptada para representar los datos con una estructura RASTER. Esta unidad fue la celda con dimensiones de 1x1m, formato al cual fueron llevadas todas las coberturas que participaron en el análisis final de susceptibilidad.

El mapa de susceptibilidad permite desarrollar una aproximación del grado de ocurrencia de los deslizamientos, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, utiliza el mapa de unidades geomorfológicas, litológicas y las demás variables elaboradas anteriormente, efectuando reclasificaciones en la tabla de datos alfanuméricos, mediante el uso del software ArcGIS.

El proceso comienza especificando y reclasificando los campos de las variables que intervienen en la determinación de las categorías de susceptibilidad, estos son: geomorfología, pendientes, litología (tipos de rocas) y cobertura vegetal; a cada uno de estos campos les corresponde una columna donde se determinarán los pesos relativos previamente establecidos. Los cuales se detallan en las tablas de resultados que se adjuntan en este capítulo.

6.2.8.1. Susceptibilidad.

Se debe entender que la susceptibilidad generalmente expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.



El índice de susceptibilidad a deslizamientos, se expresa a través de la siguiente relación:

$$S = G + L + V + P$$

Dónde:

G = Valor de la variable Geomorfológica

L = Valor de la variable litológica

V = Valor de la variable vegetación

P= Valor de la variable pendiente

S= Susceptibilidad.



Figura 28. Análisis secuencial "ModelBuilder" para la obtención del Mapa Final.



Fuente: Realizado por el Autor en ArcGIS 10,1.
En la Suma Ponderada antes mencionada se utilizan ponderadores para cada variable: Geología 18%, Geomorfología 24%, Pendientes 10%, Cobertura Vegetal 5%, Influencia de ríos y quebradas 14% e Inventario de deslizamientos 10%.

Tabla 26. Suma Ponderada.

Numero	Categorías	Peso	%
1	Geología	0,18	18
2	Geomorfología	0,24	24
3	Pendiente	0,29	29
4	Cobertura vegetal	0,05	5
5	Influencia de Ríos y Quebradas	0,14	14
6	Inventario a Deslizamientos	0,1	10
TOTAL		1	100

Fuente: Realizado por el Autor

El método de la suma ponderada es un método cuantitativo para clasificar y priorizar las opciones que afectan en los deslizamientos.

Los pesos asignados a las variables fueron determinados después de diferentes análisis, y observando el mejor resultado que se asemeje a la realidad, por otro lado el sector de estudio es relativamente escarpado por lo que la variable pendiente tiene mucha influencia; es por ello que tiene el mayor peso, mientras que geomorfología y geología pesos menores.

La suma de los mapas dará como resultado 5 categorías de susceptibilidad a movimientos en masa:

Tabla 27. Categorías de susceptibilidad a deslizamientos.

Clases	Código
Muy Baja Susceptibilidad	1
Baja Susceptibilidad	2
Mediana Susceptibilidad	3
Alta Susceptibilidad	4
Muy Alta Susceptibilidad	5

Fuente: Realizado por el Autor

El cuadro resultante de la suma nos permite encontrar las áreas de cada una de las categorías como se muestra en siguiente tabla.



Tabla 28. Áreas de Susceptibilidad a Deslizamientos.

NUMERO	CATEGORIAS	ÁREA Ha	ÁREA %
1	Muy Baja Susceptibilidad	965,995	41,747
2	Baja Susceptibilidad	642,694	27,775
3	Mediana Susceptibilidad	388,813	16,803
4	Alta Susceptibilidad	237,565	10,267
5	Muy Alta Susceptibilidad	78,842	3,407
TOTAL		2313,910	100,000

Fuente: Realizado por el Autor

En base al este análisis de susceptibilidad a deslizamientos desarrollado en el sector de estudio, el resultado que se obtuvo fue el siguiente, teniendo que cada área tiene sus respectivas características y condiciones de uso.

- ✚ **Muy Baja Susceptibilidad:** Caracterizadas por la estabilidad del terreno para que no se produzcan deslizamientos, siendo las más extensas, poseen pendientes muy bajas. Ocupan 965,995 Ha (41,747 % del total de área de estudio).
- ✚ **Baja Susceptibilidad:** Corresponde a sectores cercanos a las áreas de muy baja susceptibilidad, donde las condiciones del terreno se caracterizan por ser baja la ocurrencia de deslizamientos. Comprende pendientes suaves y suelos relativamente estables, Ocupa el 27,775 % del total del área de estudio con una superficie de 642,694 Ha.
- ✚ **Mediana Susceptibilidad:** Zonas en donde las características del terreno dan lugar a áreas de poca susceptibilidad a deslizamientos. Se encuentra en la mayor parte del área de estudio 388,813 Ha (16,803 % del total del área de estudio).
- ✚ **Alta Susceptibilidad:** Corresponde a zonas en donde las condiciones del terreno hacen que sea posible que se produzcan deslizamientos; en estos sectores existen pendientes considerables, las cuales hacen que se acelere el proceso de los deslizamientos. Esta zona ocupa el 10,267 % del total de área de estudio a los cual corresponde 237,565 Ha.
- ✚ **Muy Alta Susceptibilidad:** Corresponde a zonas críticas, donde las condiciones del terreno y del uso que se le da, han hecho que se convierten en zonas muy inestables, muy propensas a sufrir procesos de deslizamiento. Esta zona ocupa el 3,407 % del total del área de estudio con una superficie de 78,842 Ha.



Tabla 29. Categorización de los Deslizamientos dentro del Área de Estudio.

Número	Categoría	Peso
1	Deslizamientos	5
2	Ausencia de Deslizamientos	1

Fuente: Realizado por el Autor



7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El sector minero "Bella Rica" y las concesiones Bella Rica y Guanache Tres de Mayo se encuentran, al Sur occidente de la Cordillera de los Andes, en la Provincia del Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez, la topografía es montañosa con pendientes abruptas y un descenso gradual hacia la planicie de la Costa, donde se localiza la Parroquia Camilo Ponce Enríquez y cantón con el mismo nombre, está situado en la Unidad Pallatanga del Cretácico Medio temprano (pre - Senoniense), que forma una banda casi continua limitada por fallas a lo largo de las estribaciones occidentales de la Cordillera Occidental.

Para la realización del análisis de susceptibilidad a deslizamiento se ha considerado variables como: geomorfología, geología, cobertura vegetal y pendiente, influencia de los ríos y quebradas en altas precipitaciones; cada una fueron determinadas directamente en el sector y con ayuda de información existente adquirida de entidades gubernamentales del sector.

El Sector de estudio presenta relieves accidentados con pendientes que van de (15° - 60°), lo cual permite que se den procesos de inestabilidad que con la ayuda de otros factores como la saturación del suelo, por las lluvias, especialmente en la estación Invernal, además en los sitios aledaños a la zona de explotación, existen ciertas viviendas particulares que no cuentan con sistema de entubado de aguas negras y son vertidas directamente en las laderas.

En cuanto a la geología, el sector reposa mayoritariamente sobre las formaciones Macuchi y Piñon, (Grupo Pallatanga). La unidad comprende basaltos toleíticos lávicos masivos y almohadillados con intrusiones básicas y cantidades subordinadas de volcanoclásticas, sedimentos pelágicos y rebanadas tectónicas de rocas ultramáficas. La base de esta unidad no está expuesta y, hacia el Este, está cubierta discordantemente por las rocas volcánicas subaéreas, de composición intermedia a silíceo calco - alcalina del Grupo Saraguro (Eoceno Medio tardío o Mioceno Inferior). El espesor de esta unidad ha sido estimado en más de 1 Km al Este de Ponce Enríquez.

El levantamiento Geomorfológico, permitió el reconocimiento de las distintas geoformas que se encuentran en el sector, categorizadas de acuerdo a su génesis y clasificadas según parámetros morfométricos y morfológicos, considerando cada una



de estas como factores que intervienen en los deslizamientos; en el sector de estudio se ha identificado formas de relieve como: laderas cóncava escarpadas, laderas cóncavas suaves, laderas cóncavas saturadas de agua y dinámicas, laderas convexas, superficie de cuesta, rellano, cimas aterrazadas y plano convexas, escarpes, encañonado, valle erosional y depresiones; cabe señalar que para la identificación de las mismas se consideró el desnivel relativo, la dirección de los estratos.

En cuanto a la cobertura vegetal, el sector de estudio presenta en mayor extensión zonas de pastizales que ya no son aprovechados para la producción ganadera, las zonas pobladas, áreas denudadas y vía de suelo desnudo mantiene una superficie aproximada de 30,156 Ha, en cuanto a cultivos tiene una superficie de 1418,93028 Ha en donde se presenta un Mosaico Agropecuario.

Cada una de las variables que se utilizó está fundamentalmente enlazada, con el mapa de pendientes, ya que de esta forma se pudo relacionar la información levantada y dar un criterio más acertado para la asignación de pesos.

Una vez obtenida las variables se procedió a correlacionar la información, elaborando diferentes modelaciones para la obtención del mapa de susceptibilidad que represente las condiciones y características del terreno.

En el mapa de susceptibilidad a deslizamientos elaborado, se determinó que un 39,909 % corresponde a mediana susceptibilidad, esto hace referencia a zonas con proyección rural y cultivos. La susceptibilidad baja abarca un 12,663 %, donde se ubican la mayoría de trabajos mineros de exploración y explotación, por otro lado la susceptibilidad muy alta con el 4,198 % de la superficie total corresponde a zonas dinámicas y saturadas donde actualmente se evidencia deslizamientos locales.

El sector de estudio al igual que el cantón Camilo Ponce Enríquez, se observa un desarrollo minero acelerado, que en muchas veces se expanden a zonas de mayor susceptibilidad a deslizamientos, provocando daños en infraestructura y pérdidas económicas y humanas.

Finalmente existen construcciones y viviendas particulares, ubicadas cerca de la zona de explotación que aportan con aguas grises y negras mismas que no ingresan por descuido de los propietarios al sistema de entubado de aguas negras del sector Bella Rica, estas van a parar en la quebrada La Florida, aportando en la



susceptibilidad a deslizamientos, se debe tener un mayor control con estas viviendas, por parte del Municipio de camilo Ponce Enríquez o la Cooperativa Minera Bella Rica.



8. CONCLUSIONES.

- Este trabajo se orientó principalmente a evaluar la susceptibilidad a deslizamientos correspondiente a la Zona de Explotación en las Áreas Mineras Bella Rica, Cód. 15 y Guanache – Tres de Mayo, Cód. 170, que abarca 700 Ha.
- El levantamiento topográfico comprendió un total de 1433 ha, distribuidas 1350 ha, para el área minera Bella Rica y 83 Ha, para el área Guanache – Tres de Mayo, con cotas que van desde 80 m.s.n.m. a 1129 m.s.n.m, comprendiendo el presente estudio en la zona de explotación.
- El levantamiento geológico permitió definir que el sector de estudio se encuentra mayoritariamente en la formación o Grupo Pallatanga, representada por lavas andesíticas de composición media a básica, denominados localmente como basaltos Bella Rica, que forman la roca encajante de las estructuras mineralizadas explotadas en la zona de Estudio, de edad cretácico Medio temprano, (Dr. Peter Pittfield (BGS), nueva Geología del Ecuador), estas se muestran propilitizadas y silicificadas; cuando esta alteración hidrotermal es menos intensa, la roca se presenta fuertemente meteorizada en superficie. Así mismo en la parte Suroccidental afloran esquistos frescos a meteorizados, que conforman un basamento más antiguo Sitio (La López).
- Sobre la roca andesítica, se asientan coluviales, en toda el área, pero en acumulaciones más importantes sobre y cerca de los sectores mineros, la mayor se presenta en el sitio Tres de Mayo, pasando por el sitio Guanache Alto, hasta el río Guanache, al Norte de Bella Rica, el coluvión se muestra generalmente compuesto de fragmentos angulosos de roca y bloques de hasta 6 m de diámetro, entre los que predominan los de andesitas basálticas, en una matriz arcillosa plástica de color amarillento a café oscuro, derivadas de rocas muy piritizadas de color rojizo, estos coluvios son muy susceptibles a deslizamientos, principalmente cuando se saturan de humedad.
- Dada la heterogeneidad de los materiales y la presencia de deslizamientos recientes en la zona de Bella Rica, es válido el método propuesto por la variedad litológica, y por lo tanto con mayor variedad de movimientos, a fin de evaluar la susceptibilidad para cada tipo de deslizamiento.



- La delimitación del Área de estudio responde a criterios técnicos relativos a razonamientos físico-naturales, tales como cuencas hidrográficas, unidades vegetales, unidades morfológicas, geología, topografía, etc., los cuales son más afines al marco natural de los factores y agentes que definen un escenario de inestabilidad de las pendientes; para este análisis se ha utilizado el método de tipo puntual Heurístico
- Las zonas susceptibles a deslizamientos son: San Alfonso con un 7,355%, Pueblo Nuevo con 46,929%, San Jorge con 29,914%, Pueblo de Oro con 11,400%, El Barquito con 0,823%, Guanache Bajo con 1,760% y Coronel con 1,815%.



9. RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos implican cuestiones que considero importantes de tratar en el futuro. La más inmediata sería el análisis del riesgo asociado a los movimientos de ladera, una vez completada esta etapa preliminar ya que hay elementos de riesgo en el entorno de las áreas de susceptibilidad alta a los movimientos de ladera. . Fundamentalmente en la zona de explotación, sitios donde existe la mayor densidad de Operaciones mineras. Lo que puede ocasionar futuros deslizamientos en corto y mediano plazo,
- Igualmente, la fisiografía de la zona invita a investigar las relaciones entre la inestabilidad y la geomorfología de la región, así como incorporar en el análisis los elementos cuantificadores de la tectónica activa. (Fallas que se activan por la filtración de aguas lluvias). Ya que en el yacimiento minero Bella Rica, existe un conjunto de fallas de rumbo N60°E y buzamientos entre 38° y 46°N, que desplazan a las estructuras mineralizadas hacia el Noreste, por las cuales se producen filtraciones de agua, principalmente en la estación invernal.

Ampliar la Zona de Estudio del Plan General de Riesgos, de la Cooperativa de Producción Minera Aurífera "Bella Rica", que incluya un Estudio Geotécnico – Estructural más amplio, de los sitios de deslizamientos y posibles deslizamientos, para determinar por medio de geofísica, las causas de la activación de los mismos. Necesariamente en la Zona de explotación.

- Se recomienda realizar un monitoreo continuo en los sectores San Alfonso, Pueblo Nuevo, San Jorge, Pueblo de Oro, San Alfonso, El Barquito, Guanache Bajo y Coronel, lugares donde se realiza explotación minera, y zonas susceptibles a deslizamientos, de mayor riesgo, a efecto de alertar a la población y, tomar oportunas medidas correctivas, para evitar que futuros procesos geodinámicas de la superficie, causen accidentes con pérdidas económicas y humanas.
- Se recomienda construir bermas de seguridad y plataformas de estabilidad, en los sitios susceptibles a deslizamiento identificados en este estudio, sectores San Alfonso, Pueblo Nuevo, San Jorge, Pueblo de Oro, San Alfonso, El Barquito, Guanache Bajo y Coronel, para contener y confinar el material, rodado, si llegase a producir un deslave.



- Se debe entubar las aguas negras de viviendas particulares, para que no aporten con humedad a los sitios susceptibles a deslizamientos.
- Implementar una campaña más agresiva de reforestación, sembrando especies nativas como la Figueroa o introducidas como el Pachaco y Maní forrajero, que son especies de raíz larga y rápido crecimiento, para contener taludes y suelos arcillosos, con excelentes resultados, en los sitios Guanache Alto y López Bajo, dentro de las concesiones Guanache – Tres de Mayo y Bella Rica, respectivamente. Utilizando las plántulas del vivero de la cooperativa Minera Bella Rica, ubicado en Camilo Ponce Enríquez.



10. BIBLIOGRAFIA.

- Hungerbühler, (2002). "Estratigrafía Neógeno y geodinámica de los Andes del sur de Ecuador ". Tierra-CienciaComentarios. Pp.1- 50 pp.
- Hungerbühler, D.; Steinmann, M.; Winkler, W.; Seward, D.; Egüez, A.; Peterson, D.; Helg, U; Hammer, C. (2002). Neógeno Estratigrafía y geodinámica de los Andes del sur de Ecuador. Editorial Elsevier. 50 pp.
- Hutchinson (1988). 1988) "Parámetros morfológicos y geotécnicos de deslizamientos de tierra en relación con la geología y la hidrogeología ", en: Recuerdos, 5^a Conferencia Internacional sobre desprendimientos de tierras, Lausanne, Suiza. pp 3–35.
- Hutchinson, 1968; Hutchinson, J. (1968) "Movimiento de masas ", En: Fairbridge, RW (ed), Enciclopedia de la serie científica de la Tierra. Volumen 3 Reinhold. Nueva York. EE.UU. pp.688-695.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2010). Censo de Población y del 2010 de la Republica de Ecuador. Disponible en: <http://www.inec.gob.ec>.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2010). Información meteorológica. Anuarios. Disponible en: <http://www.inamhi.gob.ec>
- Izquierdo, (1991), Estudio Geodinámico de la Cuenca Intramontañosa Cenozoica de Loja (Sur del Ecuador). Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Geología, Minas y Petróleos. Quito-Ecuador.
- Jansseen, R, y van Herwijnen, M. (1994) "Apoyo de decisión multiobjetivo a dirección ambiental. Decisiones definidas de un juego finito de alternativas: discos de demostración e instrucción". Kluwer. Editores Académicos, Dordrecht (Países Bajos). 232 pp. ISBN 0-7923- 1908-7.
- Keefer, D. K., (1984) "Los deslizamientos de tierra causados por los terremotos ". Geol. Soc. Am. Bull. 95. pp 406-421.
- Kennerley, (1974) "Geología de la provincia de Loja, Ecuador sur ". Instituto de Ciencias Geológicas. División de Ultramar. Londres. Reino Unido. Informe no publicado 23. 34 pp.



- Litherland, M., Aspden, J, A. Jemielita, R. A. (1994) "Los Cinturones metamórficas de Ecuador ", British Geological Survey, Ultramar Memoir 11. Inglaterra. 147pp
- Lomtadze V. D. (1977) "Geología aplicada a la ingeniería. Geodinámica aplicada a la ingeniería", Ed. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 560 pp.
- Lucini, P. (1973) "La previsión de posibles deslizamientos de tierra del complejo ArgilleVaricoloriScagliose IGM 174 IV SE Mapa, Saviano di Puglia (Compañía) ". Geol. Appl., 8. pp. 311-316.
- Manual del Usuario. IPI2Win. (2000) Universidad Estatal de Moscú Facultad de Geología Departamento de Geofísica.
- Mendoza, M. J., Domínguez, L., Noriega, I. y Guevara, E., (2002) Monitoreo de laderas con fines de evaluación y alertamiento. Informe Técnico del CENAPRED. México. 78 pp.
- Montiel, K. (2009). Peligro por inestabilidad de laderas en la cuenca hidrográfica del río Castán. Flanco norandino de Venezuela. Tesis Doctoral. Universidad de La Habana. Cuba. 108 pp.
- Pedraza Gilsanz, (1996). "Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones". Madrid – España.
- PNUMA, 2007. "Geo – Loja". Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe la Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional.
- PRODEMINCA, (2000), "Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador", Quito – Ecuador.
- Roa José Gregorio, (17 de enero 2006), "Susceptibilidad a Deslizamientos", ÁGORA -Trujillo. Venezuela
- Sharpe, C. (1938) "Los deslizamientos de tierra y los fenómenos conexos ". Nueva York. Columbia. Univ. Prensa. 136 pp.



- Sierra, R. (Ed.) (1999) "Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental". Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- SIG-Tierras (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica). Disponible en: <http://www.sigtierras.gob.ec/>
- Steinmann, M., (1999) "Evolución tectónica Neógeno y exhumación del sur de los Andes de Ecuador: un enfoque de la estratigrafía y la fisión-pista combinada, Tectonofísica", 21 pp.
- Suárez, (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. pp. 1-30.
- Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José
- Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera
- Terzhagui, K. (1950) "Mecanismos de deslizamientos". Geol. Soc
- Universidad Nacional de Colombia, Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás, Medellín 2000.
- Van Westen, C. (1994) "Aplicación del Sistema de Información Geográfica para la zonificación del peligro de deslizamiento".
- Varnes (1978), "Tipos de movimientos de pendiente y procesos. En: Informe Especial 176: Análisis y Control" (Eds: Schuster, RL y Krizek, RJ). Transporte y Carretera la Junta de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias, Washington DC, 11-33.
- Varnes, (1984). De peligro de deslizamiento Zonificación. Una revisión de los Principios y Práctica. UNESCO, Paris, 63pp.
- Varnes.D. (1958). Los deslizamientos de tierratipos y procesos. En(EckelE. Editor) "Landslideypráctica de la ingeniería". Investigación de CarreterasBoard.SpecialInforme29.WashingtonDC. EE.UU.



11. ANEXOS.



Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio.



Anexo 2. Mapa topográfico.



Anexo 3. Mapa geológico y corte longitudinal del área minera Bella Rica cod. 15.



Anexo 4. Mapa de pendientes.



Anexo 5. Mapa de cobertura vegetal.



Anexo 6. Mapa geomorfológico.



Anexo 7. Mapa hidrológico de la zona de estudio (influencia de ríos y quebradas).



Anexo 8. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos.



Anexo 9. Mapa de inventario de deslizamientos.



Anexo 10. Caracterización de los deslizamientos.

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	1	
COORDENADAS	X: 642870,000	DIRECCIÓN: N 60° E
	Y: 9659580,000	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 46°
FOTO N.-	001	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	516,00 m.s.n.m.	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada ()
FECHA:	12 de Junio del 2015	Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	148,57 m
ANCHO (promedio de la zona):	108,82 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional () Traslacional (X) Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (X) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) () Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) (X)
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada () Masa en forma de flujo (X) No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad () Zonas Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE:	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación (X) Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto () Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible () Muros () Canales (X) Drenes () Otros ()
REGISTO FOTOGRÁFICO	





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	2	
COORDENADAS	X: 643986,000	DIRECCIÓN: S50° E
	Y: 9659421,000	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 60°
FOTO N.-	002	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	784,00 m.s.n.m.	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada ()
FECHA:	12 de Junio del 2015	Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	350,50 m
ANCHO (promedio de la zona):	219,32 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional (X) Traslacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento (X)
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo () Latente (X) Activo (X) Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) () Mediana (200 - 500 m ²) (X) Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho (X) Longitud > ancho () Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada (X) Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (X) Zonas Inundadas () Zonas Húmedas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE:	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras () Residencias (X) Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible () Muros () Canales (X) Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	3	
COORDENADAS	X: 644383,000	DIRECCIÓN: N 65° O
	Y: 9659244,000	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 60°
FOTO N.-	003	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	720,00 m.s.n.m.	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	12 de junio del 2015	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	393,95 m
ANCHO (promedio de la zona):	254,00 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional (X) Traslacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido (X) Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo () Latente () Activo (X) Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada () Masa en forma de flujo (X) No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad () Zonas Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE:	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación (X) Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía (X)
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias (X) Áreas de pasto () Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible () Muros () Canales (X) Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	4	
COORDENADAS	X: 644550,000	DIRECCIÓN: N 70° O
	Y: 9659400,000	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 55°
FOTO N.-	004	FORMA DE LA LADERA: recta (X) Cóncava () Convexa ()
ALTITUD:	820,00 m.s.n.m.	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada ()
FECHA:	12 de junio del 2015	Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	185,97 m
ANCHO (promedio de la zona):	137,54 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional () Traslacional (X) Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento (X)
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) () Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) (X)
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa () Arbustos (X)
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (X)
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta (X) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad () Zonas Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa () arbustos (X) Árboles (X)
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado () Suelo residual (X) Relleno ()
CAUSA PROBABLE:	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía (X)
DAÑO:	No visible () Carreteras () Residencias (X) Áreas de pasto () Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible () Muros () Canales (X) Drenes () Otros ()
REGISTRO FOTOGRÁFICO	





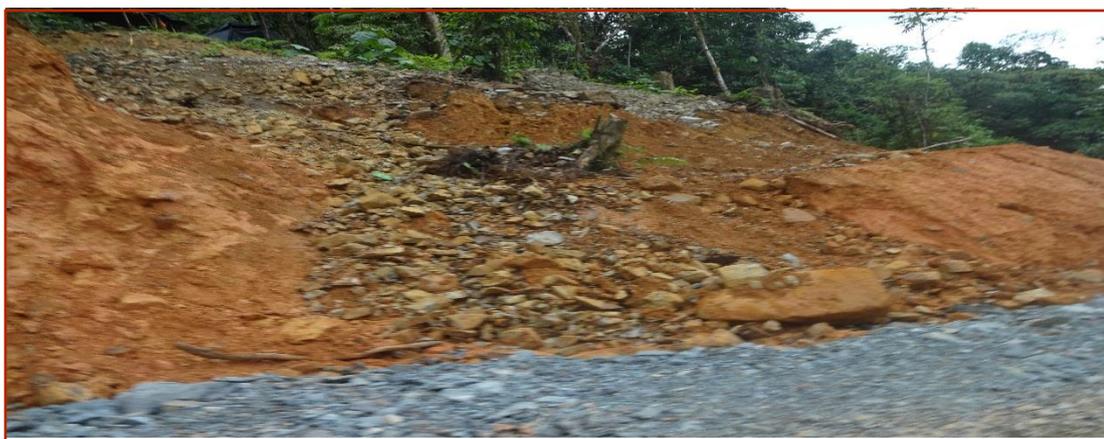
DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	5	
COORDENADAS	X: 643208,000	DIRECCIÓN: N 62° E
	Y: 9661368,000	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 48°
FOTO N.-	005	FORMA DE LA LADERA: recta <input type="checkbox"/> Cóncava <input checked="" type="checkbox"/> Convexa <input type="checkbox"/>
ALTITUD:	510 m.s.n.m.	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles <input type="checkbox"/> No vegetada <input type="checkbox"/>
FECHA:	2 de Abril del 2014	Pastos <input checked="" type="checkbox"/> Cultivos <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Vía Presente <input type="checkbox"/>

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento <input checked="" type="checkbox"/> flujo <input type="checkbox"/> Caídas <input type="checkbox"/> Reptación <input type="checkbox"/> Erosión <input type="checkbox"/>
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	53,84 m
ANCHO (promedio de la zona):	31,68 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada <input type="checkbox"/> Rotacional <input checked="" type="checkbox"/> Traslacional <input type="checkbox"/> Completa <input type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/>
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido <input type="checkbox"/> Evento sencillo y lento <input type="checkbox"/> Evento múltiple y rápido <input type="checkbox"/> Evento múltiple y lento <input checked="" type="checkbox"/>
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Activo <input checked="" type="checkbox"/> Actividad localizada <input type="checkbox"/>
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable <input type="checkbox"/> Escarpe evidente <input checked="" type="checkbox"/> Escarpe vago <input type="checkbox"/>
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable <input type="checkbox"/> Semicircular <input checked="" type="checkbox"/> Elongado <input type="checkbox"/> Alargado <input type="checkbox"/>
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable <input type="checkbox"/> Pequeña (<200 m ²) <input type="checkbox"/> Mediana (200 - 500 m ²) <input type="checkbox"/> Grande (>500 m ²) <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable <input type="checkbox"/> No vegetada <input type="checkbox"/> Vegetación escasa <input checked="" type="checkbox"/> Arbustos <input type="checkbox"/>
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable <input type="checkbox"/> Longitud = ancho <input type="checkbox"/> Longitud > ancho <input checked="" type="checkbox"/> Longitud < ancho <input type="checkbox"/>
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta <input type="checkbox"/> Masa desintegrada <input type="checkbox"/> Masa en forma de flujo <input checked="" type="checkbox"/> No Presente <input type="checkbox"/>
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas <input type="checkbox"/> Zonas de alta Humedad <input type="checkbox"/> Zonas Inundadas <input type="checkbox"/> Zonas Húmedas <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable <input type="checkbox"/> No vegetada <input type="checkbox"/> Vegetación escasa <input type="checkbox"/> arbustos <input checked="" type="checkbox"/> Árboles <input checked="" type="checkbox"/>
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica <input type="checkbox"/> Suelo depositado <input type="checkbox"/> Suelo residual <input checked="" type="checkbox"/> Relleno <input type="checkbox"/>
CAUSA PROBABLE:	Desconocida <input type="checkbox"/> Erosión concentrada <input type="checkbox"/> Deforestación <input type="checkbox"/> Exceso de agua <input checked="" type="checkbox"/> construcciones <input type="checkbox"/> Discontinuidades <input type="checkbox"/>
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido <input type="checkbox"/> Lluvias <input checked="" type="checkbox"/> Construcciones <input type="checkbox"/> Apertura de vía <input type="checkbox"/>
DAÑO:	No visible <input type="checkbox"/> Carreteras <input checked="" type="checkbox"/> Residencias <input type="checkbox"/> Áreas de pasto <input checked="" type="checkbox"/> Residencias <input type="checkbox"/>
ESTABILIZACIÓN:	No Visible <input type="checkbox"/> Muros <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Canales <input checked="" type="checkbox"/> Drenes <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>

REGISTRO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	6	
COORDENADAS	X: 643400,000	DIRECCIÓN: N 72° E
	Y: 9661180,000	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 48°
FOTO N.-	006	FORMA DE LA LADERA: recta <input type="checkbox"/> Cóncava <input checked="" type="checkbox"/> Convexa <input type="checkbox"/>
ALTITUD:	655 m.s.n.m.	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles <input type="checkbox"/> No vegetada <input type="checkbox"/>
FECHA:	12 de junio del 2015	Pastos <input checked="" type="checkbox"/> Cultivos <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Vía Presente <input type="checkbox"/>

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento <input checked="" type="checkbox"/> flujo <input type="checkbox"/> Caídas <input type="checkbox"/> Reptación <input type="checkbox"/> Erosión <input type="checkbox"/>
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	66,54 m
ANCHO (promedio de la zona):	57,42 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada <input type="checkbox"/> Rotacional <input type="checkbox"/> Traslacional <input checked="" type="checkbox"/> Completa <input type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/>
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido <input type="checkbox"/> Evento sencillo y lento <input type="checkbox"/> Evento múltiple y rápido <input type="checkbox"/> Evento múltiple y lento <input checked="" type="checkbox"/>
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Activo <input checked="" type="checkbox"/> Actividad localizada <input type="checkbox"/>
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable <input type="checkbox"/> Escarpe evidente <input checked="" type="checkbox"/> Escarpe vago <input type="checkbox"/>
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable <input type="checkbox"/> Semicircular <input checked="" type="checkbox"/> Elongado <input type="checkbox"/> Alargado <input type="checkbox"/>
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable <input type="checkbox"/> Pequeña (<200 m ²) <input type="checkbox"/> Mediana (200 - 500 m ²) <input type="checkbox"/> Grande (>500 m ²) <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable <input type="checkbox"/> No vegetada <input type="checkbox"/> Vegetación escasa <input checked="" type="checkbox"/> Arbustos <input type="checkbox"/>
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable <input type="checkbox"/> Longitud = ancho <input type="checkbox"/> Longitud > ancho <input checked="" type="checkbox"/> Longitud < ancho <input type="checkbox"/>
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta <input type="checkbox"/> Masa desintegrada <input type="checkbox"/> Masa en forma de flujo <input checked="" type="checkbox"/> No Presente <input type="checkbox"/>
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas <input type="checkbox"/> Zonas de alta Humedad <input checked="" type="checkbox"/> Zonas Inundadas <input type="checkbox"/> Zonas Húmedas <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable <input type="checkbox"/> No vegetada <input type="checkbox"/> Vegetación escasa <input type="checkbox"/> arbustos <input checked="" type="checkbox"/> Árboles <input type="checkbox"/>
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica <input type="checkbox"/> Suelo depositado <input checked="" type="checkbox"/> Suelo residual <input type="checkbox"/> Relleno <input type="checkbox"/>
CAUSA PROBABLE:	Desconocida <input type="checkbox"/> Erosión concentrada <input type="checkbox"/> Deforestación <input type="checkbox"/> Exceso de agua <input checked="" type="checkbox"/> construcciones <input type="checkbox"/> Discontinuidades <input type="checkbox"/>
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido <input type="checkbox"/> Lluvias <input checked="" type="checkbox"/> Construcciones <input type="checkbox"/> Apertura de vía <input checked="" type="checkbox"/>
DAÑO:	No visible <input type="checkbox"/> Carreteras <input checked="" type="checkbox"/> Residencias <input type="checkbox"/> Áreas de pasto <input type="checkbox"/> Residencias <input type="checkbox"/>
ESTABILIZACIÓN:	No Visible <input type="checkbox"/> Muros <input type="checkbox"/> Canales <input checked="" type="checkbox"/> Drenes <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>

REGISTO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	7	
COORDENADAS	X: 643450,000	DIRECCIÓN: N 75° E
	Y: 9661250,000	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 46°
FOTO N.-	006	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	605 m.s.n.m.	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	12 de junio del 2015	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	65,32 m
ANCHO (promedio de la zona):	65,46 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional () Traslacional (X) Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento (X)
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo () Latente () Activo (X) Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) () Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) (X)
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (X)
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada () Masa en forma de flujo (X) No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (X) Zonas Inundadas () Zonas Húmedas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa () arbustos (X) Árboles (X)
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía (X)
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto () Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible () Muros () Canales (X) Drenes () Otros ()

REGISTRO FOTOGRAFICO





Anexo 11. Registro fotográfico.

Levantamiento Topográfico



Estación total Sokkia S3





Levantamiento Geológico



Roca encajante del yacimiento, andesitas Basálticas de Bella Rica





Roca encajante del yacimiento, andesitas Basálticas de Bella Rica



**Afloramiento de roca andesita basáltica
con perforaciones de martillo neumático**



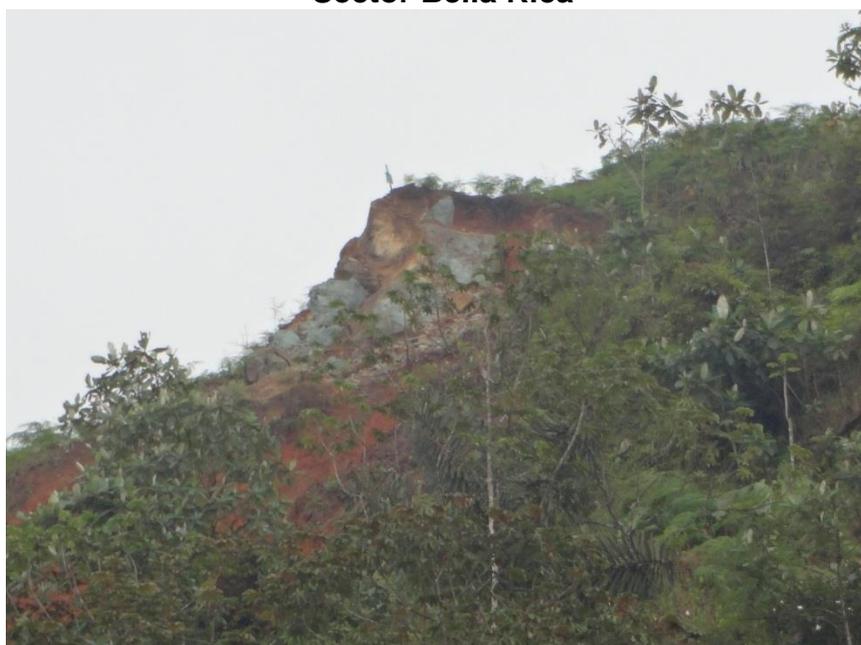


Voladura de bloques fracturados

Voladura de bloques fracturados para evitar deslizamientos



Voladura de bloques fracturados para evitar deslizamientos Sector Bella Rica





Voladura de bloques fracturados para evitar deslizamientos Sector Bella Rica

INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS



San Alfonso – Área minera Bella Rica





Galindo Bajo - Área minera Guanache – Tres de Mayo





Coronel 1 - Área minera Guanache – Tres de Mayo





San Jorge II- Área minera Bella Rica





Pueblo Nuevo – Área minera Bella Rica





Pueblo de Oro – Área minera Bella Rica





El Barquito - Área minera Guanache – Tres de Mayo





Coronel 1 - Área minera Guanache – Tres de Mayo





Vivero de Cooperativa Minera Bella Rica para reforestar zona de explotación



Plantulas de Figueroa.



Taludes reforestados con maní forrajero, sector López Bajo – Bella Rica