

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL

“IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL DESLIZAMIENTO EXISTENTE
EN EL BARRIO SAN FRANCISCO, PARROQUIA MALACATOS DEL CANTON LOJA, PARA EL
DESARROLLO DE MEDIDAS DE PREVISIÓN Y PREVENCIÓN.”

AUTORES:

**MÓNICA VANESSA ROMERO ROBLES
MARCO VINICIO VALLEJO RODRÍGUEZ**

DIRECTOR

ING. JORGE MICHAEL VALAREZO RIOFRÍO

JUNIO DEL 2010

LOJA – ECUADOR

TEMA:

“IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL DESLIZAMIENTO EXISTENTE EN EL BARRIO SAN FRANCISCO, PARROQUIA MALACATOS DEL CANTON LOJA, PARA EL DESARROLLO DE MEDIDAS DE PREVISION Y PREVENCION.”

Ing. JORGE MICHAEL VALAREZO RIOFRIO, Director de la tesis de grado que versa:
**“IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL DESLIZAMIENTO EXISTENTE EN EL
BARRIO SAN FRANCISCO, PARROQUIA MALACATOS DEL CANTON LOJA, PARA EL
DESARROLLO DE MEDIDAS DE PREVISION Y PREVENCION.”**

CERTIFICO:

Que el presente trabajo ha sido realizado bajo mi dirección y asesoría; por lo que, luego de haber revisado los borradores y cumplidas las sugerencias y observaciones necesarias, autorizo su presentación.

.....

ING. JORGE MICHAEL VALAREZO RIOFRÍO.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

La originalidad de la investigación, tratamiento de la información, diseños y rediseños, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones, así como la metodología de la programación contemplada en la presente tesis de grado: **“IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL DESLIZAMIENTO EXISTENTE EN EL BARRIO SAN FRANCISCO, PARROQUIA MALACATOS DEL CANTON LOJA, PARA EL DESARROLLO DE MEDIDAS DE PREVISION Y PREVENCION”**, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

.....

MÓNICA VANESSA ROMERO ROBLES

.....

MARCO VINICIO VALLEJO RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTO

Hacemos ostensible nuestros más sinceros reconocimientos a las autoridades universitarias del área , personal docente y administrativo de nuestra alma mater por haber concedido la oportunidad de hacer posibles los más altos anhelos de superación y tener la posibilidad de servir a la sociedad.

Muy particularmente al Ing. Michael Valarezo en calidad de director de Tesis, el cual ha sabido brindarnos sus conocimientos científicos, para el presente trabajo tenga los resultados positivos propuestos.

A los Ingenieros, Fabián Sotomayor, Danilo Ortega, Jorge Gahona, Carlomagno Chamba, Julio Romero, Hernán Castillo, Cornelio Ocampo por brindarnos su amistad, colaboración y asesoramiento para el desarrollo del presente proyecto.

LOS AUTORES.

DEDICATORIA

Con todo mi corazón a Dios, a mi Abuelito Segundo Vallejo (+) a mi Abuelita Enma Jiménez, a mi papá Marco Vallejo Jiménez a mis hermanos Mercedes, Flor María, Richar, Fabián, Yakeline a mis hermanos pequeños Fernando, Xiomara, Isaac, Dayra, Paula, Anderson, y a toda mi familia por ser el pilar fundamental en mi vida y la razón de mi existir, quienes me han apoyado en todos los aspectos y sobre todo al brindarme fortaleza y virtud de persistencia para alcanzar las metas propuestas. A mis amigos principalmente a Cornelio, Agustín, Estalín, Edwin y con mucho cariño a Gina que me ha ofrecido su apoyo incondicional.

Marco

A Dios manantial de mi existencia, a mi hija Doménica luz de mi vida, al modelo de sabiduría y humildad, mi Abuelita Panchita, a mi madre Carmen ejemplo de fortaleza, a mi tía Margarita que siempre ha estado junto a mi apoyándome en los buenos y malos momentos, a mis hermanos Diego, Lucia, Jeniffer, Alex, a mis amigas, fraternidad y alegría incesante, y finalmente a Santiago amor y pilar fundamental de mi vida.

Mónica

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁG.
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Alcance.....	3
Estrategia.....	4
MARCO TEÓRICO.....	5
Movimientos en Masa	5
Clasificación de los movimientos en masa según su mecanismo de rotura.....	5
Desprendimiento.....	5
Vuelco.....	5
Deslizamiento en si.....	6
Deslizamiento Rotacional.....	6
Deslizamiento traslacional.....	6
Flujo.....	6
Flujos de Lodo	6
Flujo de Tierra.....	7
Flujo Lateral.....	7
Afectaciones Antrópicas	7
Cambios en la topografía y cargas de talud.....	7
Cambios en las condiciones de humedad.....	7
Vibraciones.....	8
Cambios en la cobertura vegetal.....	8
Clasificación de Bieniawski (R.M.R).....	8
Susceptibilidad.....	9
Riesgos.....	10
Medidas de previsión y prevención.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Materiales.....	13
Método.....	14

Metodología.....	14	
Para la topografía.....	14	
Para la geología Local y Puntual.....	16	
Para el desarrollo de la Mecánica de Rocas.....	17	
Para las pendientes.....	17	
Para la elaboración del mapa de susceptibilidad.....	17	
RESULTADOS.....		21
Descripción General del Área de Estudio.....	21	
Ubicación Administrativa.....	21	
Acceso.....	22	
Topografía.....	22	
Pendientes.....	23	
Geomorfología.....	24	
Hidrología.....	25	
Clima.....	26	
Uso del suelo.....	26	
Estructuras e Infraestructuras.....	26	
Caracterización Geológica.....	27	
Geología General.....	27	
Geología local.....	28	
Depósitos Coluviales.....	30	
Depósitos Aluviales.....	30	
Afloramiento 1.....	31	
Afloramiento 2.....	31	
Afloramiento 3.....	32	
Afloramiento 4.....	33	
Afloramiento 5.....	34	
Afloramiento 6.....	34	
Afloramiento 7.....	35	
Afloramiento 8.....	36	
Afloramiento 9.....	37	
Geología Estructural.....	37	
Geología estructural del Sector.....	38	
Mecánica de Rocas.....	40	

Geotecnia.....	46
Análisis del Deslizamiento.....	48
Condiciones antrópicas del sector.....	49
Susceptibilidad.....	51
Análisis de la Susceptibilidad a Deslizamientos.....	55
Análisis de Riesgo.....	60
Medidas de previsión y prevención.....	61
Medidas de previsión.....	61
Medidas de prevención.....	62
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁG.
Cuadro N° 1. Métodos de Prevención (Ventajas y Desventajas).....	11
Cuadro N° 2. Medidas de Control.....	12
Cuadro N° 3. Materiales de Campo y Gabinete.....	13
Cuadro N° 4. Clasificación de Pendientes Según su Ángulo de Inclinación...18	
Cuadro N° 5. Coordenadas y Límites del Barrio San Francisco.....	21
Cuadro N° 6. Clasificación de Pendientes de Acuerdo a Suarez Díaz 2006....	23
 Cuadro N° 7. Coordenadas y Medidas Estructurales D1.....	40
 Cuadro N° 8. Coordenadas y Medidas Estructurales D2.....	40
 Cuadro N° 9. Valoración Cuantitativa RMR, Afloramiento1.....	41
 Cuadro N° 10. Valoración Cuantitativa RMR, Afloramiento1 Arenisca....	42
 Cuadro N° 11. Valoración Cuantitativa RMR, Afloramiento 2.....	43
 Cuadro N° 12. Valoración Cuantitativa RMR, Afloramiento 5.....	44
 Cuadro N° 13. Valoración Cuantitativa RMR, Afloramiento 6.....	45
Cuadro N° 14. Población del Barrio San Francisco.....	50
 Cuadro N° 15. Viviendas Ocupadas.....	50
Cuadro N° 16. Ventajas y Desventajas del método de previsión.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURAS	PÁG.
Figura N° 1. Ubicación Administrativa del Barrio San Francisco.....	21
Figura N° 2 Levantamiento topográfico.....	23
Figura N° 3. Leyenda litológica del Barrio San Francisco.....	30
Figura N° 4. Afloramiento N° 1.....	31
Figura N° 5. Afloramiento N° 2.....	32
Figura N° 6. Afloramiento N° 3.....	33
Figura N° 7. Afloramiento N° 4.....	33
Figura N° 8. Afloramiento N° 5.....	34
Figura N° 9. Afloramiento N° 6.....	35
Figura N° 10. Afloramiento N° 7.....	36
Figura N° 11. Afloramiento N° 8.....	36
Figura N° 12. Afloramiento N° 9.....	37
Figura N° 13 Falla Normal (afloramiento n° 1)	38
Figura N° 14 Capa de Suelo con Vetillas de Cuarzo Presenta una Estratificación Gradual.....	39
Figura N° 15 Capa de Lutita Presenta una Estratificación Cruzada.....	39
Figura N° 16. Corte del talud en la corona del deslizamiento se Evidencia el tipo y la potencia de los suelos.....	53
Figura N° 17. Corte del talud por vía se evidencia el tipo y la potencia de los suelos.....	53

Figura N° 18	Área de muy baja susceptibilidad.....	55
Figura N° 19	Área de baja susceptibilidad.....	56
Figura N° 20	Área de media susceptibilidad.....	57
Figura N° 21	Área de alta susceptibilidad.....	58
Figura N° 22	Cuerpo del deslizamiento.....	59
Figura N° 23	Infraestructuras en peligro.....	59
Figura N° 24.	Retaluzamiento.....	62
Figura N° 25.	Drenaje subterráneo.....	62
Figura N° 26.	Pantalla de drenaje subterráneo.....	63
Figura N° 27.	Especificaciones del muro de gavión.....	64
Figura N° 28.	Gavión tipo caja armado.....	65
Figura N° 29.	Gavión tipo caja armado adyacente a la pantalla de Drenaje subterráneo.....	66
Figura N° 30.	Distribución del drenaje, muro de gavión, pantalla de Drenaje subterráneo en el sector de estudio.....	67
Figura N° 31.	Revegetación.....	

RESUMEN

La presente tesis con el tema “Identificación, Caracterización y Valoración del deslizamiento existente en el Barrio San Francisco, Parroquia Malacatos del cantón Loja, para el desarrollo de medidas de previsión y prevención”, ha sido elaborado a través de un proceso técnico científico apropiado para el estudio del deslizamiento.

Los deslizamientos son peligros geológicos que ocasionan serios daños materiales y pérdida de vidas. Los desastres que originan la ocurrencia de estos eventos pueden minimizarse adoptando medidas de prevención teniendo un buen conocimiento de las características de su evolución y los factores que intervienen en su desarrollo.

Existen numerosos métodos de análisis sobre deslizamientos, en este estudio se presentan los métodos: determinístico y probabilístico.

El primer método obtiene información sobre la geología local y estructural, geomorfología, pendientes, análisis del comportamiento del macizo rocoso a través del método de Bieniawsky, el factor de seguridad utilizando el método de Hoek y Bray.

El segundo es útil para lograr una zonificación de las áreas de mayor susceptibilidad a la ocurrencia de deslizarse mediante una evaluación completa de los factores condicionantes y detonantes todo esto compilado mediante el procesamiento de los datos usando los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los resultados son el reflejo real del estado actual del deslizamiento, producto de una serie de análisis de varios parámetros geológicos y geotécnicos.

ABSTRACT

The town planning development disorganized without technical analysis in the Ecuador specially in Loja, to lead to the beginning of prone areas to slides, take account the physics and mechanics conditions of land and subsoil and the geological dangerous that exist, principally when will live and build the community.

For this reason, is necessary to make a detailed and technical research about slides, in base of information great number such as internal factors and external factors.

This process affects to the houses and another important constructions of the San Francisco village, besides the life of the people.

The present investigation to develop a knowledge in where haven't nothing, the results was very worrying the area is very sensitive. Could disappear the schools and the houses that be near the slide.

To continuation present us a technical base like foundation to pronounce us.

This obtained information, as much in digital form as in similar form will serve as base and starting point for the implementation of a correct Territorial Classification with an eye toward a Sustainable Development of the north sector of the urban area of the canton Gonzanamá, facilitating this way so much the taking of decisions and the appropriate handling of the resources human, as environmental and economic.

The rotational slide that exist in San Francisco, Malacatos, has a variety of types such us the relief, geology, geological structure, dates that includes in the research.

INTRODUCCIÓN.

El desarrollo urbanístico y rural desorganizado sin previo análisis geotécnico, a nivel del Ecuador ha inducido al origen de zonas propensas a movimientos en masa tales como deslizamientos considerando las condiciones físicas y mecánicas del suelo y subsuelo y los peligros geológicos existentes, principalmente cuando se van a construir obras de infraestructura de importancia como el centro educativo, viviendas, ejes viales para una comunidad.

Para el efecto, es necesario contar con una investigación técnica detallada de un movimiento en masa, tomando en cuenta un sinnúmero de factores internos y externos, que pueden ser agrupados en factores condicionantes y desencadenantes. Estos procesos se clasifican en función de su magnitud, grado de actividad, velocidad de movimiento, geomorfología del proceso, materiales involucrados y zonas de afectación.

Desde el punto de vista de vulnerabilidad, se debe indicar que los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan al desarrollo socioeconómico y al ambiente en una sociedad, causando miles de muertes y daños en las propiedades de la población su valor llega a decenas de billones de dólares cada año (Brabb,1989); sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. (Cruden y Varnes 1996) afirman que el 90% de las pérdidas por deslizamientos son previsibles si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control.

Es común que en nuestro país, con las estaciones lluviosas fuertes, se presenten movimientos en masa, capaces de terminar con la vida de comunidades enteras, la falta de organismos de control y estudios a fondo en los lugares más susceptibles a un movimiento en masa, crean ciertas adversidades que ocasionan pérdidas humanas y económicas, tal es el caso de “El Barrio San Francisco, Parroquia Malacatos del Cantón Loja”, en donde existen problemas con la infraestructura de: las viviendas, vía, cancha, escuela y obras civiles en general del sector, las fuertes precipitaciones ayudan a que los procesos geodinámicos tomen fuerza.

El deslizamiento de tipo rotacional existente en el barrio San Francisco de la parroquia Malacatos, posee una variedad de tipologías, los cuales representan una serie de problemas socio-económicos a la comunidad que se ve afectada de manera directa por este tipo de eventos geológicos.

Estos movimientos en masa consideran factores condicionantes tales como: Relieve, Litología, Estructura Geológica, Propiedades Geomecánicas, Meteorización, y Factores desencadenantes en los que encontramos los siguientes: Precipitaciones y aportaciones de aguas, Cargas estáticas, dinámicas, Cambios en la geometría, Acciones climáticas severas, y Factores antropogénicos.

Frente a este panorama, para la consecuente investigación técnica se han planteado los siguientes objetivos para el estudio:

Objetivo General.

Desarrollar la Identificación, Caracterización y Valoración cualitativa y cuantitativa del deslizamiento existente en el Barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos perteneciente al cantón de Loja para el desarrollo de medidas de Previsión y Prevención.

Objetivos Específicos.

Realizar la Identificación del deslizamiento existente en el Barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos perteneciente al Cantón Loja.

Caracterización de los factores condicionantes y desencadenantes del Barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos del Cantón Loja.

Realizar la valoración cualitativa y cuantitativa del deslizamiento existente en el Barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos, Cantón Loja.

Establecer medidas de Previsión y Prevención ante los daños provocados por el deslizamiento existente en el Barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos, Cantón Loja.

ALCANCE.

Para definir los límites necesarios para la obtención de datos técnicos inicialmente se puntualiza según el levantamiento topográfico a detalle que el área de estudio comprende una superficie aproximada de 10 ha, que corresponden al movimiento en masa y, 22.25 ha al área de influencia, ubicadas en el Barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos; donde se identificó un deslizamiento de tipo rotacional de grandes proporciones, el cual ha afectado y está afectando a: la vida humana, actividades económicas (agricultura, ganadería), a la infraestructura (cancha deportiva, casas, escuela, vía), y al paisajismo del sector.

Para determinar la geología del área de estudio se ha utilizado un Mapa Geológico Base disponible a escala 1:50 000 que sirve como referencia para efectuar la Caracterización Geológica a detalle que incluye un análisis geomorfológico.

Esto nos conduce hacia la identificación de los factores condicionantes y desencadenantes que ayudara a realizar una interpretación y valoración cualitativa-cuantitativa en forma cartográfica que establecerá índices de susceptibilidad para crear una base de datos importante para la realización de una serie de mapas temáticos que contendrá la memoria técnica.

Con dicha información se presentara las medidas preventivas precisas y específicas para el deslizamiento en estudio.

ESTRATEGIA.

El presente trabajo está basado en una secuencia de carácter técnico y coordinación de métodos que permiten definir:

La investigación con respaldo de Información bibliográfica, tomada de libros geotécnicos, Internet, Cátedras universitarias de Prevención de Riesgos, Geología Ambiental, Gestión de Riesgos dictadas por docentes universitarios, información necesaria y explicativa contenida en Mapas de la Provincia de Loja, elaboradas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, escala 1:25 0000 y otras entidades.

Información Topográfica automatizada derivada de un arduo trabajo de campo, de la misma forma el análisis Geológico a detalle, Estructura, Caracterización del Macizo Rocosos en donde conocemos las propiedades geomecánicas de la roca, Pendientes, Geomorfología, Cobertura Vegetal, , Uso del suelo, Isoyetas: referida a la obtención de datos en cartas, planos y trabajos de campo.

Digitalización de planos basados en los SIG. De los softwares Arcview 3.2, ArcGis 9.2, AutoCad 2009, donde se sintetizara gráficamente y a escala precisa la información obtenida, mediante una base de datos.

Finalmente se planteara las recomendaciones previsoras y preventivas pertinentes, elaboradas en base al trabajo de campo “in situ” y a conocimientos técnicos que dará lugar al diseño de los mismos.

MARCO TEÓRICO.

Movimientos En Masa.

Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que medie ostensiblemente medio de transporte alguno, siendo tan solo necesario que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras.¹

Clasificación de los Movimientos en Masa en Función de los Mecanismos de Rotura:

Corominas, 1989 estableció el criterio básico que permite separar los distintos tipos de deslizamientos en la mayoría de las clasificaciones son los mecanismos de rotura. Se pueden encontrar cinco mecanismos principales:

Desprendimientos o caídas, Vuelcos, Deslizamientos como término concreto, Expansiones laterales y Flujos.

Desprendimiento llamado también Falls se caracteriza por un descenso a gran velocidad de las rocas o del suelo. La caída de rocas se produce como consecuencia de la rotura, por lo general, en pequeños bloques de vertientes abruptas o de free faces. Esta ruptura está propiciada por grietas y otras debilidades de la roca, que reducen la resistencia de la vertiente, y tiene, normalmente, su origen en un incremento de la presión del agua que se introduce en la roca después de llover o por el proceso de helada-deshielo.

Vuelco conocido como Toppling, son movimientos de rotación hacia el exterior, de una unidad o de un conjunto de bloques, alrededor de un eje pivotante situado por debajo

¹ Gray y Sotir, 1996; TRAGSA Y TRAGSATEC, 1994, la web de la bioingeniería y la restauración ecológica, [en línea], Cali Valle del Cauca, Colombia, [<http://ecoambientes.tripod.com/id9.html>],[consulta del 12 de Enero]

del centro de gravedad de la masa movida. La rotación generalmente es hacia delante y vuelco delantero de columnas o bloques de roca (uno o muchos) separados por las diaclasas o fracturas, con poco espaciamiento entre sí y con planos de inclinación sub-verticales.

Deslizamientos en Si llamado también Slide, se define como una masa de terreno que se mueve por fuerzas gravitatorias. Sharpe, en 1938 definió los deslizamientos como la caída perceptible o movimiento descendente de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas.

Deslizamiento Rotacional llamado también Rotational Slide, Slump es un movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o ambos, a lo largo de una superficie de ruptura en forma circular (que coincide con la de transporte) sobre la cual se mueve una masa. En su fase inicial, existe poca distorsión de los materiales. Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes grandes de material. Y las velocidades de propagación de la masa desplazada pueden ser también muy variables.

Deslizamiento Traslacional conocida también como Translational Slide es un movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de deslizamiento planar. Se originan en zonas que presentan superficies de discontinuidad, de niveles poco competentes; también en bloques tabulares o paquetes de estratos dentro de estructuras conformes de estratificación o esquistosidad; sobre capas poco competentes o niveles de alteración; sobre planos de fallas o sistemas de diaclasas conformes (a favor de la pendiente).

Flujo llamado también flow, son movimientos de una masa desorganizada o mezclada donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas. Son masas de material sin cohesión que fluye como un fluido viscoso al sobrepasar su límite líquido, pueden formarse en cualquier material poco consolidado (inclusive puede llegar a afectar los niveles superiores de roca alterada o intemperizada) y hasta en rocas, especialmente pelíticas y esquistosas más o menos descompuestas. Se pueden desplazar grandes distancias.

Flujos De Lodo conocido como Mud flow, suele involucrar volúmenes variables de material fino con alto contenido de limos y arcillas. Las velocidades de desplazamiento

igualmente pueden ser variables y suelen estar relacionadas con factores como la pendiente de la ladera y la cantidad de agua involucrada en la movilización del material. Suelen involucrar volúmenes de medianos a grandes de hasta 10.000 m³ de material grueso de diferente diámetro que incluye bloques de rocas, derrubios y roca descompuesta.

Flujos De Tierra conocido como earth flow, suelen presentar grandes volúmenes de material terroso con menos de 2 mm de diámetro predominando sobre limos y arcillas, generando formas de lengua o de gran lóbulo. Las velocidades medias del movimiento pueden variar entre: cm – dm / año a cm – m / día (estas pueden no ser homogéneas en toda la colada).

Expansión Lateral llamado también como lateral spread, el movimiento dominante es la extrusión plástica lateral, acomodada por fracturas de cizalla o de tracción que en ocasiones pueden ser de difícil localización.

Afectaciones Antrópicas.

Las afectaciones humanas ocupan un lugar importante dentro de los factores que modifican las condiciones y fuerzas que actúan sobre las laderas. El hombre ha sido un permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes ha sido el de agente desestabilizador. Las principales modificaciones causadas por el hombre y que afectan en forma importante la estabilidad de los taludes son:

Cambios en la topografía y cargas del talud: Descargue del talud por remoción de suelos y rocas por corte, sobrecarga por medio de rellenos, edificios, subsidencia o hundimiento por excavaciones subterráneas (túneles).

Cambios en las condiciones de humedad: Modificación de las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales, zanjas, represas o edificaciones de las condiciones naturales del agua subterránea por medio de pozos de bombeo, concentración de las infiltraciones, infiltración de ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados, aceleración de infiltración por la presencia de depósitos de basura y residuos sobre el talud, negligencia en el drenaje superficial y subterráneo,

cambio general en el régimen de aguas superficiales, construcción de reservorios o presas.

Vibraciones: Vibraciones de máquinas, vías de comunicación, explosivos, efectos de la construcción de obras (especialmente el movimiento de maquinaria).

Cambios en la cobertura vegetal: Cambio de la estructura y condiciones de la capa superficial de suelo por prácticas de agricultura, pastoreo, tala de bosques, modificación del uso del suelo.

Clasificación de Bieniawski (R.M.R)

El sistema de clasificación Rock Mass Rating o sistema RMR fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972- 73, y ha sido modificado en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide sustancialmente la con de 1979. Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los seis parámetros del terreno siguientes:

Resistencia De La Roca.- Tiene una valoración máxima de 15 puntos, y puede utilizarse como criterio el resultado del ensayo de resistencia a compresión simple o bien el ensayo de carga puntual (Point Load).

RQD.- Tiene una valoración máxima de 20 puntos. Se denomina RQD de un cierto tramo de un sondeo a la relación en tanto por ciento entre la suma de las longitudes de los trozos de testigo mayores de 10 cm y la longitud total del sondeo.

Separación entre Discontinuidades.- Tiene una valoración máxima de 20 puntos. El parámetro considerado es la separación en metros entre juntas de la familia principal de diaclasas la de roca.

Estado de las discontinuidades.- Es el parámetro que más influye, con una valoración máxima de 30 puntos. Pueden aplicarse los criterios generales, en la que el estado de las diaclasas se descompone en otros cinco parámetros: persistencia, apertura, rugosidad, relleno y alteración de la junta.

Presencia de agua.- La valoración máxima es de 15 puntos. La ofrece tres posibles criterios de valoración: estado general, caudal cada 10 metros de túnel y relación entre la presión del agua y la tensión principal mayor en la roca.

Orientación de las discontinuidades.- Este parámetro tiene una valoración negativa, y oscila para túneles entre 0 y -12 puntos. En función del buzamiento de la familia de diaclasas y de su rumbo, en relación con el eje del túnel (paralelo o perpendicular), se establece una clasificación de la discontinuidad en cinco tipos: desde muy favorable hasta muy desfavorable

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros enumerados. El valor del RMR oscila entre 0 y 100, y es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca.

Susceptibilidad.

Álvaro Saldano (2009), comenta “está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico”.

Susceptibilidad, representa otro enfoque del mismo problema pero basado en un análisis heurístico (experto e histórico). Esto es, basándonos en una visión retrospectiva de los eventos sucedidos en una región, de ciertas características geomorfológicas, hidrológicas, edafológicas, etc., se realiza una zonificación de aquellas zonas afectadas y se califica su mayor o menor predisposición ante dicho evento.

El método de zonificación de susceptibilidad se basa principalmente en identificar y determinar cuantitativamente el grado de influencia que cada variable geoambiental, o factor intrínseco, tiene en la generación de los fenómenos de remoción en masa. El peso o grado de influencia que cada factor interno del terreno tiene sobre la generación de los deslizamientos se determina calculando la sumatoria de las áreas de cada tipo de movimiento en masa que se encuentre dentro de las aéreas que abarca cada Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP).

Riesgo.

Numero de pérdidas de vidas humanas esperado, personas heridas, daño a propiedades e interrupción de actividades económicas a causa de fenómenos naturales particulares y, por consiguiente, el producto del riesgo específico por el valor de los elementos en riesgo (UNDRO, 1979).

Probabilidad de que durante un tiempo de recurrencia específico la manifestación de un fenómeno exceda, en determinado sitio, una intensidad de referencia que genere un cierto nivel de daño específico (Mora, 1990). De acuerdo con las capacidades económicas y el desarrollo tecnológico de una comunidad, Mora (1990) clasifica los riesgos.

Riesgos evitables son aquellos cuyos orígenes se pueden evitar y sus consecuencias anular por completo mediante obra técnica y económicamente factibles.

Riesgos controlables cuando el fenómeno amenazante puede predecirse, aunque sus consecuencias solo puedan atenuarse o mitigarse, porque la capacidad tecnológica y económica no los puede manejar totalmente.

Riesgos incontrolables son aquellos casos en que la ciencia y la tecnología no están capacitadas para proponer soluciones técnicas y económicamente factibles, y que su capacidad de evaluación aun es incompleta.

Riesgo aceptable corresponde a la diferencia entre la magnitud máxima del riesgo y el riesgo que se decide controlar o que es factible manejar técnica y económicamente. Es aquel que las autoridades responsables deciden aceptar como tolerable en términos de pérdidas económicas y de vidas humanas, de acuerdo con sus responsabilidades y competencias.

Medidas de Previsión y Prevención.

Prevención.- La prevención de los riesgos geológicos consiste en prever o conocer con anticipación la ocurrencia de un fenómeno, en tiempo y lugar (o al menos en lugar), con el fin de evitar el proceso, controlar o frenar dicho proceso y avisar, prepararse o protegerse de él.

El tipo de actuación dependerá de las características del proceso, de su velocidad y magnitud. La prevención debe ser un programa que incluya la participación:

Social: capacitación, concientización.

Político: legislando políticas de gobierno para el estudio y la prevención de un riesgo geológico.

Económico: distribución de recursos para su ubicación, estudio y seguimiento

La prevención tiene un conjunto de métodos que se pueden resumir en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 1. Métodos de Prevención (Ventajas y Desventajas)

MÉTODOS DE PREVENCIÓN		
MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DISUASIÓN CON MEDIDAS COERCITIVAS	Son muy efectivas cuando la comunidad es consciente del riesgo y colabora con el estado o programa.	El manejo de factores socioeconómicos y sociales en si son muy difíciles.
PLANEACIÓN DEL USO DE LA TIERRA	Es una solución ideal para zonas urbanas y fáciles de implementar.	No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo.
CÓDIGOS TÉCNICOS	Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas.	Se requiere una entidad que los haga cumplir.
AVISO Y ALARMA	Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente	Generalmente, se aplican después de ocurrido el desastre

El control, se refiere a métodos tendientes a controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo a personas o estructuras físicas como campamentos, obras de captación, vías y más. Generalmente, consisten en estructuras que retiene la masa en

movimiento. Este tipo de obras se construyen en el pie del deslizamiento para detenerlo después de que se ha iniciado.

Cuadro N° 2. Medidas de Control.

MÉTODOS DE CONTROL.		
MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
BERMAS	Son económicas	Se requiere un espacio grande a mitad de talud.
	Fáciles de construir.	
TRINCHERAS	Son espacios triangulares o trapezoidales de retención, sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias.	Los cantos o rocas grandes sobrepasan estas construcciones.
ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN	Retienen la masa en movimiento.	Son complejas
		Relativamente costosas.
CUBIERTAS DE PROTECCIÓN	Son los métodos más efectivos para reducir los riesgos en carreteras.	Son muy costosas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Materiales.

Cuadro N° 3. Materiales de campo y gabinete.

Campo.	Gabinete.
Estación Total marca TRIMBLE serie 5600DR2 (Equipo completo: aparato, 2 prismas con bastón, trípode, cable y software de descarga).	Computador, Equipos de Impresión. Memorias de Almacenamiento
Computadora Portátil.	Software de AutoCad 2009.
Baterías recargables para GPS.	software "GEODIMETER versión 2.0"
GPS Garmin.	Software de Easy Trace
Altimetro.	Software de ArcGis 9.2
Pintura roja en espray.	Software FORE SIGHT
Crayones	Mapa Topográfico; (Carta Topográfica de Gonzanamá escala 1:50.000.)
GPS Garmin	Mapa Geológico; (Carta Geológica de Gonzanamá escala 1:100.000.)
Chalecos refractivos (4).	Fotografía Aerea. 1998 WGS84.
Clavos de acero	Escalimetro.
Machete.	Graduadores.
Paraguas resistente.	
Tablero (1).	
Libreta de cuadrícula.	
Mapa Topográfico a detalle	
Mapa Geológico Regional	
GPS Diferencial.	
Altimetro.	
Brújula Brunton.	
Martillo Geológico.	
Lupa.	
Rayador.	
Reglas, Graduador, Escuadras.	
Libretas de campo.	
Lápices negros y de color.	
Borrador y sacapuntas	
Cinta métrica.	
Acido HCl (10%) o limón.	
Fundas para muestras.	
Cámara Fotográfica.	

Método.

El método científico investigativo, consiste en el estudio sistemático de la naturaleza que incluye las técnicas de observación y análisis que nos proporcionan las normas para el razonamiento y la predicción, ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados experimentales y teóricos.

Para la Identificación, Valoración y Caracterización del Deslizamiento existente en el Barrio San Francisco de la parroquia Malacatos, se basa en el **método determinístico** que se utiliza para el estudio de la estabilidad de una ladera o talud concreto. Se fundamentan en métodos basados en el equilibrio límite o en modelos numéricos teniendo una base física, lo que es de una gran ventaja respecto a otros métodos. Los datos de entrada son derivados de ensayos de laboratorio y se utilizan para determinar el factor de seguridad de la ladera. Estos métodos muestran un grado de fiabilidad alto en el caso en que los datos utilizados sean correctos. Su principal inconveniente es su baja idoneidad para zonificaciones rápidas y áreas extensas – regionalización- (Van Westen, 1993).

Metodología.

Para la Topografía la mayoría de los planos existentes presentan información de las condiciones generales de terreno, pero su escala no es suficiente para el nivel de detalle requerido en los estudios geológicos de deslizamientos y lo más probable es que los mapas fueron elaborados antes de la ocurrencia del objeto del estudio, los deslizamientos.

Recurso Humano.

Cuadrilla de campo:

Operador De Estación Total.

2 Cadeneros.

Procedimiento en Campo.

En primera instancia se marca 2 puntos en campo visibles entre si a una distancia entre 50 a 80 mts. de separación y en ubicación conveniente para comenzar a trabajar. Utilice clavos de acero y pintura en espray para dejar una marca durable.

Mediante GPS se obtiene las coordenadas corregidas de ambos puntos.

Se centra y se nivela la Estación Total en uno de los puntos con coordenadas conocidas y orientándola con las coordenadas del punto 2.

Se dibuja un esquema del levantamiento en la libreta de campo, marcando cada punto y su número correlativo según se ingresan en la estación total. Luego este croquis se pasa en limpio indicando el lugar y fecha del levantamiento, para luego entregar al supervisor.

Procedimiento de Digitalizador.

Se conecta la memoria de la Estación Total por medio de un cable al computador, descargando los datos por medio del software "GEODIMETER versión 2.0" a la carpeta creada con el nombre del proyecto.

Por medio del programa "FORE SIGHT versión 1.3.1" se procede a generar las respectivas curvas de nivel principales y secundarias.

Este nuevo archivo es exportado por medio de la extensión "DXF AutoCad" al programa AutoCad.

En el programa AutoCad se edita el dibujo por medio de la creación de "CAPAS" que contengan información de la totalidad del levantamiento topográfico.

Para la Geología Local y Puntual se toma de referencia la Geología Regional para identificar la Formación Geológica en la que se trabajara.

Para el procedimiento de campo todo estudio geológico de una zona se fundamenta en datos recolectados inicialmente en el campo, con un trabajo bien específico, Se necesita entonces que los resultados del levantamiento de campo sean bien presentados, y comprensibles para cualquier persona. Esto porque los estudios geológicos no son todo el tiempo hechos por las personas que han trabajado en el campo y tampoco en el mismo tiempo del estudio geológico, pudiendo ser estos mucho más tarde. Hay diferentes técnicas de levantamiento. Lo que depende de algunos factores:

El objetivo del estudio:

Mapa Geológico Local y Puntual.

Mapa Geomorfológico

Mapa Geotécnico.

La escala del levantamiento

El tiempo permitido para la realización del trabajo.

Los recursos disponibles: fotos, otros mapas, etc.

Naturaleza, número y estado de alteración de los afloramientos.

Tipo de terreno, clima y facilidades de acceso.

Método de trabajo preferido por el geólogo frente a sus obligaciones. 2

Inicialmente se busca afloramientos bien definidos y visibles para su respectivo análisis geológico. Se determina con la ayuda del GPS diferencial (Datum Horizontal PSAD 56) las coordenadas (X, Y) y para una mejor precisión la coordenada (Z) será tomada por medio de un alfilerómetro (Datum Vertical). Con la brújula fijaremos el rumbo y buzamiento de las capas geológicas también su potencia, cizallamiento, y % de cobertura vegetal.

Para establecer el tipo de roca se contará con la ayuda del rayador, ácido sulfúrico, lupa y martillo geológico. En el caso de no definir en el campo el tipo de roca esta es colocada

❖ ² (Prof.A. LEES, 1991. Introducción al Levantamiento Geológico. I Introducción. Université Catholique de Louvain .Belgique Agosto. 1 pág.)

en una funda zig-pack con su respectiva numeración para su posterior análisis en el laboratorio. Además se debe llevar un registro fotográfico de cada sitio examinado.

Para el desarrollo de la Mecánica de Rocas, se toma como base el método de Bieniawski, 1989 o RMR, donde se considera la resistencia a la compresión uniaxial de la roca, el índice RQD que es medido en el campo por medio de la fórmula ($RQD = 115 - 3.3J_v$), las familias de las diaclasas con sus respectivas medidas estructurales, el espaciamiento de las diaclasas, el estado de las discontinuidades, estado de humedad, el relleno y el grado de meteorización. Se analiza los datos recolectados se determina la clase de roca y se realiza la respectiva interpolación para la obtención del Mapa de Geotecnia.

Para las Pendientes, se realizó el levantamiento topográfico, se procede a generar el mapa de pendientes, donde se distingue cinco clases de intervalos que sub clasifican el terreno en igual número de partes y permite valorar o asignar pesos diferentes a las distintas áreas.

El método utilizado para esta clasificación es el de “Reclassify” utilizado en el Sistema de Información Geográfico ArcInfo versión 9.2. Se procede a activar la extensión de “3D Analyst” y de “Spatial Analyst”; seguidamente se genera el TIN que modela el terreno en tres dimensiones, una vez obtenida esta modelación del terreno se dirige nuevamente a “Surface” “Derive Slope” y se selecciona la opción de “Same as View” en el recuadro “Output Grid Extent” y se acepta. Creado este nuevo tema activamos en “Analysis” la opción de “Reclassify...” y procedemos a clasificar en cinco clases dicho tema creado; Elaborado este nuevo tema que sub clasifica el terreno en zonas de Muy Baja, Baja, Mediana, Alta y Muy Alta pendiente para convertirlo en un archivo “shape” y poder editarlo desde el SIG.

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad, es importante dibujar previamente un mapa de pendientes adicionalmente, a los mapas geológicos y de uso del suelo. El objetivo es generar una planta topográfica del área a estudiar delimitando las áreas de pendiente diferente en sectores o fajas de valores previamente establecidos.

Cuadro N° 4. Clasificación de pendientes según su ángulo de inclinación.

CLASIFICACIÓN	PENDIENTE (ángulo de inclinación)
Muy baja	0 A 5 % (0 A 8.5 grados)
Baja	15 a 30 % (8.5 a 16.7 grados)
Mediana	30 a 50% (16.7 a 26.6 grados)
Alta	50 a 100% (26.6 a 45 grados)
Muy alta	Mas del 100% (más de 45 grados)

La reclasificación de los datos alfanuméricos permite desarrollar una aproximación del grado de peligrosidad por remociones en masa, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, utiliza el mapa geológico elaborado, efectuando reclasificaciones en la tabla de datos alfanuméricos, mediante el uso del software ArcGis 9.2.

El proceso comienza especificando y reclasificando los campos de las variables que intervienen en la determinación de las categorías de susceptibilidad, estos son: morfometría (pendientes), litología (tipos de rocas) y, uso del suelo y cobertura vegetal (fisionomía de la vegetación); a cada uno de estos campos les corresponde una columna donde se determinarán los pesos relativos previamente establecidos. Se construyó el campo sumatoria donde constan los valores correspondientes a la suma de los pesos de cada una de las variables.

Adicionalmente, se construye el campo rangos, en el que constan los valores de los rangos utilizando el método estadístico de cortes naturales (ArcGis 9.2), que identifica puntos de ruptura o cortes donde hay importantes saltos en los valores, permitiendo clasificar y ordenar los datos desde los más bajos a los más altos.

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

Fórmula 1.

$$\text{Susceptibilidad} = P + L + F + Pr$$

Donde:

P= Valor de la variable pendiente.

L = Valor de la variable litológica.

F = Valor de la variable fisionomía del uso del suelo y vegetación.

Pr = Valor de la variable precipitación.\

Asignación de Pesos Relativos.

Peso relativo 1 se refiere a las condiciones biofísicas menos favorables para que se produzcan las remociones en masa.

Peso relativo 2 a diferencia del caso anterior, las características de las variables consideradas en este estudio van cambiando y con ello, aumentando la susceptibilidad a movimientos en masa.

Peso relativo 3 en este caso, las condiciones que presentan las variables tienden hacia niveles críticos, traduciéndose en condiciones más severas y susceptibles a movimientos en masa.

Peso relativo 4 al 6 en este caso, las condiciones biofísicas se presentan muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy susceptibles a remociones en masa.

La metodología utilizada para determinar el índice de la susceptibilidad a deslizamientos y derrumbes, se basó en la generación y análisis de una matriz de tabulación de doble entrada, en la que, las filas corresponden a las unidades espaciales de análisis y las columnas a las variables utilizadas; en cada casilla se sitúan los pesos relativos de acuerdo al indicador de cada variable, para luego realizar una sumatoria para cada una de las unidades espaciales de análisis.

Definición de rangos de susceptibilidad.

Mediante un proceso estadístico sencillo y con base a la sumatoria de los pesos de cada unidad espacial, se obtuvieron cuatro rangos de susceptibilidad:

Áreas estables.

Áreas poco susceptibles a deslizamientos y derrumbes.

Áreas susceptibles a deslizamientos y derrumbes.

Áreas muy susceptibles a deslizamientos y derrumbes.

RESULTADOS.

Descripción General del Área de Estudio.

El Barrio San Francisco se encuentra localizado en la parroquia Malacatos, Cantón Loja, Provincia Loja, ubicada al Sur - Oeste del Ecuador, con una altura promedio de 1 740 m.s.n.m. En las siguientes coordenadas:

Cuadro N° 5. Coordenadas y Límites del Barrio San Francisco

Altura	1 740 m m.s.n.m.	Longitud	693 526	Latitud	9 536 919
---------------	-----------------------------	-----------------	----------------	----------------	------------------

Norte	Barrio Belén	Sur	Barrio Pedregal	Este	Barrio Calera	Oeste	Barrio Palandita
--------------	--------------	------------	-----------------	-------------	---------------	--------------	------------------

Ubicación Administrativa.

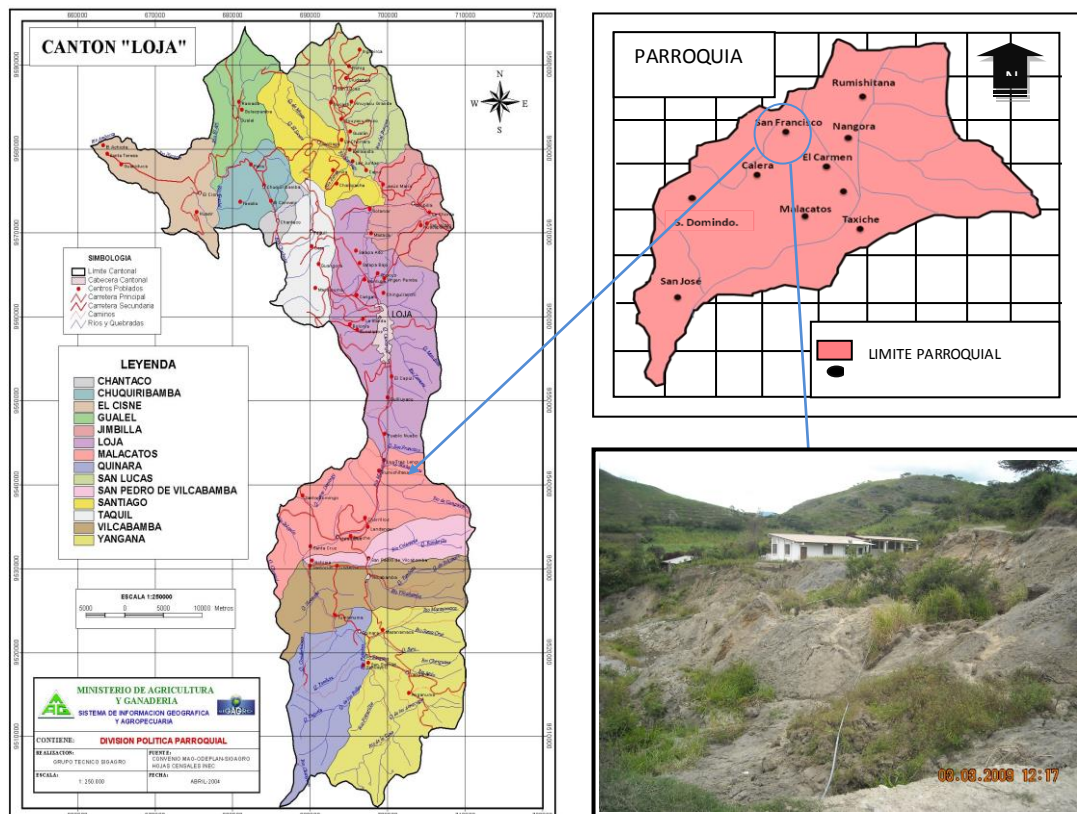


Figura N° 1. Ubicación Administrativa del Barrio San Francisco.

Acceso.

El acceso hacia el sector de estudio se lo puede realizar por vía terrestre desde la Ciudad de Loja, por medio de un carro particular o por las diferentes cooperativas de transporte como la Vilcabamba Turis, Sur Oriente, Yanzatza, Cariamanga, Taxis Ruta 11 de Mayo por la carretera de primer orden que conduce a la Parroquia Malacatos en un tiempo estimado de 30 minutos. Posteriormente desde el centro de la Parroquia Malacatos ya sea en carro particular o contratando una camioneta de la cooperativa 27 de Febrero o San Felipe, se puede trasladar al barrio San Francisco, en un tiempo de 15 a 20 minutos por la vía de segundo orden.

Topografía.

Los mapas topográficos representan una excelente fuente de información para el análisis de deslizamientos la escala y el intervalo de las curvas de nivel facilitan la identificación de los deslizamientos.

Esta identificación se la llevo a cabo de la siguiente manera:

Dentro de sus características topográficas evidentes se tiene pendientes empinadas en el escarpe del deslizamiento, también hay pequeñas elevaciones o montículos dentro de la masa deslizante presencia de masa separada y características de flujo en la parte baja del deslizamiento. El sector de estudio tiene una altitud que varía de 1 696 m.s.n.m. que es la cota más baja a 1 856 m.s.n.m. siendo esta la cota más alta. Véase Mapa N° 1.



Figura N° 2 Levantamiento topografico

Pendientes.

En el área a investigar, de acuerdo a su pendiente de talud la mayor parte del relieve topográfico es colinado arrugado moderadamente escarpado y en menor porcentaje colinado empinado disectado. Con colinas que van de bajas a medias.

La clasificación utilizada es la del autor “Suarez” en su libro Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.

Cuadro N° 6. Clasificación de Pendientes de acuerdo a Suarez Díaz, 2006

CLASIFICACIÓN	PENDIENTE (%)	ÁNGULO DE	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
		INCLINACIÓN (°)		
Muy Baja	0 a 15	0 a 8,5	160,843	48,87
Baja	15 a 30	8,5 a 16,7	120,536	36,62
Mediana	30 a 50	16,7 a 26,6	43,699	13,28
Alta	50 a 100	26,6 a 45	0,4027	1,23
Muy Alta	> a 100	> a 45	0,0000	0,00

Se puede deducir que en el área de estudio existe un 48,87% de pendientes Muy Bajas que corresponden a un área de 16,0843 hectáreas, un 36,62% de pendientes Bajas las cuales ocupan 12,0536 hectáreas; un 13,28% de pendientes Medianas que representan 4,3699 hectáreas; y finalmente un 1,23% que corresponden a pendientes Altas que ocupan un área de 0,4027 hectáreas, cabe resaltar que no existen pendientes Muy Altas superiores al 100%. Véase Mapa N° 4 y 5.

Geomorfología.

La Parroquia Malacatos, está ubicado en la región Sierra; en la Cordillera Occidental de los Andes, en el Flanco Occidental de la Cordillera de Oritusinga, a la vez se presenta formas estructurales afectadas por denudación, es un gran paisaje de Montaña Altas a Moderadas con formas de drenaje muy diverso estas se presentan alrededor del Valle que contribuyen con sus vertientes de agua al afluente principal del Rio Malacatos que cruza por el centro de la Parroquia. Además muestra Colinas Altas a Bajas de forma recta a convexa con cimas agudas exhibe erosión en surcos y susceptibles a movimientos en masa al contacto del agua, existen elevaciones que van de los 300 – 3700 m.s.n.m. En el valle se evidencian terrazas de tipo coluvial y aluvial casi planas en forma de V abiertos, zonas estables pero susceptibles a erosión en zonas cercanas al río.

La geomorfología en la zona de estudio presenta un relieve poco irregular con pendientes moderadas, que varían de muy bajas a muy altas, describe formas del relieve de origen estructural y parámetros morfométricos y morfodinámicos. Dentro del proceso de planificación, esta información es de vital importancia para la posterior interpretación e identificación de áreas susceptibles a deslizamientos.

Geomorfológicamente el área de estudio se encuentra compuesta por 39.49% de laderas inferiores que conciernen a un área de 12,881 hectáreas, un 17.48% de laderas que corresponden a 5.639 hectáreas; un 17.37% que comprenden al deslizamiento de tipo

rotacional que representan 5.601 hectáreas, el 13.46% contemplan las superficies planas con 4.343 hectáreas; el 10.4% coluvial y suelo residual que ocupan 3.357 hectáreas y por último el 1.35% de aluviales que ocupan el 0.436%. Véase Mapa 6.

Hidrología.

En concordancia a la tabla de datos proporcionada por el INAMHI, los cuales fueron recolectados por la Estación situada en Malacatos con el código M-143, se ubica en las siguientes coordenadas: Latitud 9533 892, Longitud: 691965 y Altitud 1 500 m s.n.m.

Según las Medias anuales tomadas desde el año 1969 hasta el año 1998 se concluye que los meses de Enero con una media de 72,40 mm; Febrero con una media de 90,70 mm; Marzo con una media de 123,60 mm y Abril con una media de 91, 60 mm son de abundante lluvia por lo tanto representa un alto peligro para los moradores de ese sector principalmente para la escuela y viviendas que se encuentra en la corona del deslizamiento además de los vehículos que transitan por la vía.

Mientras que los meses de Mayo con una media de 34,60 mm; Octubre con una media 68,80 mm; de Noviembre con una media de 55,00 mm y Diciembre con una media de 66,40 mm, también llueve pero en menor proporción a los meses anteriores, por esta razón merece darle atención a la actividad del deslizamiento en este periodo de tiempo.

Y para terminar los meses restantes que son Junio con una media de 14,00 mm; Julio con una media de 10,30 mm; Agosto con una media de 11,90 mm; Septiembre con una media de 28,60 mm son lógicamente los de escasez de lluvias. Específicamente el área de estudio registran precipitaciones que van de los 850 a 950 mm/año Véase Mapa 7.

Clima.

Con respecto al clima el barrio San Francisco posee un clima de tipo Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo, es el más frecuente en las vertientes de cordillera, en altitudes menores a 3000 - 3 200 m s.n.m. cuenta con dos estaciones muy marcadas registran una pluviosidad anual que va desde 500 a 2000 mm, las temperaturas medias son entre 10 y 20° c y la humedad relativa entre el 5 y el 85%.

El principal factor que afecta las corriente de la quebrada en el barrio, es la inadecuada utilización y falta de mantenimiento del canal de riego que ha sido instalado para uso agropecuario afectando el comportamiento hidrológico tanto en la infiltración, el escurrimiento como en la recarga del agua subterránea.

Uso del Suelo

La importancia radica en el conocimiento de los factores antrópicos que se desarrollan en un determinado espacio, a través de la determinación del tipo del uso del suelo y la infraestructura vial y poblacional.

El área del sector se encuentra ocupado de la siguiente manera: con matorrales que cubren el 33.052% del área total, el 25.91% con cultivos de ciclo corto, mientras el 19.19% de pastizales, el 17.32 % representa el deslizamiento, la carretera un 2.08%, material aluvial el 1.35%, lo que respecta a viviendas y escuela el 0.94%, y el 0.158 que corresponde al canal de riego. Véase Mapa 8.

Estructuras e Infraestructura.

Las principales estructuras presentes son viviendas de tipología tradicional construidas con adobe, bahareque, tapia y ladrillo.

Dentro de las infraestructuras que existen en el sector son un canal de riego construido con fines agropecuarios por PREDESUR, una escuela edificada con hormigón armado, y de finalmente una vía de segundo orden principal fuente de comunicación de los moradores del Barrio San Francisco. La destrucción de viviendas de tapia y ladrillo en el año 2001, una cancha deportiva de uso múltiple construida de hormigón armado en el año 2009.

Caracterización Geológica.

Geología General.

El área de estudio se encuentra asentado bajo la Formación Geológica San Cayetano (Mioceno) la cual descansa concordantemente sobre la Formación Trigal. Está constituida por areniscas estratificadas, limolita, lutita, lutita silícea, lutita calcárea, mantos de carbón, estratos delgados, de conglomerados y capas guijarrosas. Las areniscas están bien estratificadas, de color gris a amarillo y generalmente arcóscicas. Muestran estratificación cruzada. Las lutitas contienen vetas de yeso de más de 10 cm. de espesor y fracturas cubiertas de azufre. Las lutitas blancas silíceas forman escarpes prominentes y contienen capas de diatomitas separadas por capas más suaves de tierra diatomácea. Los mantos de carbón que llegan hasta 2.0 m. de espesor; están clasificadas como sub-bituminosos a lignito. El espesor de la Formación se estima en 700 m.

Los afloramientos se extienden sobre un área considerable en la parte central de la cuenca de Loja, alcanzando en el sur hasta el nudo de Cajanuma con limitadas separaciones visibles en el fondo del valle principal y con muchas rupturas por fallas.

La Formación consiste de capas delgadas de areniscas limonitas, arcillas silíceas, arcillas calcáreas con intercalaciones de carbón estratos masivos de conglomerados y capas guijarrosas. Las areniscas muestran señales de estratificaciones locales entrecruzadas que indican depósitos de partículas detríticas agitadas por agua poco profunda. Las capas de arcillas silíceas blanquecinas forman algunos afloramientos notorios en la parte central del norte de la cuenca. Las bandas duras y laminadas de diatomita (porcelanita) están separadas por capas más suaves de tierra diatomácea.

En intercalación con las arcillas silíceas, hay algunas capas de margas dolomíticas blancas silíceas, las cuales son explotadas y calcinadas para obtener cal. Los análisis de cuatro muestras dieron un contenido de carbonato entre 37% y 78%. Existen 5 estratos de carbón de más o menos 1 m. de espesor inmediatamente al este de Loja, aunque también se encontraron otros con una potencia que va de 0.05 a 2 m. El carbón está clasificado como sub bituminoso o lignito. Las capas de carbón han sido trabajadas en pequeña escala de vez en cuando, pero hay unos horizontes fuertes que imposibilitan trabajar económicamente, el informe de las NÚ (No. 1, 1969) da la descripción

completa de las investigaciones y evaluaciones hechas por las Misiones geológicas Alemana y Francesa.

Algunos estratos de conglomerado afloran en la base de la Formación San Cayetano y forman unas crestas paralelas muy prominentes que han sido fuertemente inclinadas por el plegamiento. El conglomerado de la estructura anticlinal esta justamente al noreste de la ciudad de Loja, y representa probablemente un lente muy espeso de la base de la Formación San Cayetano, la cual no está presente en otra parte. Unas capas de conglomerado con bloques de arenisca y guijarros se encuentran hacia el techo de la Formación y se hacen más abundantes para marcar la base de la Formación Quillollaco, la unidad más joven de la cuenca de Loja. (Véase Mapa 2.)

Geología Local.

El estudio Geológico local efectuado señala que el paisaje del Barrio San Francisco (Véase Mapa 3), corresponde inicialmente a procesos de sedimentación (intemperismo) en su formación geológica ricas en yeso, feldespatos y carbonatos, los cuales han sido transportados y depositados por el agua considerando que la hoya de Malacatos en un momento fue una laguna. En la actualidad se evidencia un nuevo proceso geológico específicamente en la zona de estudio como la meteorización desarrollada bajo diferentes condiciones climáticas, atmosféricas, antrópicas y conjuntamente con la continua presencia de agua en el suelo y sub suelo que marcan los distintos períodos de la evolución del deslizamiento.

La geología de la zona comprende básicamente una roca metamórfica, tipo esquistos micáceo que se encuentra de base o sustrato se evidencio en los cortes de la vía potencias de 1 a 10 m, con rumbo NE y buzamiento SE, sobre la cual ha evolucionado el paisaje y un conjunto de unidades litoestratigráficas (vinculadas con el tipo de sedimentos) y edafoestratigráficas (relacionadas con el tipo de suelos). El esquistos micáceo que aflora contiene biotitas y muscovitas son blandos y se rompen con facilidad por una laminación, o esquistosidad, en placas finas que tienen aspecto de escamas y poseen un alto grado de alteración, pero están alineadas en capas paralelas, además, se posee incrustaciones de cuarzo y feldespato meteorizadas con coloración blanca a gris claro.

La capa adjunta encontrada, de edad geológica más joven está compuesta por lutita de color marrón y amarillenta (presencia de azufre) esta formada por granos de tamaños menores de 0,02 mm. Presenta una potencia de 1.30 m a 4 m, con un rumbo NE y buzamiento SE, se identifica como alterada por erosión hídrica no presenta una textura definida, asimismo no se identifican claramente planos de estratificación.

Además se identifico diaclasamiento rellenos de yeso y cantidades mínimas de azufre, que al tener contacto con el agua infiltrada estas se disuelven y viajan por las grietas reduciendo las propiedades físico mecánicas de las rocas, dejando porosidad e inestabilidad en la roca, siendo una de las causas principales para que se produzca el deslizamiento.

Siguiendo el orden geológico se tiene una capa de arenisca formada por la consolidación de granos individuales, son de grano fino a medio con tamaños granulares bien redondeados y semi angulosos que varían entre 0,02 y 2 mm. Se evidencia una potencia de 0,50 cm a 5 m, con un rumbo NE y buzamiento SW, además existe una presencia mínima de cuarzo, tiene textura dendrítica o plástica muestran un considerado grado de porosidad y permeabilidad son de color gris claro, de textura granular con presencia de feldespatos y carbonatos que de igual forma se disuelven con facilidad al tener contacto con el agua reduciendo las propiedades de las roca e inestabilidad en la misma.

A continuación en la parte superior se encuentra yaciendo una capa de arcillolita compacta con coloración gris oscura, seguida de limolita de grano fino a medio, de color gris claro. Se observaron potencias de 2 m, con un rumbo NE y un buzamiento SW, se muestra con un estado muy alterado con baja vegetación y un alto grado de diaclasamiento. Son plásticas y capaz de ser moldeadas cuando se humedecen con agua sufren el proceso de expansión (aumento de volumen por absorción de agua) y retracción (disminución del volumen por eliminación de agua.)

Cabe destacar que el sustrato, unidades litológicas y edafológicas está constituido por la llamada Formación San Cayetano del Mioceno Medio a Tardío constituida por tres miembros separados por límites transicionales. Dentro de los cuales el Miembro Inferior Arenisca.- Compuesta areniscas de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerados y lutitas. Miembro limolitas.- Este abarca lutitas de color marrón, grises

y blancas, abundantes capas de diatomita y algunos piroclásticos horizontales. Miembro Superior Arenisca.- Compuesta por areniscas de color marrón y lutitas.

Depósitos Coluviales.

Definidos como zonas de acumulación, se manifiestan por dentritos compactados y generalmente se relacionan con zonas de fracturación. Se hallan distribuidos en los límites de la zona de estudio; los materiales corresponden a bloques angulosos en una matriz arcillosa. Tienen su origen en deslizamientos y derrumbes producidos en laderas de pendientes muy escarpadas, cuyos materiales han sido acumulados en las partes bajas.

Depósitos Aluviales.

Estos depósitos están constituidos por sedimentos finos de material arenoso y limoso arcilloso de color rojizo a grises con la presencia de pocos clastos angulosos a lo largo la Quebrada San Francisco. El acuífero es de tipo libre a semiconfinado de origen eminentemente erosional que transporta material aluvial desde las partes altas del sector.

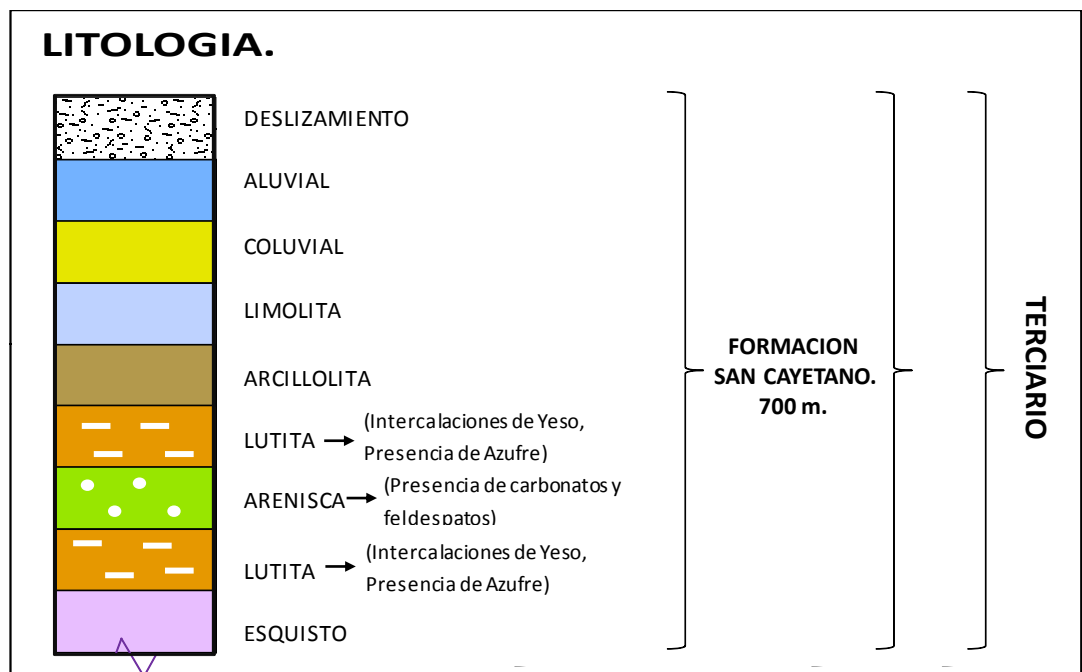


Figura N° 3. Leyenda litológica del Barrio San Francisco.

Afloramiento N° 1.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud , 693 782; latitud, 9 537 322; y altura, 1799 msnm, dicho afloramiento se origina por causas antrópicas, es decir se encuentra en una vía ubicada en la corona del deslizamiento. Está compuesta por roca sedimentaria distribuida de la siguiente forma: **Capa 1:** Lutita intercalada con diferentes coloraciones: blanco, gris, marrón, minerales de sílice, y óxidos de hierro esporádicos, capas de limolitas blancas de 15 cm de potencia; **Capa 2:** Areniscas de grano fino a medio, de color gris claro con las siguientes características estructurales **rumbo capa 1:** N 60° E, **rumbo falla local :** N 40 W; **buzamiento capa 1:** 23° SE, **buzamiento falla local:** 17° SW. Además, tiene una longitud de 15 m y una potencia de 4 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz arenosa arcillosa y de material cementante arcilloso y con granos semi-angulosos.

Finalmente, se presenta en un alto estado de alteración con poca vegetación, y diaclasado.

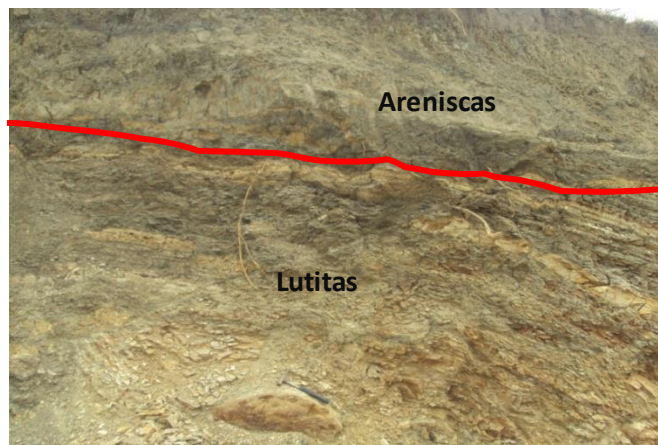


Figura N° 4. Afloramiento N° 1

Afloramiento N° 2.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud , 693 884; latitud, 9 537 432; y altura, 1818 msnm, dicho afloramiento se origina por causas naturales, es decir se sitúa en el área de influencia del deslizamiento está compuesta por roca sedimentaria distribuida de la siguiente forma: **Capa 1** Se presenta una arcilla de color gris oscura de 2 m de espesor, **Capa 2** Lutita con un espesor de 1.30 m , **Capa 3** Arenisca de grano medio de 60 cm de espesor rellenos de yeso y mínimas cantidades de azufre, **Capa 4** Lutitas que presentan diaclasamiento, con las siguientes características estructurales **Rumbo: Capa 4:** N 60° E, **familias de diaclasas : D.1** N 34° E, **D.2** S

72° W; **Buzamiento Capa 4:** 41° SW, **familias de diaclasas D.1** 86° SE, **D.2** 50° NW.

Además, tiene una longitud de 15 m y una potencia de 10 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz areno arcillosa y de material cementante arcilloso y con granos semi-angulosos. Finalmente, se presenta en un alto estado de alteración con vegetación.



Figura N° 5. Afloramiento N° 2

Afloramiento N° 3.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud, 693 679; latitud, 9 537 530; y altura, 1826 msnm, dicho afloramiento se origina por causas antrópicas, es decir se encuentra en una vía ubicada en el área de influencia del deslizamiento, está compuesta por roca metamórfica, presenta esquistos micáceos con biotitas alteradas que van desde biotitas a moscovitas. También existen incrustaciones de cuarzos altamente meteorizados con coloración gris claro a blanca con las siguientes características estructurales. **Capa de esquistos: rumbo** N 10° E, **buzamiento** 25° SE **foliación: Rumbo F.1** N 24° W, **F.2** S 82° E, **Buzamiento F.1** 46° NW **F.2** Inclinación vertical. Sus dimensiones son: longitud de 25 m y una potencia de 10 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz arcillosa y de material cementante arenosa y con granos sub-redondeados. Finalmente, se presenta en un estado de alteración con vegetación, y su estructura secundaria foliada.



Figura N° 6. Afloramiento N° 3

Afloramiento N° 4.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud, 693 586; latitud, 9 537 544; y altura, 1826 msnm, dicho afloramiento se origina por causas antrópicas, es decir se encuentra en un camino de verano ubicado en el área de influencia del deslizamiento, está compuesta por roca metamórfica en donde únicamente sobresalen las vetillas de cuarzo, con las siguientes características estructurales **Rumbo:** N 5° E; **Buzamiento:** 43° SE. Sus dimensiones son: longitud de 5 m y una potencia de 1 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz arenosa arcillosa y de material cementante arenoso y con granos angulosos. Finalmente, se presenta en un alto estado de alteración con vegetación, y no presenta estructuras secundarias visibles



Figura N° 7. Afloramiento N° 4

Afloramiento N° 5.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud , 693 540; latitud, 9 537 470; y altura, 1827 msnm, dicho afloramiento se origina por causas antrópicas, es decir se sitúa una vivienda ubicada en el área de influencia, está compuesta por roca sedimentaria distribuida de la siguiente forma: **Capa 1:** Lutita intercalada con diferentes coloraciones: blanco, gris, marrón, minerales de sílice, de 80 cm de espesor; **Capa 2:** Areniscas y óxidos de manganeso (pirolusita) de 0.50 cm de espesor, **Capa 3:** se identificó nuevamente lutita con un espesor de 30 cm, dichas capas con las siguientes características estructurales **Rumbo: Capa 2:** N 42° E; **Buzamiento: Capa 2:** 31° SE. Además, tiene una longitud de 20 m y una potencia de 1,50 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz arcillosa y de material cementante arenoso y con granos semi-angulosos.

Finalmente, se presenta en un alto estado de alteración con poca vegetación, y diaclasado.

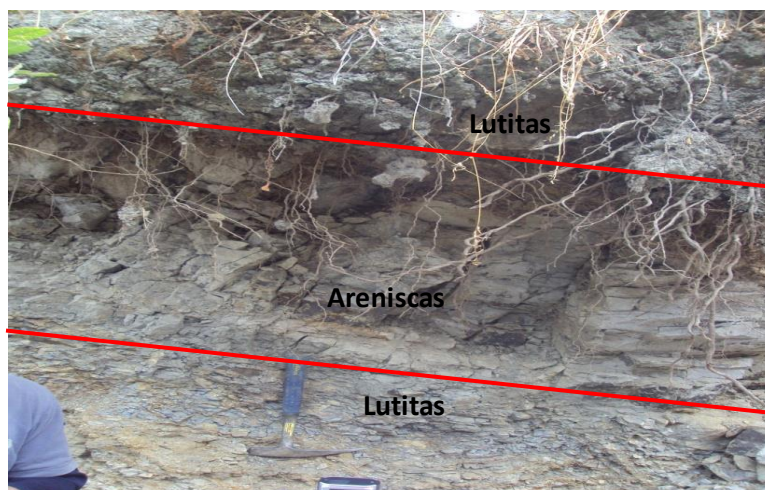


Figura N° 8. Afloramiento N° 5

Afloramiento N° 6.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud, 693 528; latitud, 9 537 300; y altura, 1807 msnm, dicho afloramiento se origina por causas naturales en el área de influencia del deslizamiento, está compuesta por roca sedimentaria distribuida de la

siguiente forma: **Capa 1:** Arenisca de 0.50 cm de espesor; **Capa 2:** Arcillolita de grano fino a medio, de color gris claro con las siguientes características estructurales **Rumbo: capa 1:** N 7° E; **Buzamiento: Capa 1:** 39° SE, **D1 rumbo** N 30° E **buzamiento** 60° SE. Además, tiene una longitud de 5 m y una potencia de 1.5 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz arenosa arcillosa y de material cementante arcilloso y con granos subredondeados.

Finalmente, se presenta en un bajo estado de alteración con vegetación, y presenta diaclasamiento.

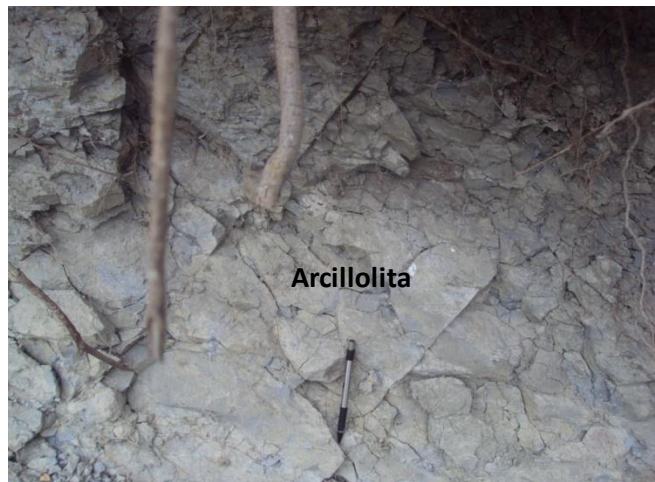


Figura N° 9. Afloramiento N° 6

Afloramiento N° 7.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud , 693 750; latitud, 9 537 115; y altura, 1770 msnm, dicho afloramiento se origina por causa de la actividad del deslizamiento , se sitúa en el cuerpo del deslizamiento, está compuesta por roca sedimentaria: Areniscas de grano fino, de color gris claro con las siguientes características estructurales **Rumbo:** N 70° E ; **Buzamiento:** 32° SW. Sus dimensiones son longitud de 24 m y una potencia de 14 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz arenosa arcillosa y de material cementante arenoso y con granos redondos Finalmente, se presenta en un alto estado de alteración con poca vegetación.



Figura N° 10. Afloramiento N° 7

Afloramiento N° 8.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud, 693 845; latitud, 9 537 037; y altura, 1749 msnm, dicho afloramiento se origina por la actividad deslizamiento se sitúa en el cuerpo del mismo, está compuesta por roca sedimentaria las cuales son Areniscas de grano fino a medio con presencia de carbonatos, de color gris claro con las siguientes características estructurales **Rumbo:** N 75° E, **Buzamiento:** 27° SW. Además, tiene una longitud de 3 m y una potencia de 1.6 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz arenosa arcillosa y de material cementante arcilloso y con granos semi-angulosos. Finalmente, se presenta en un alto estado de alteración sin vegetación.



Figura N° 11. Afloramiento N° 8

Afloramiento N° 9.

Se encuentra ubicado en las coordenadas longitud, 693 728; latitud, 9 537 279; y altura, 1773 msnm, dicho afloramiento se origino por la actividad del deslizamiento, se sitúa en el cuerpo del deslizamiento, está compuesta por roca sedimentaria: **Capa 1:** Arenisca con 2 m de espesor, **Capa 2:** Material residual producto del deslizamiento **Rumbo: Capa 1:** N 35° E; **Buzamiento: Capa 1:** 31° SE. Además, tiene una longitud de 2 m y una potencia de 3.5 m, en cuanto a su composición cuenta con una matriz arenosa arcillosa y de material cementante arcilloso y con granos semi-angulosos. Para terminar, se presenta en un alto estado de alteración con poca vegetación.



Figura N° 12. Afloramiento N° 9

Geología Estructural.

Las fallas prominentes N-S controlan la disposición de la Formación Sacapalca en un graben, y fallas NNW-SSE limitan los depósitos de la Cuenca de Malacatos. En general hay un sistema de bloques fallados por hundimientos al Oeste y se inclinan al este. Los volcánicos y sedimentos en la Cuenca Malacatos generalmente buzanan al Este pero existe un plegamiento moderado a fuerte y el estrato aun está volcado cerca del Barrio Picota de la Parroquia Malacatos que pueden ser fallas inversas altamente inclinadas. El plegamiento implica fuerzas compresionales. La formación San Cayetano con sus capas finas conforma muchos pliegues estrechos exactamente al norte de la Cuenca Malacatos, con una estratificación vertical al fondo del valle.

Geología Estructural del Sector

Fallas.

En el trabajo de campo durante el levantamiento geológico efectuado en el sector de estudio se detectó en las coordenadas Longitud 693 782 Latitud 9 537 322 y Altitud 1799, una falla de tipo normal ubicada a un costado de la vía, además de constituir un claro contacto entre las Lutitas y areniscas, sus medidas estructurales son:

Rumbo = N 40° W; Buzamiento = 17° SW.

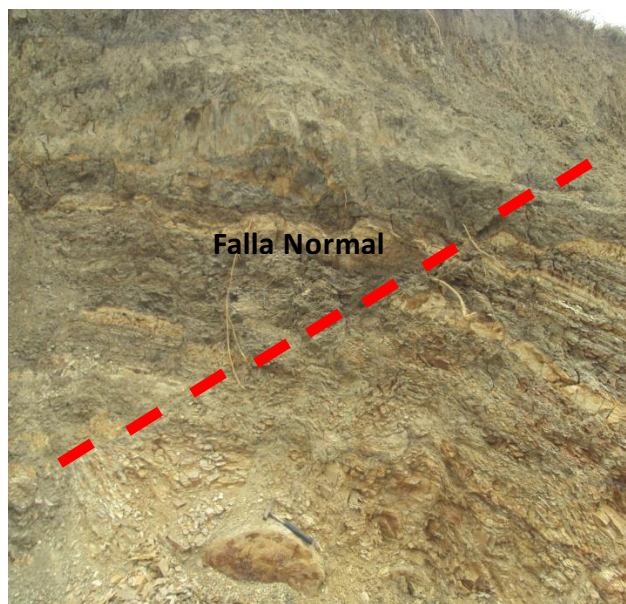


Figura N° 13 Falla Normal (Afloramiento N° 1)

Estratificación.

Es la disposición de los sedimentos en capas o estratos. En el área de investigación se encontró dos formas de estratificación que son las siguientes:

Estratificación graduada se encuentra como una mezcla turbulenta de partículas de diferentes tamaños, formas y densidades donde los granos mayores más pesados y esféricos se han decantado antes que los otros, esta forma de estratificación se presenta en el área de influencia del deslizamiento.



Figura N° 14 Capa de suelo con vetillas de cuarzo presenta una estratificación gradual.

Estratificación cruzada se presenta con láminas inclinadas oblicuamente a los planos de estratificación general, los sedimentos gruesos como la arena y guijarros tienden a cruzarse.



Figura N° 15 Capa de lutita presenta una estratificación cruzada.

Diaclasas.

Son planos divisorios o superficies que dividen las rocas, y a lo largo de los cuales no hubo movimiento visible paralelo al plano o superficie. Aunque la mayoría de las diaclasas son planas, algunas son superficies curvas.

Tanto en el lugar del deslizamiento como en el sector de influencia en algunos afloramientos se encontraron algunas familias de diaclasas las cuales y que con mayor facilidad específicamente del afloramiento N° 2 se tomó medidas se describen a continuación:

Cuadro N° 7. Coordenadas y medidas estructurales D1.

DIACLASA 1	
COORDENADAS	
X	693 884
Y	9 537 432
Z	1818
RUMBO	N 34° E
BUZAMIENTO	86° SE

Cuadro N° 8. Coordenadas y medidas estructurales D2.

DIACLASA 2	
COORDENADAS	
X	693 884
Y	9 537 432
Z	1818
RUMBO	S 72° W
BUZAMIENTO	50° NW.

Mecánica de Rocas.

La mecánica de rocas proporcionan una valoración inicial de las características mecánicas del macizo a bajo coste y de forma sencilla, en este caso fue reemplazando de forma conveniente al análisis de suelos en laboratorio, aunque suponen una excesiva simplificación a la hora de trabajar con macizos rocosos denominados como “blandos”, muy tectonizados o alterados, donde se sobreestiman las propiedades mecánicas y resistentes o eluden la deformabilidad de los mismos, tomando como fundamento técnico lo anteriormente mencionado se utilizo para la caracterización el Método de Bieniawski (1973) denominado RMR (Rock Mass Rating) (Véase Mapa 9.)

Afloramiento 1, Roca: Lutita.

Cuadro N° 9. Valoración cuantitativa RMR, Afloramiento1.

PARÁMETROS		VALORES	
		DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN (índice)
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE		12,5 MPa	2
RQD(%)		< 25 %	3
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS		< 0.06	5
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD	<1 m	6
	ABERTURA	1-5 mm	1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6
	RELLENO	Relleno blando <5mm	2
	ALTERACIÓN	Descompuesta	0
AGUA FREÁTICA		húmeda	7
ESTADO GENERAL			
TOTAL RMR :			32
CLASE			IV MALA

Afloramiento 1, Roca: Arenisca

Cuadro N° 10. Valoración cuantitativa RMR, Afloramiento1 arenisca

PARÁMETROS		VALORES	
		DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN (índice)
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE		50-100 MPa	7
RQD (%)		50-75 %	13
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS		0,2-0.6 m	10
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD	1-3 m	4
	ABERTURA	1-5 mm	1
	RUGOSIDAD	rugosa	5
	RELLENO	Relleno blando <5 mm	2
	ALTERACIÓN	Muy alterada	3
AGUA FREÁTICA		húmeda	7
ESTADO GENERAL			
TOTAL RMR :			52
CLASE			III MEDIA

Afloramiento 2, Roca Lutita.

Cuadro N° 11. Valoración cuantitativa RMR, Afloramiento 2

PARÁMETROS		VALORES	
		DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN (índice)
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE		12,5 MPa	2
RQD (%)		<25 %	3
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS		< 0.06 m	5
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD	< 1 m	6
	ABERTURA	0,1 mm	5
	RUGOSIDAD	Ligeramente rugosa	3
	RELLENO	Relleno duro >5 mm	2
	ALTERACIÓN	Muy alterada	1
AGUA FREÁTICA		Seco	15
ESTADO GENERAL			
TOTAL RMR :			42
CLASE			IV MALA

Afloramiento 5, Roca Lutita.

Cuadro N° 12. Valoración cuantitativa RMR, Afloramiento 5

PARÁMETROS		VALORES	
		DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN (índice)
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE		12,5 MPa	2
RQD(%)		<25 %	3
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS		< 1 m	6
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD	< 1 m	6
	ABERTURA	>5 mm	0
	RUGOSIDAD	Ondulada	1
	RELLENO	Relleno blanda >5 mm	0
	ALTERACIÓN	Ligeramente alterada	5
AGUA FREÁTICA		Seco	15
ESTADO GENERAL			
TOTAL RMR :			37
CLASE			IV MALA

Afloramiento 6, Roca Arenisca.

Cuadro N° 13. Valoración cuantitativa RMR, Afloramiento 6

PARÁMETROS		VALORES	
		DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN (índice)
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE		100-50 MPa	7
RQD(%)		<25 %	3
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS		0,06 – 0,02 m	8
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD	< 1 m	6
	ABERTURA	1-5 mm	1
	RUGOSIDAD	Ligeramente Rugosa	3
	RELLENO	Relleno blanda >5 mm	0
	ALTERACIÓN	Muy alterada	1
AGUA FREÁTICA		Seco	15
ESTADO GENERAL			
TOTAL RMR :			44
CLASE			III MEDIA

Geotecnia

Para calcular el coeficiente de seguridad (F_s) se ha utilizado el método de ábacos de **Hoek y Bray**, se toma en cuenta los siguientes parámetros:

H → altura del talud

Ψ → inclinación del talud

C' → resistencia del suelo

\emptyset → reposo natural

Υ → peso específico

A continuación se presenta los siguientes resultados:

Datos del deslizamiento:

H → 15 m

Ψ → 40°

C' → 0,99 tn/m²

\emptyset → 25°

Υ → 1.6 tn/m³

Paso 1: Determinación de fórmulas

$$R_1 = \frac{C'}{\gamma * H * \tan \varphi}$$

$$x = \frac{C'}{\gamma * H * F_s}$$

$$Y = \frac{\tan \varphi}{F_s}$$

Paso 2 : Determinación de R_1

$$R_1 = \frac{C'}{\gamma * H * \tan \varphi}$$

$$R_1 = \frac{0,99 \text{ tn/m}^2}{1,6 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} * 15\text{m} * \tan 25^\circ}$$

$$R_1 = 0,088$$

Con este dato 0,088 lo ubicamos en el ábaco y se fija valores en X y Y:

$$X = 0,051$$

$$Y = 0,56$$

Paso 3 : Determinación de X

$$x = \frac{C'}{\gamma * H * F_s}$$

$$0,051 = \frac{0,99 \text{ tn/m}^2}{1,6 \text{ tn/m}^3 * 15 \text{ m} * F_s}$$

$$0,051(24) = \frac{0,99 \text{ tn/m}^2}{F_s}$$

$$F_s = \frac{0,99 \text{ tn/m}^2}{1,224}$$

$$F_s = 0,8$$

Paso 4 : Determinación de Y

$$Y = \frac{\tan \varphi}{F_s}$$

$$F_s = \frac{\tan \varphi}{Y}$$

$$F_s = \frac{\tan 25^{\circ}}{0,56}$$

$$F_s = 0,8$$

Análisis del deslizamiento

Clasificación del Deslizamiento Según su Profundidad se denomina de esta manera ya que se definen profundidades superiores a 2 m en el cuerpo del deslizamiento y el respectivo arrastre por la gravedad del basamento geológico además de material residual producto de la erosión de la ladera.

Hipótesis de Rotura.

Luego del correspondiente análisis se define que el deslizamiento del Barrio San Francisco se caracteriza por una rotura circular que es la más común cuando se tiene gran cantidad de material suelto y basamento sólido de roca. Se considera materiales poco competentes con gran alteración por la presencia de agua, están ligadas a fallas rotacionales.

El deslizamiento es de tipo rotacional que involucra flujos de detritos sedimentarios en su mayor parte.

El estado del movimiento es activo, el factor detonante en este caso fue el agua que se infiltró en la parte superior del área inestable; como evidencia de ello se observaron

varios puntos de afloramiento de agua en el centro y en los flancos del deslizamiento. Esta infiltración fue ocasionada por la existencia del canal de riego sin impermeabilizar; pero adicionalmente el agua también pudo provenir de la que se acumula temporalmente en el invierno en ciertas depresiones que se encuentran dentro del mismo deslizamiento, así como de otras que se almacenan en las diferentes parcelas para la actividad agrícola.

De manera que el efecto del agua infiltrada se combinó desfavorablemente con las propiedades físico mecánicas de los materiales sedimentarios y pendientes irregulares de ladera en este caso está entre los 40° y 50°.

Las dimensiones del deslizamiento son de aproximadamente 400 m de largo por 200 de ancho y una profundidad de 5 metros, lo cual determina que el volumen de material desplazado es del orden de los 400 000 m³.

Condiciones Antrópicas del Sector.

El Barrio San Francisco es uno de las 27 barrios rurales de la Parroquia Malacatos, ubicado a 5 kilómetros, del centro de la Parroquia. Su extensión es de 40 kilómetros cuadrados aproximadamente y es uno de los Barrios más productivos de la localidad. Cuenta con 200 habitantes tomando en cuenta a niños mayores de 5 años. Y dentro del área de estudio se cuenta con 66 habitantes.

Cabe recalcar que cuentan con un gran índice de gente que ha emigrado a diferentes países del mundo debido a que sus ingresos económicos no satisfacen su canasta familiar.

El barrio San Francisco por tradición es agricultor y ganadero, la sociedad es altamente conocedora de esta forma de vida. Siendo estas actividades la subsistencia de la comunidad.

En el sector existe una escuela que está ubicada a un costado de la corona del deslizamiento, cuenta con 20 niños los cuales al terminar la primaria deberán viajar diariamente a uno de los 3 colegios que existen en la parroquia Malacatos de igual manera que lo hacen los jóvenes que se encuentran en la secundaria esto también dependerá si no ven más atractivo trabajar y contar con su propio dinero. Cabe destacar

que son pocos los que llegan a realizar sus estudios universitarios debido a los inconvenientes económicos.

En infraestructura tenemos que las viviendas están construidas de tapia, la mayoría; mixtas, como de adobe.; tales construcciones son producto del esfuerzo diario dentro de la agricultura, ganadería y de ingresos provenientes de los migrantes.

Se cuenta con servicios básicos como:

Agua entubada,

Electricidad,

Alumbrado público; disperso.

Educación primaria.

Con respecto a la salud tienen que recurrir al centro de parroquia que cuenta con un sub-centro bien dotado con todos los suplementos médicos o cuando se trata de una emergencia grabe la más cercano es el Hospital de Vilcabamba.

En cuanto a la religión la mayor parte de la población es católica venerando al Señor de caridad patrono de la parroquia Malacatos.

POBLACIÓN:- Barrio San Francisco: mayores A 5 años

Cuadro N° 14. Población del Barrio San Francisco

AREA.	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
SAN FRANCISCO	31	35	66

CENSO POR VIVIENDA

Cuadro N° 15. Viviendas ocupadas

TOTAL DE VIVIENDAS, O CUPADAS CON PERSONAS PROMEDIO DE O CUPANTES POR VIVIENDA Y DENSIDAD POBLACIONAL.							
AREA	TOTAL DE VIVIENDAS	VIVIENDAS PARTICULARES O CUPADAS CON PERSONAS PRESENTES			POBLACIÓN TOTAL	EXTENSIÓN Ha.	DENSIDAD Hab/Ha.
		número	ocupantes	promedio			
SAN FRANCISCO	17	13	66	5%	66	32.25 Ha	2.046

Con respecto a las viviendas particulares ocupadas, según los servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda se definió por medio de encuestas empleadas en el campo; que 12 viviendas consumen agua entubada y una por medio de reservorios, acerca del combustible para cocinar 11 viviendas utilizan gas domestico y leña mientras que 2 viviendas utilizan solo leña o carbón. La eliminación de las aguas servidas en su totalidad la realizan por medio de pozos sépticos de igual forma todos poseen luz eléctrica, lo que corresponde al servicio telefónico domiciliario ninguno posee pero la mayoría cuentan con un teléfono celular porta o movistar. Cabe mencionar que todas las viviendas son habitadas por sus respectivos dueños, de igual forma que son 4 las viviendas deshabitadas 2 por la razón que no facilitan las condiciones apropiadas para vivir y 2 por la acción de viajar a otros países en mejoras para su vida.

Susceptibilidad

La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

El mapa de susceptibilidad es un mapa en el cual se zonifica las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multivariable entre los factores que pueden producir deslizamientos.

Los Factores Condicionantes y Desencadenantes son los elementos naturales o artificiales que, en relación al deslizamiento, pueden provocar una activación total o parcial. Cada uno de estos factores se relacionan entre si y deben ser estudiados en su conjunto para una correcta interpretación. Para el presente proyecto se han definido los siguientes factores:

El Clima puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua. El factor es la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo, a este se suma el hecho de la formación de corrientes de agua por la superficie (escorrentía superficial), lo que favorece a los procesos de erosión.

En el sector, las altas precipitaciones en combinación con el tipo de suelo, han fomentado la formación y aceleración de los deslizamientos.

Un ejemplo típico en el sector es que las precipitaciones sumadas a los suelos arcillosos aumentan su peso (saturados por la cantidad de agua recibida), y unido con el grado de pendiente existente, y por acción de la gravedad se desliza.

La Precipitación es un factor que se lo determina en las interpretaciones del clima del sector. Es muy importante en el desarrollo de los procesos que modifican el paisaje toda vez que su acción es múltiple, ya que actúa como agente meteorizante y destructor del suelo y como mecanismo de disparo.

De acuerdo a datos climáticos, se desprende que las lluvias en la parroquia Malacatos, se incrementan desde los sectores noroccidentales con precipitaciones de alrededor 750 mm., hasta los 1000 mm. (Promedios anuales), en las partes surorientales.

La estación de Malacatos, registra que los meses más lluviosos corresponden a Enero con una media de 72,40 mm; Febrero con una media de 90,70 mm; Marzo con una media de 123,60 mm y Abril con una media de 91, 60 mm son de abundante lluvia. A mayor cantidad y prolongadas lluvias, mayor susceptibilidad a movimientos en masa.

Los Suelos con su textura y profundidad están directamente relacionados con la generación de deslizamientos superficiales. Las variables de permeabilidad, rigidez y dureza, son los elementos que permitirán o no el desencadenamiento de otros factores en un deslizamiento.

De acuerdo a la información recolectada en el campo se tiene los siguientes datos:

En rocas sedimentarias los suelos tienen una potencia variable alcanzando espesores desde 10 cm hasta 0,40 cm como se observa en los taludes de algunos tramos de la vía, mientras que los que afloran alrededor de los escarpes del deslizamiento van desde 0,20 m hasta 80 cm. Generalmente estos suelos son de color blanco, marrón, gris de tonalidad clara y oscura y de textura arcillosa a arcillo-limoso.



Figura N° 16. Corte del talud por vía se evidencia el tipo y la potencia de los suelos .

En rocas metamórficas la potencia de los suelos está entre 1 m a 5 m, son de textura arenosos a areno-limoso y sus colores varían desde blanco amarillentos que se tornan gris claro gradualmente hacia la superficie.



Figura N° 17. Corte del talud por vía se evidencia el tipo y la potencia de los suelos .

La Pendiente es un factor que está ligado con el tipo de relieve y se refiere al grado de inclinación que presentan las laderas de los relieves, expresado en porcentaje; así, los materiales que se encuentren en pendientes mayores a 30 %, serán las más susceptibles

a movimientos en masa, mientras que los que se hallen en laderas poco inclinadas (pendientes menores al 15 %), serán menos susceptibles.

La Litología en el área de estudio se presentan muchos contrastes litológicos se encontró esquistos micáceos, arcillolita, areniscas, lutita, limolita, y coluvial es importante en el análisis tomar en cuenta y por separado la zona de agotamiento del deslizamiento y las zona de acumulación. Las condiciones físicas en la zona de agotamiento controlan las distribuciones de los movimientos en masa.

La susceptibilidad de los diferentes espacios en el área, en gran medida están íntimamente relacionados con las rocas aflorantes (metamórficas y sedimentarias) y especialmente del grado de facturación, dureza y meteorización de las mismas.

Las Estructuras permiten determinar zonas de debilidad (fallas, diaclasas y plegamientos), y la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad (estratos). En el sector se reconocen buzamientos perpendiculares a los ejes de desarrollo en la vía. Además de una falla local inferida ubicada en la corona del deslizamiento.

La Cobertura Vegetal es uno de los factores que influyen directamente en la generación de los movimientos en masa, los mayores problemas se presentan en terrenos desnudos o cubiertos con vegetación herbácea, lo contrario ocurre con la vegetación boscosa, cuyas raíces hacen las veces de anclas, pero que en zonas cercana a filos de taludes se convierten una carga para los suelos, tornando a la zona más vulnerables a movimientos en masa.

En el sector de estudio la mayor parte de la vegetación es de tipo herbácea se encontró matorrales, pastizales y cultivos de ciclo corto, por lo que no representa carga que pueda influir en el movimiento.

Análisis de la Susceptibilidad a Deslizamientos

Luego de haber realizado el estudio pertinente mediante el programa Ar-Gis 9.1 se obtenido los siguientes resultados: (Véase Mapa 10.)

Áreas Muy Bajas corresponden al 42.04% del área total, las zonas de topografía y geomorfología plana a ondulada, con pendientes menores al 15 %, que presenta rocas sedimentarias como las areniscas, lutitas, arcillolitas, no muestran las condiciones para que se desarrollen movimientos en masa. Cabe resaltar que son zonas de producción agrícola (cañas, zanahoria blanca, frejol, maíz, yuca, tomate) que pueden en algún momento ser afectados por el mal sistema de riego que se utiliza, además de llegar a ser receptores de los materiales provenientes de las partes altas. Además se incluyen 6 viviendas dentro de esta área



Figura N° 18 Área de muy baja susceptibilidad.

Áreas Bajas corresponden al 29.25 % del área total, en su mayoría se presenta en laderas inferiores, se caracterizan por presentar pendientes inferiores de 30 %, en esta categoría también se incluyen antiguos coluviones y rocas sedimentarias como las areniscas, lutitas, arcillolitas, limolitas. Tienen algunas zonas parcialmente erosionados y poco saturados con discontinuidades favorables, donde existen por la acumulación del agua pequeños indicios que permitan predecir reptaciones y deslizamientos. En su mayoría el suelo está cubierto de matorrales, pastizales y en un menor porcentaje zonas agrícolas. Con respecto a las viviendas son 5 las que se encuentran dentro de esta zona pero por influencia de factores antrópicos (mal sistema de riego y canal de riego deteriorado) tiende a llegar a ser de susceptibilidad muy alta.

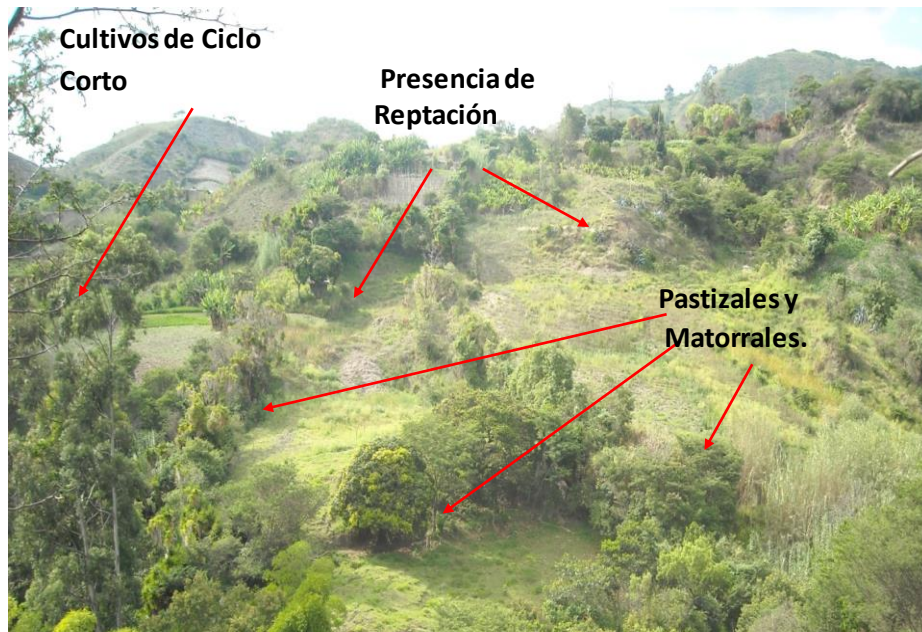


Figura N° 19 Área de baja susceptibilidad.

Áreas Medias corresponden al 9.81 % del área total, laderas con algunas grietas, se evidencia una reptación considerada con suelo parcialmente saturado donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no sobrevengan.

Los relieves en estas áreas tienen pendientes menores al 50%, litológicamente se encuentra constituidas por rocas metamórficas poco meteorizadas (esquistos micásicos), y de rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, limolitas). Los terrenos en esta unidad generalmente se encuentran cubiertos de matorrales, pastizales y algunas especies arbóreas (faique, eucalipto, ceibo). Dentro de esta zona se encuentran ubicadas 3 viviendas que en lo general muestran un peligro medio de ser afectadas por FRM.



Figura N° 20 Área de media susceptibilidad.

Áreas Altas corresponden al 7.44% del área total, un gran porcentaje de esta zona corresponde al área del deslizamiento donde existen pendientes variables, pero mayores al 50%, están formada por rocas sedimentarias (areniscas, lutitas, arcillolitas, limolitas) que poseen altos porcentajes de sales y un alto contenido de yeso que al tener contacto con el agua se infiltran reduciendo las propiedades físico mecánicas de la roca. Presenta el nivel freático y alto grado de meteorización. Asimismo muestra discontinuidades como la estratificación que en este caso es positivo ya que no favorecen al deslizamiento pero su alto grado de fracturamiento como también la baja resistencia de las rocas y las acciones antrópicas (vía, escuela, canal de riego defectuoso, mal sistema de riego) son factores desencadenantes para que se origine el deslizamiento y a su vez su ensanchamiento progresivo. En la actualidad existen 3 viviendas que están en peligro de colapsar por acción del deslizamiento.



Figura N° 21 Área de alta susceptibilidad.

Áreas Muy Altas corresponde al 10.76% del área total, esta zona corresponde a la parte del cuerpo del deslizamiento donde han influido un sinnúmero de factores tales como pendientes muy altas, masas de suelos altamente meteorizadas y saturadas de agua que disuelven las vetillas de yeso, por lo que esto ha provocado que la forma del terreno sufra cambios físico-mecánicos y por sus características de falla de talud se desencadena un deslizamiento rotacional y por ende daños significativos como la destrucción de una vivienda que ocurrió en el año 1998 y una cancha deportiva en el año 2008. Esta área por los diferentes procesos antes mencionados se encuentra extendiéndose y dificulta la posibilidad de establecer medidas correctoras. Es de suma importancia mencionar que la escuela Manuel Figueroa Carrión está ubicada dentro de esta área y está a punto de colapsar.

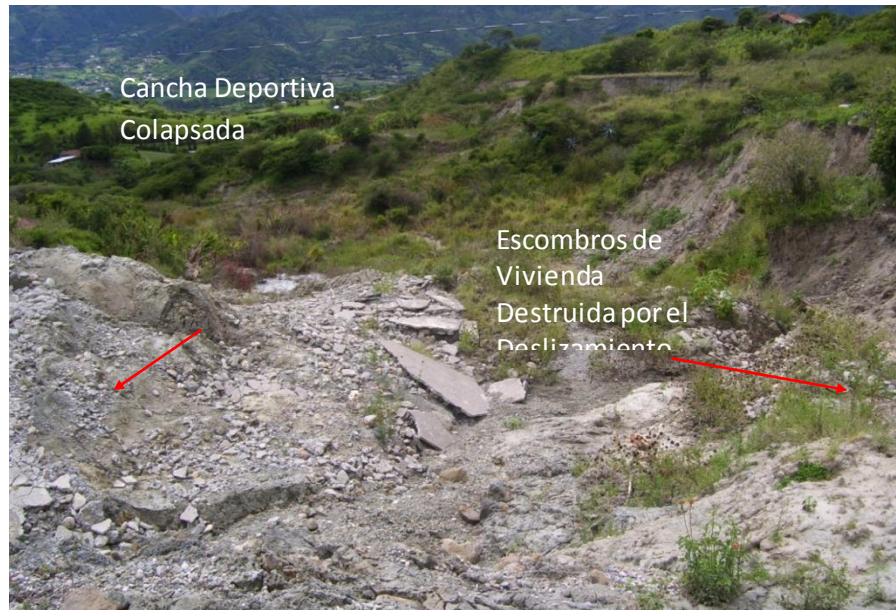


Figura N° 22 Cuerpo del deslizamiento



Figura N° 23 Infraestructuras en peligro.

Análisis de Riesgo.

El área de estudio presenta un importante grado de riesgo lo que deberá ser tomado en cuenta al abordar cualquier obra de ingeniería civil. Específicamente se destacan dos zonas con riesgo muy bajo y riesgo muy alto. (Véase Mapa 11.)

La zona de bajo riesgo se caracteriza por encontrarse en áreas con litología de mediana calidad, un poco más dura y resistente con pendientes que van de muy bajas a bajas que corresponden de un 0 - 30%, geomorfológicamente está situada en superficies planas a laderas inferiores, el uso actual del suelo es variado con la siembra de cultivos de ciclo corto, lamentablemente el accionar de las actividades antrópicas como la inadecuada forma de riego de estos cultivos ha provocado inestabilidad en otras áreas, la zona de bajo riesgo cubren un 33.65% del área de estudio.

La zona de riesgo muy alto se identifica por estar en áreas donde el macizo rocoso ha sido afectado considerablemente por acción del agua de igual manera la geología encontrándose muy blanda de pésima calidad, con pendientes consideradas de medianas a altas que corresponden de un 30 - 100%, geomorfológicamente se presenta en laderas material coluvial y suelo residual, el uso actual del suelo es diverso ya que en algunas zonas se da la producción agrícola, además de la presencia de pastizales, matorrales y las diferentes actividades antrópicas del sector, las zonas de riesgo muy alto cubren 66.35 % del área de estudio. En esta zona de alto riesgo se encuentran en peligro vidas humanas, afecta considerablemente a una escuela del sector ubicada en la corona del deslizamiento, a las viviendas y específicamente a 4 de ellas, dos que se encuentran en la corona del deslizamiento una en centro del deslizamiento y otra al pie del deslizamiento, a la vía que comunica este sector con las demás barrios aledaños y zonas de muy alto rendimiento agrícola.

MEDIDAS DE PREVISIÓN Y PREVENCIÓN

Medidas de Previsión

Estas son medidas estratégicas para el desarrollo a futuro de un Ordenamiento Territorial, Se las considera como áreas seguras y planes estratégicos con la comunidad, relación entre actores secretaria de riesgos, instituciones que intervienen municipios consejos provinciales, juntas parroquiales.

Incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas. La prevención debe ser un programa que incluya la participación: social con la capacitación, concientización; político legislando políticas de gobierno para el estudio y la prevención de un riesgo geológico; en lo económico: distribución de recursos para su ubicación, estudio y seguimiento.

La previsión tiene un conjunto de métodos que se pueden resumir en la siguiente tabla:

Cuadro N° 16. Ventajas y Desventajas del método de previsión

MÉTODO:	VENTAJAS:	DESVENTAJAS:
DISUASIÓN CON MEDIDAS COERCITIVAS	<i>Son muy efectivas cuando la comunidad es consciente del riesgo y colabora con el estado o programa</i>	<i>El manejo de los factores socioeconómicos y sociales en sí son muy difíciles.</i>
PLANEACIÓN DEL USO DE LA TIERRA	<i>Es una solución ideal para zonas urbanas y es fácil de implementar.</i>	<i>No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo.</i>
CÓDIGOS TÉCNICOS	<i>Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas.</i>	<i>Se requiere una entidad que los haga cumplir.</i>
AVISO Y ALARMA	<i>Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente</i>	<i>Generalmente, se aplica después de ocurrido el desastre.</i>

5.6.2 Medidas de Prevención

Realizar un retaluzado disminución del ángulo del talud, ocasionando una redistribución de las fuerzas debidas al peso de los materiales obteniéndose una configuración más estable.

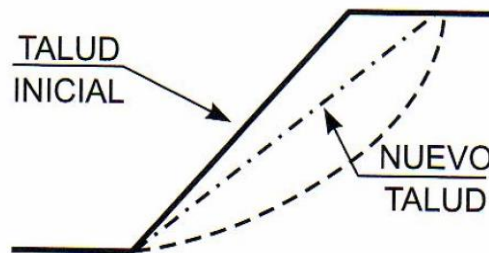


Figura N° 24. Retaluzamiento

Construcción de Drenes Subterráneos, destinados a la recolección de agua que se encuentra filtrándose desde el canal de riego hacia las partes bajas provocando la inestabilidad del suelo y por ende al deslizamiento del sector, con la finalidad de mantener impermeabilizada el área. En la siguiente figura se detallan sus especificaciones.

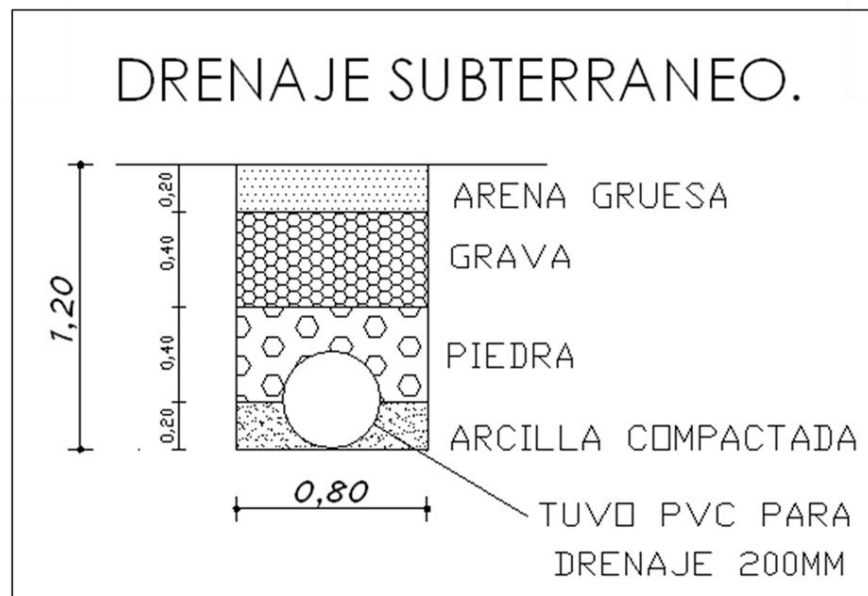


Figura N° 25. Drenaje subterráneo

Para ello se propone la construcción de Drenes Internos de aproximadamente 850 m. de longitud, a un 1.20 m de profundidad y 0,80 cm de ancho. El drenaje será colocado 2 metros de distancia con respecto al canal de riego siguiendo toda su longitud. Está compuesto de arena gruesa, grava, piedra, tubo PVC y arcilla compactada en su interior destinados a impermeabilizar y a reducir la presencia de agua en el área del deslizamiento y reducir su ensanchamiento progresivo.

Construcción de la Pantalla de Dren Subterráneo, se considera este drenaje subterráneo como una pantalla ya que su función es recolectar agua que en su defecto el Drenaje Subterráneo principal presente filtraciones, además esta pantalla debe estar acoplada al muro de gaviones, con una dimensión de 250 m de longitud hasta desembocar en el afluente de la Quebrada San Francisco, su profundidad es de 8 m y su ancho es de 0,80 cm. En la siguiente figura se detallan sus especificaciones.

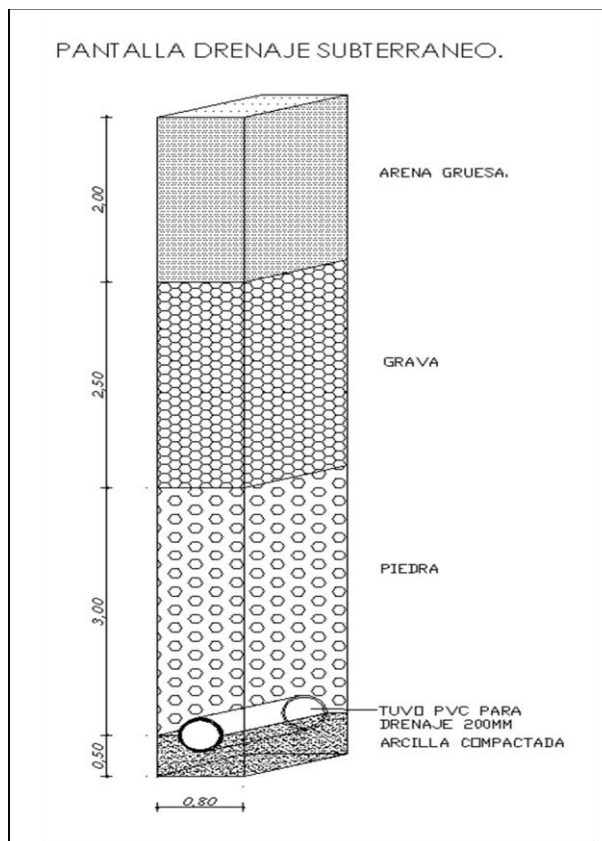


Figura N° 26. Pantalla de drenaje subterráneo

La excavación a máquina en su totalidad es de 2.416 m^3 y la totalidad de longitud de los drenes subterráneos y de pantalla es de 1.100 m . aproximadamente, por lo que se utilizará 44 rollos de tubería PVC, de 25 m . cada uno.

Muros Gavión para la contención de la escuela, viviendas y carretera afectadas, un gavión consiste en una caja de forma prismática rectangular, elaborada con enrejado metálico en mallas hexagonales de triple torsión, confeccionado con alambre galvanizado reforzado. Estos gaviones se llenan con canto rodado, piedra de cantera o material adecuado.

El sistema de gavión que se utilizara es de tipo caja, está compuesto por 5 niveles, tiene una altura de 6 m , y una longitud de 90 m . A continuación se detallan sus especificaciones.

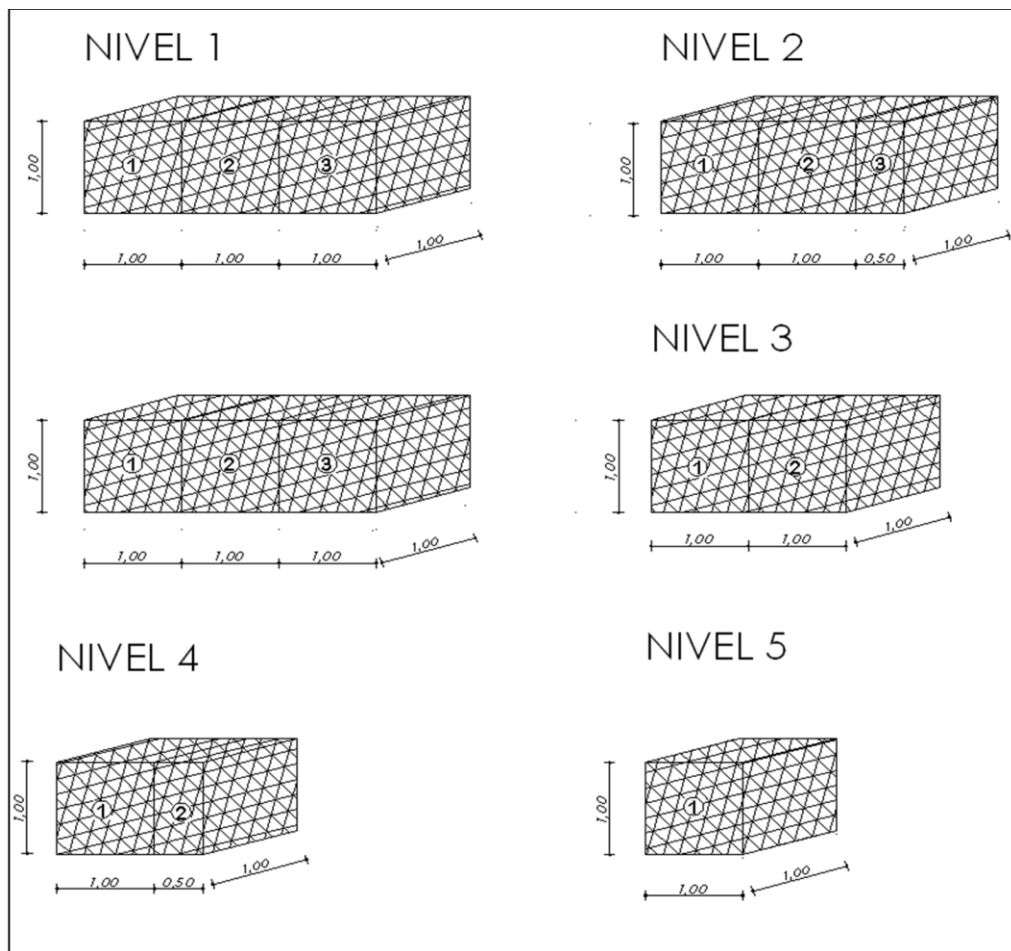


Figura N° 27. Especificaciones del muro de gavión

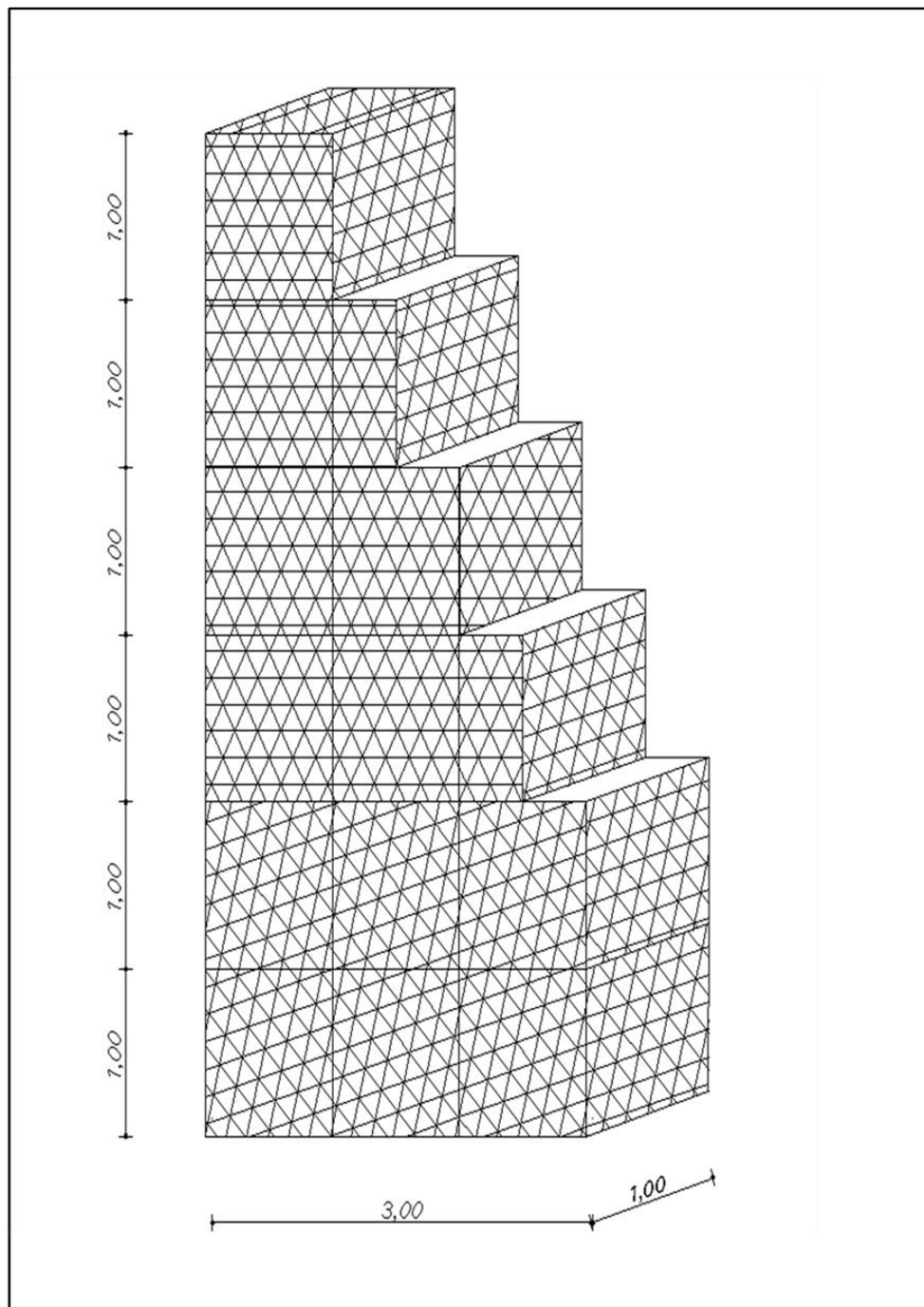


Figura N° 28. Gavión tipo caja armado

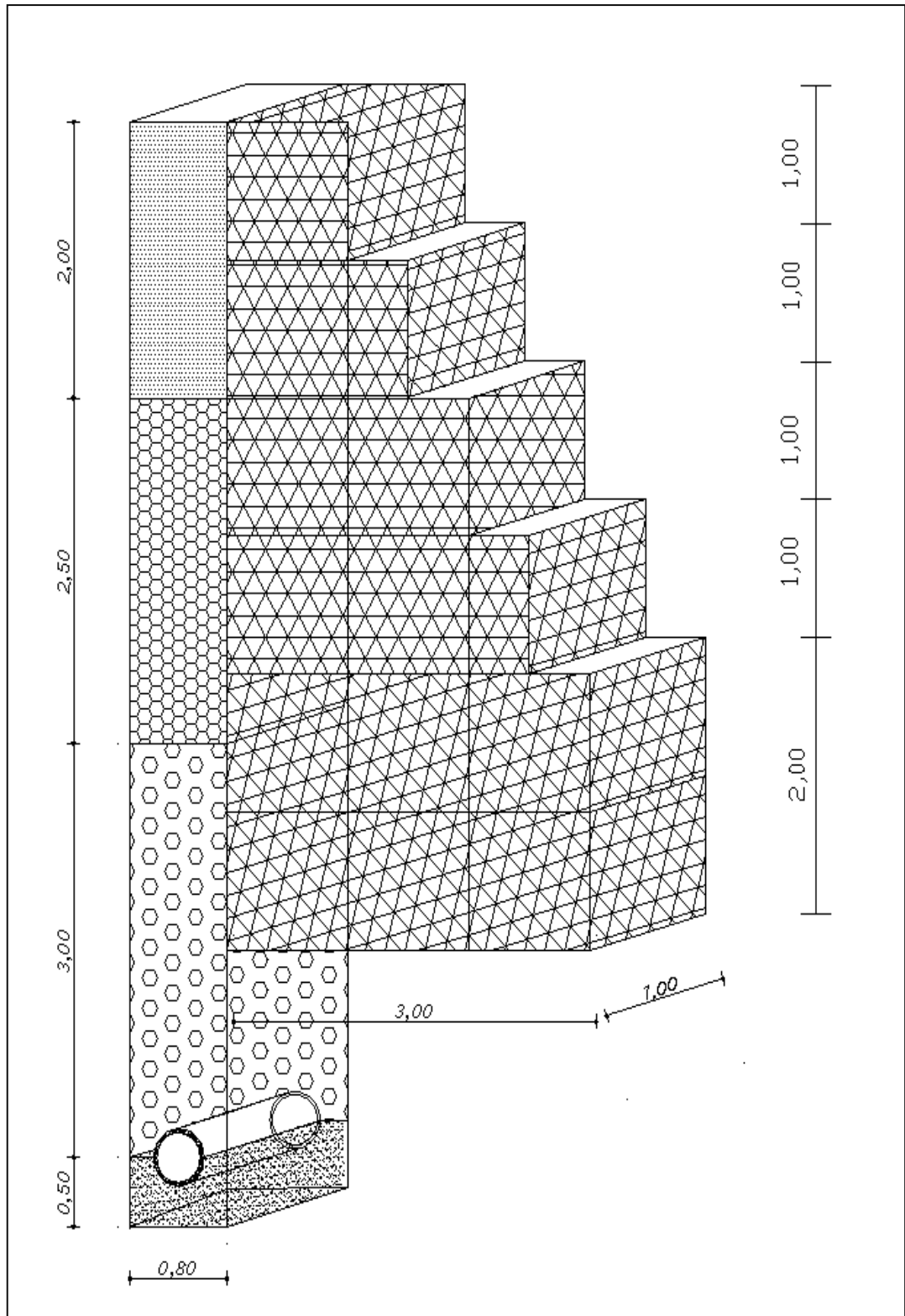


Figura N° 29. Gavión tipo caja armado adyacente a la pantalla de drenaje subterráneo.

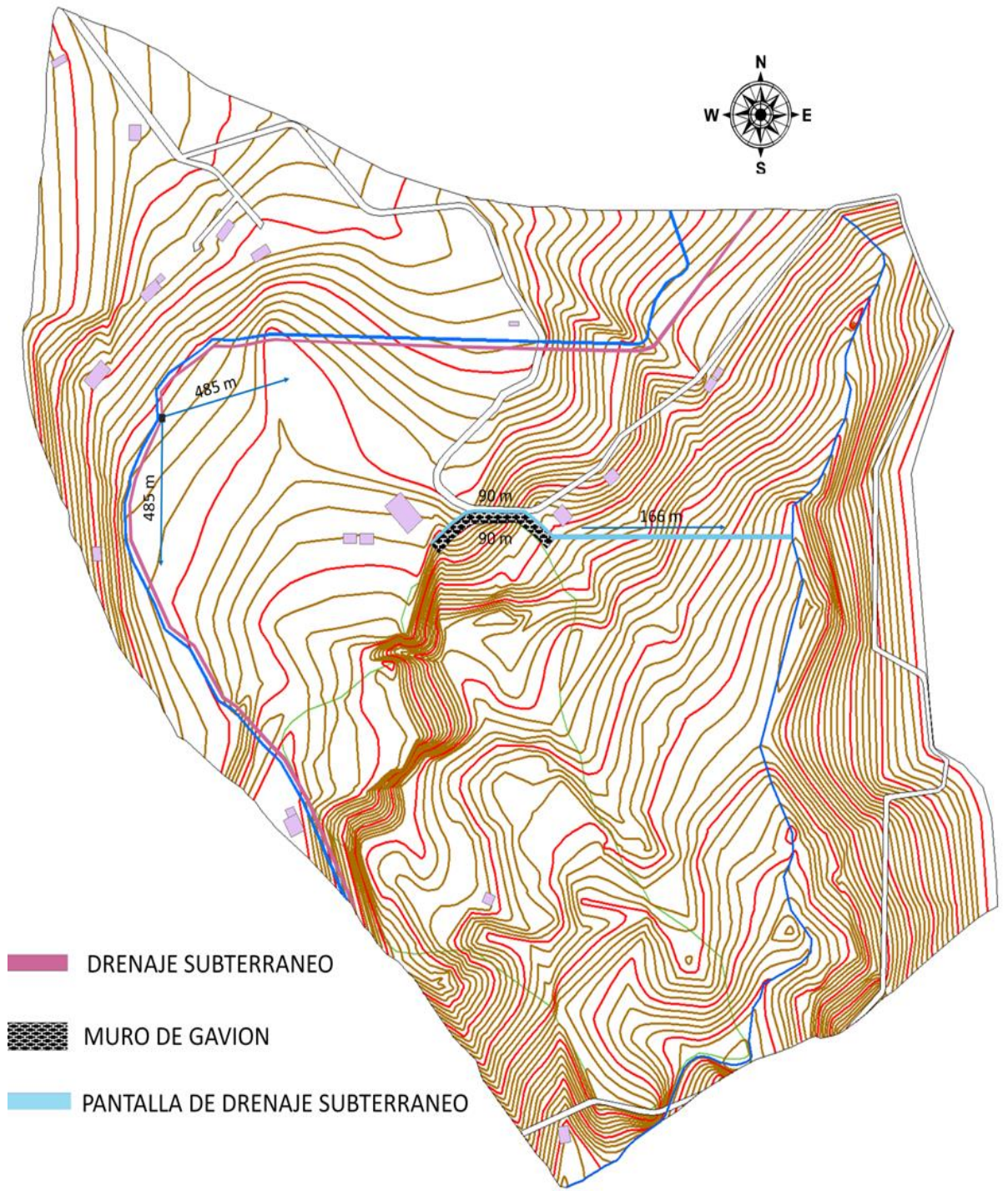


Figura N° 30. Distribución del drenaje, muro de gavión, pantalla de drenaje subterráneo en el sector de estudio

Reforestación con especies nativas, frutales y pastos, esta medida evitara la erosión hídrica y eólica, así mismo las raíces producen un aumento de la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan, es conveniente implantar vegetación de raíces profundas y de alto grado de transpiración.



Figura N° 31. Reforestación.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el desarrollo de la tesis se han realizado estudios de campo y gabinete para evaluar mediante datos netamente técnicos, el estado actual en el que se encuentra el movimiento en masa determinado como deslizamiento, se ha comprobado las afectaciones y se ha demostrado la base técnica del porque de cada fenómeno, donde se ofrece una interpretación integrada de los resultados que destacan las aportaciones de esta Tesis, tanto desde el punto de vista metodológico como rigurosamente científico.

En el Barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos, un deslizamiento activo de tipo rotacional y en profundidad mayor a 2 m ubicado en las coordenadas X: 693 526, Y: 9 536 919 y Z: 1 740 m.s.n.m. se encuentra afectando la estructura e infraestructura de la zona con factores desfavorables naturales y antropogénicos que influyen a la inestabilidad, dentro de los naturales se orienta hacia su geometría que relaciona la pendiente en la corona del deslizamiento que se encuentra entre los 45° de inclinación del talud corroborado en el análisis digital de pendientes realizado durante el proceso de estudio del deslizamiento en el programa ArcGis versión 9.2., conjuntamente con esto, la topografía resultante del levantamiento realizado durante el trabajo de campo ha determinado pendientes empinadas en el escarpe del deslizamiento, pequeñas elevaciones o montículos dentro de la masa deslizante presencia de masa separada y características de flujo por la presencia de agua en la parte baja del deslizamiento, junto a estos aspectos la geología del sector tampoco es favorable ya que sobre el basamento rocoso metamórfico yace una capa permeable de arcilla cubierta por material suelto es decir se encontró en gran cantidad suelo residual blando pastoso, producto resultante de la meteorización en época de abundante lluvias y cambios de temperatura, inevitablemente provoca un deslizamiento en la ladera, sumado a esto el factor hidrológico representado por la infiltración en la arcilla del agua resultante de lluvias y por escorrentía proveniente del canal de riego en mal funcionamiento.

Es de relevancia mencionar el factor geomécanico porque dichos parámetros dan la noción del comportamiento de los materiales rocosos así como los criterios teóricos de rotura por lo se realizo este procedimiento en cuatro afloramientos los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

En el afloramiento N° 1 ubicado en las coordenadas longitud, 693 782; latitud, 9 537 322; y altura, 1799 msnm, como antes se señaló se tiene arenisca y lutita en el análisis geomécanico de la primera (lutita) dio como resultado ser de clase IV de mala calidad, en la arenisca del mismo afloramiento es de clase III de mediana calidad; en el afloramiento N° 2 formado por arcillas, areniscas y lutitas ubicado en las coordenadas s longitud , 693 884; latitud, 9 537 432; y altura, 1818 msnm , resultado de clase IV de mala calidad; en el afloramiento N° 5 se encontró lutitas y areniscas que sujetas al proceso de caracterización reflejaron ser de clase IV de mala calidad; en el afloramiento N° 6 ubicado en las coordenadas longitud, 693 528; latitud, 9 537 300; y altura, 1807 msnm, compuesta por arenisca y arcillolita son de clase III de mediana calidad.

Por lo expuesto, se puede distinguir claramente que el Barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos el material rocoso, geomecánicamente muestra que un 60% de los afloramientos caracterizados son de clase IV de mala calidad, y un 40% son de clase III de mediana calidad, dicho esto es evidente la desventaja que presenta el movimiento desde el punto de vista geomécanico desestabilizándolo aun más.

Geotécnicamente se detecto una desventaja en la estabilidad del movimiento el factor de seguridad corrobora lo anticipadamente analizado posee un valor de 0.08 es decir menor a 1 que es el valor base de estabilidad, lógicamente el talud en estudio es totalmente inestable.

Es importante abordar sobre los factores antropogénicos como las sobrecargas estáticas que existen, en primera instancia en la corona del deslizamiento se encuentra la vía principal de comunicación del barrio San Francisco, la escuela con sus respectivas baterías sanitarias, y dos viviendas en cada flanco del deslizamiento en cuanto a las cargas dinámicas están las continuas vibraciones producidas por el transporte vehicular, estos son otros factores negativos a la estabilidad del deslizamiento.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permiten un manejo de la información de manera sencilla y directa a través de la superposición de mapas temáticos creados a

lo largo de todo el trabajo de campo realizado, se ha fijado resultados en cuanto a susceptibilidad y microzonificación de riesgos.

Se ha comprobado , asimismo la susceptibilidad en el Barrio San Francisco han proporcionado una visión a escala real de la gravedad del problema respecto al movimiento que se encuentra en continua actividad, las zonas de susceptibilidad se determinaron gracias a la superposición de mapas temáticos, donde las condiciones se presten para que se produzca el movimiento y una gran eventualidad serán donde las variables tengan una valoración superior y de mayor susceptibilidad, en tanto que, las zonas donde las condiciones no se presten para que se produzcan movimientos en masa y la valoración de las variables es la más baja serán las de menor grado de susceptibilidad, frente a lo ilustrado inicialmente se establece que la zona de alta susceptibilidad donde hay mayor cantidad de material rocoso meteorizado saturado de agua y por supuesto de menor resistencia y de pésimas propiedades físico-mecánicas esta zona es donde se encuentra ubicada la escuela Manuel Figueroa Carrión toda su infraestructura junto con tres viviendas que están en los flancos del deslizamiento, y la zona de menor susceptibilidad son las áreas con pendientes bajas, con suelos parcialmente erosionados en su mayoría el suelo está cubierto de matorrales, pastizales y en un menor porcentaje zonas agrícolas

Además de lo ya indicado, con respecto a Riesgos se ha determinado dos zonas claramente identificadas y opuestas la primera se denomina como zona de muy bajo riesgo donde la roca es un poco más dura y resistente, sus pendientes van de muy bajas a bajas que corresponden de un 0 - 30%, geomorfológicamente está situada en superficies planas a laderas inferiores, el uso actual del suelo es variado con la siembra de productos de ciclo corto cubriendo un 33.65% del área de estudio; mientras que la zona de muy alto riesgo se tiene un macizo rocoso que ha sido meteorizado notablemente por infiltración del agua en los poros de la roca en donde se fusiona con las sales y fluyen haciéndolo más débil y de muy baja cohesión, con pendientes consideradas de medianas a altas que corresponden de un 30 - 100%, geomorfológicamente se presenta en laderas material coluvial y suelo residual, el uso actual del suelo es diverso ya que en algunas zonas se da la producción agrícola, además de la presencia de pastizales, matorrales y las diferentes actividades antrópicas del sector, cubren el 66.35 % del área de estudio, dicho esto es preocupante y obvio el

peligro que existe en el Barrio San Francisco ya que encuentran en riesgo vidas humanas y las estructuras e infraestructuras que se ubican en la parte superior del deslizamiento, entre ellas se cuenta una escuela, 4 viviendas.

CONCLUSIONES

En base al estudio topográfico se identificó al movimiento con pendientes empinadas en el escarpe, también hay pequeñas elevaciones o montículos dentro de la masa deslizante.

Regionalmente la Geología del Barrio San Francisco de la parroquia Malacatos del cantón Loja se encuentra dentro de la formación San Cayetano.

En el perfil litológico se determinó en la parte superior material coluvial y aluvial una capa de limolita y arcillolita que van en el orden de metros, en la parte inferior encontramos areniscas con lutitas y como basamento rocoso los esquistos. Además se identificó una gran cantidad de sales, vetillas de yeso y pequeñas cantidades de azufre en las rocas.

Las condiciones para que el deslizamiento se mantenga activo se debe al incremento de las fuerzas desestabilizadoras combinadas con la disolución de las sales, provoca que las propiedades físico mecánicas de roca disminuyan y sean más propensas a deslizarse.

Estructuralmente se evidenció una falla local de tipo normal en las coordenadas Altitud 1799, Longitud 693 782 y Latitud 9 537 322, se encuentra en el afloramiento N° 1 a un costado de la vía, representa un claro contacto entre la Lutita y la Arenisca.

Se observó en los afloramientos estudiados dos formas de estratificación: graduada y cruzada.

El movimiento en masa existente en el Barrio San Francisco es un deslizamiento según su mecanismo de rotura de tipo rotacional y de tipo profundo mayor a 2 m

La vegetación predominante es de tipo herbácea se encontró matorrales, pastizales y cultivos de ciclo corto, por lo que no representa carga que pueda influir en el movimiento.

El clima del barrio San Francisco es de tipo Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo, cuenta con dos estaciones muy marcadas registran una pluviosidad anual que va desde 500 a 2000 mm, las temperaturas medias son entre 10 y 20°c

En la zona de estudio no existen áreas de extracción Minera, de Patrimonio Arqueológico o Interés Ambiental, ni la presencia de Bosques Protectores.

En conformidad al estudio geomecánico según el método de Bieniawski se determino rocas de clase V de muy mala calidad, clase IV de mala calidad y clase III de calidad media,

En lo concerniente a la Geotecnia se determino el factor de Seguridad utilizando el Método de ábacos de Hoek y Bray y como resultado se tuvo un valor de 0.8 esto quiere decir que el talud es inestable.

De acuerdo al análisis de susceptibilidad se determino que la Escuela “Manuel Figueroa Carrión” y tres viviendas lindantes se encuentran en una zona de alta susceptibilidad.

En cuanto a la Zonificación de Riesgos se determino zonas de muy bajo riesgo que se destaca su litología un poco resistente y dura donde no presenta humedad y zonas de muy alto riesgo caracterizado por su litología blanda y débil con altos contenidos de sales y presencia de agua.

RECOMENDACIONES

Aplicar las medidas de prevención establecidas para la elusión y control del movimiento con la finalidad de reducir la carga contribuyente al aumento de las fuerzas desestabilizadoras del deslizamiento e informar a la población del sector la importancia de este tipo de estudios y poder así, aumentar la seguridad y bienestar de los moradores del barrio San Francisco de la Parroquia Malacatos.

Realizar estudios geofísicos y llevar a cabo un continuo monitoreo con el fin de obtener datos precisos y exactos que permitan una mejor valoración de las zonas de susceptibilidad; obteniendo una mejor calidad en la obtención de resultados.

Continuar con estudios complementarios a éste, para establecer un correcto Ordenamiento Territorial, que guíen condiciones que den paso a un Desarrollo Sustentable.

Se recomienda el establecimiento de un Plan de Ordenamiento Territorial por parte de las autoridades de la Parroquia Malacatos, y sobre esta base técnica tomar una correcta decisión en cuanto a la expansión urbana de la zona evitando así posibles inversiones en cuanto se refiere a construcciones.

Se recomienda realizar éste tipo de estudios en todos los barrios que conforman la Parroquia Malacatos, así como en el resto de parroquias del cantón Loja , con la finalidad de realizar una memoria técnica base que ayude a la toma correcta de decisiones con respecto al crecimiento urbano de la zona de estudio y del país, contribuyendo así al Desarrollo Sustentable y Crecimiento Urbano Ordenado, teniendo como referencia el Ordenamiento Territorial.

Cambiar el acceso del eje de la vía de esta forma no estará aportando mas carga estática y así no incrementaran las fuerzas desestabilizadoras del talud.

Se recomienda dar mantenimiento al canal de riego por los usuarios y moradores del sector dando paso a la extracción de sedimentos y desbroce de la vegetación que obstruyen el canal.

Concientizar a los agricultores sobre la optimización del uso del agua utilizando diferentes sistemas de riego esto puede ser por goteo, aspersión, mini cañón y otros acordes al tipo de cultivo establecido en la zona.

BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS.

Castro, E., Alarcón, A., Forero, C., et al, Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa, Guía Metodológica, INGEOMINAS, CVC, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Primera Edición, Julio 2001. Colombia, Pags 18, 23, 36, 37, 40, 41.

CRUDEN D. & VARNES D., 1996. Landslides Investigation and Mitigation Special Report. Chapter 3. Landslides Types and Proceses. 50 pág.)

GAVILANES, Hernán; ANDRADE Byron, 2004, Caracterización, Clasificación y Análisis Geomecánico de Macizos Rocosos, Quito-Ecuador, 340 p.

Gray y Sotir, 1996; TRAGSA Y TRAGSATEC, 1994, la web de la bioingeniería y la restauración ecológica, [en línea], Cali Valle del Cauca, Colombia,

Libro de Geotecnia. Capítulo 10. Procesos de Origen Antrópicos. 335-336 pág.)

Luis I. González de Vallejo, Mercedes Ferrer Gijón, Luis Ortuño Abad, Carlos Oteo. 2002, INGENIERÍA GEOLÓGICA, Capítulo 14; Deslizamientos y Otros Movimientos de Terreno, 622-623-624-625-626-627.pág.)

Prof.A. LEES, 1991. Introducción al Levantamiento Geológico. Introducción. Universite Catholique de Louvain .Belgique Agosto. 1 pág.)

SOLDANO, A., “Conceptos sobre Riesgos “Autor:: Síntesis temática realizada para el Foro Virtual de la RIMD creado para la Capacitación en Teledetección Aplicada a la reducción del Riesgo por inundaciones” del 16 al 20 de marzo de 2009, Falda del Carmen, Provincia de Córdoba, Argentina.

SITIOS WEB.

Internet. <http://www.aimecuador.org>. Parámetros Geotécnicos y Estabilidad de Taludes.

Internet. <http://ecoambientes.tripod.com/id9.html>], [consulta del 12 de Enero].

Internet. Google. Adobe PDF. Análisis de Estabilidad de Taludes.

Internet. Google. Adobe PDF. Zonificación de Amenaza y Riesgo.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.



VISTA PANORÁMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.



**CANCHA DEPORTIVA ANTES DE COLAPSAR POR ACCIÓN DEL DESLIZAMIENTO.
MAYO 22 – 2008**



CANCHA DEPORTIVA COLAPSADA POR ACCION DEL DESLIZAMIENTO. OCTUBRE 14 - 2008.



VÍA INTERRUPTIDA POR EFECTOS DEL DESLIZAMIENTO.

MARZO 03 – 2009



GRIETAS EN LA INFRAESTRUCTURA DE ESCUELA POR EFECTOS DEL DESLIZAMIENTO. MARZO 03 – 2009.



INESTABILIDAD Y DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA DE LA ESCUELA “MANUEL FIGUEROA CARRIÓN”



OJOS DE AGUA EN EL CUERPO DEL DESLIZAMIENTO



EN PELIGRO EVIDENTE LA ESCUELA MANUEL FIGUEROA CARRIÓN UBICADA EN LA CORONA DEL DESLIZAMIENTO



VÍA PRINCIPAL DEL BARRIO SAN FRANCISCO, UBICADA EN LA CORONA DEL DESLIZAMIENTO



VISITA DE CAMPO DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL. SEPTIEMBRE 20 – 2009

MAPAS

ANEXOS

FIGURAS

Y

TABLAS

AFLORAMIENTO N° 1



Figura 2. Afloramiento 1

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	<i>X=693 783</i>	<i>Y= 9 537 322</i>	<i>Z= 1799</i>
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	<i>Alterado con poca vegetación</i>		
TIPO DE ROCA:	SEDIMENTARIA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	RUMBOS: CAPA 1: N 60° E			
	FALLA LOCAL N 40 W			
DIMENSIONES	Longitud:			<i>15 m</i>
	Potencia			<i>4 m</i>
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	<i>Areno-arcillosa</i>		
	CEMENTO:	<i>arenoso</i>		
	GRANO:	<i>angulosos</i>		
LITOLOGÍA PRESENTE:	<i>CAPA 1: LUTITA intercalada con diferentes coloraciones: blanco, gris, marrón, minerales de sílice, y óxidos de hierro esporádicos, capas de limolitas blancas de 15 cm de espesor.</i> <i>CAPA 2: ARENISCAS de grano fino a medio, de color gris claro.</i>			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	<i>Presenta una falla de tipo local</i>			

AFLORAMIENTO N° 2



Figura 2. Afloramiento 2

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	X=693 884	Y= 9 537 432	Z= 1818
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	<i>Alterado con vegetación</i>		
TIPO DE ROCA:	SEDIMENTARIA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	RUMBO- CAPA 4: N 60° E			
	<i>D.1 N 34° E</i> <i>D.2 S 72° W</i>			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	BUZAMIENTO CAPA 4: 41° SW			
	<i>D.1 86° SE</i> <i>D.2 50° NW</i>			
DIMENSIONES	Longitud:			15 m
	Potencia			10 m
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	Areno-arcillosa		
	CEMENTO:	arcillosa		
	GRANO:	Semi-angulosos		
LITOLOGÍA PRESENTE:	CAPA 1 Se presenta una arcilla de color gris oscura de 2 m de espesor CAPA 2 Lutita con un espesor de 1,30 CAPA 3 Arenisca de grano medio de 60 cm de espesor rellenos de yeso y en mínimas cantidades azufre CAPA 4 Lutitas que presentan diaclasamiento			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	Diaclasas			

AFLORAMIENTO N° 3



Figura . Afloramiento 3

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	X =693 679	Y = 9 537 530	Z = 1826
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	Alterado con poca vegetación		
TIPO DE ROCA:	METAMORFICA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	BUZAMIENTO CAPA ESQUISTO 25° SE F1 46° NW F2 <i>Inclinación Vertical</i>			
	RUMBO CAPA ESQUISTO N 10° E F1 N 24° W F2 S 82° E			
DIMENSIONES	Longitud:	25 m		
	Potencia	10 m		
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	arcillosa		
	CEMENTO:	arenosa		
	GRANO:	Sub-redondeados		
LITOLOGÍA PRESENTE :	<i>Presenta esquistos micáceos con biotitas alteradas que desde biotitas a moscovitas. También existen incrustaciones de cuarzos altamente meteorizados con coloración gris claro a blanca.</i>			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	<i>Foliación.</i>			

AFLORAMIENTO N° 4



Figura . Afloramiento 4

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	X=693 586	Y= 9 537 544	Z= 1826
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	Alterado con vegetación		
TIPO DE ROCA:	SEDIMENTARIA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	RUMBO- CAPA I N 5° E			
	BUZAMIENTO CAPA I 43° SE			
DIMENSIONES	Longitud:			5 m
	Potencia			1 m
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	Areno-arcillosa		
	CEMENTO:	Arenosa		
	GRANO:	angulosos		
LITOLOGÍA PRESENTE :	SOBRESALEN LAS VETILLAS DE CUARZO			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	No presenta			

AFLORAMIENTO N° 5

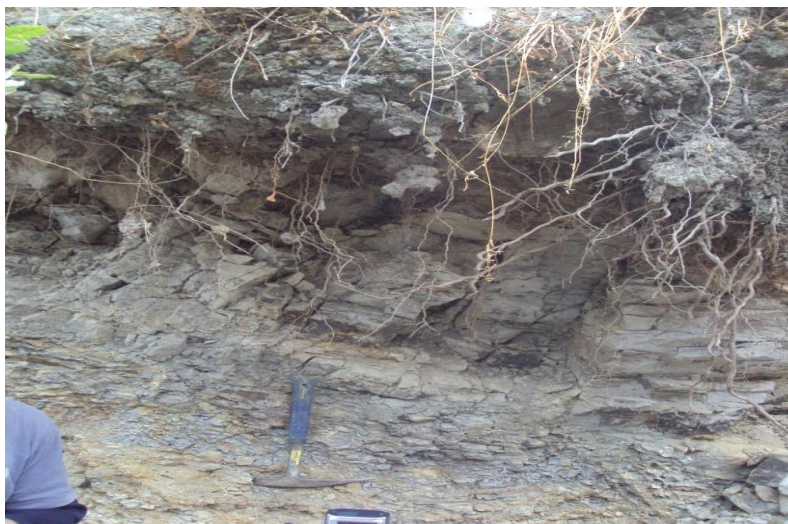


Figura . Afloramiento 5

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	X=693 540	Y= 9 537 470	Z= 1827
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	Alterado con poca vegetación		
TIPO DE ROCA:	SEDIMENTARIA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	RUMBO CAPA 2 N 42° E			
	BUZAMIENTO CAPA 2 31° SE			
DIMENSIONES	Longitud:			20 m
	Potencia			3 m
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	Arcillosa		
	CEMENTO:	Arenosa		
	GRANO:	Semi angulosos		
LITOLOGÍA PRESENTE :	<p>Capa 1: Lutita intercalada con diferentes coloraciones: blanco, gris, marrón, minerales de sílice, de 80 cm de espesor;</p> <p>Capa 2: Areniscas y óxidos de manganeso (pirolusita) de 0.50 cm de espesor,</p> <p>Capa 3: se identifico nuevamente lutita con un espesor de 30 cm, dichas capas con las siguientes características estructurales</p>			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	Presenta diaclasamiento			

AFLORAMIENTO N° 6



Figura . Afloramiento 6

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	X=693 528	Y= 9 537 300	Z= 1807
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	<i>Alterado con vegetación</i>		
TIPO DE ROCA:	SEDIMENTARIA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	RUMBO- CAPA 1 N 7° E			
	DI N 30° E			
DIMENSIONES	Longitud:			5 m
	Potencia			1.5 m
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	Areno-arcillosa		
	CEMENTO:	Arcilloso		
	GRANO:	Sub-redondeados		
LITOLOGÍA PRESENTE :	Capa 1: Arenisca de 0.50 cm de espesor;			
	Capa 2: Arcillolita de grano fino a medio, de color gris claro			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	<i>Presenta diaclasamiento</i>			

AFLORAMIENTO N° 7



Figura . Afloramiento 7

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	X=693 750	Y= 9 537 115	Z= 1770
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	<i>Alterado con poca vegetación</i>		
TIPO DE ROCA:	SEDIMENTARIA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	RUMBO N 70° E			
	BUZAMIENTO 32° SW			
DIMENSIONES	Longitud:			24 m
	Potencia			14 m
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	<i>Areno-arcillosa</i>		
	CEMENTO:	<i>arenoso</i>		
	GRANO:	<i>redondos</i>		
LITOLOGÍA PRESENTE:	<i>Areniscas de grano fino, de color gris claro</i>			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	<i>Presenta diaclasamiento</i>			

AFLORAMIENTO N° 8



Afloramiento 8

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	<i>X=693 845</i>	<i>Y= 9 537 037</i>	<i>Z= 1749</i>
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	<i>Alterado con poca vegetación</i>		
TIPO DE ROCA:	SEDIMENTARIA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	RUMBO: N 75° E			
	BUZAMIENTO: 27° SW			
DIMENSIONES	Longitud:	<i>3 m</i>		
	Potencia	<i>1.6 m</i>		
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	<i>Areno-arcillosa</i>		
	CEMENTO:	<i>arcilloso</i>		
	GRANO:	<i>Semi -angulosos</i>		
LITOLOGÍA PRESENTE :	<i>Areniscas de grano fino a medio con presencia de carbonatos, de color gris claro</i>			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	<i>Presenta diaclasamiento</i>			

AFLORAMIENTO N° 9



Afloramiento 9

UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN GENERAL	COORDENADAS:	<i>X=693 728</i>	<i>Y= 9 537 279</i>	<i>Z= 1773</i>
	TIPO DE AFLORAMIENTO:	<i>Alterado con poca vegetación</i>		
TIPO DE ROCA:	SEDIMENTARIA			
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	RUMBO: N 35° E			
	BUZAMIENTO: 31° SE			
DIMENSIONES	Longitud:	<i>3 m</i>		
	Potencia	<i>1.6 m</i>		
COMPOSICIÓN:	MATRIZ:	<i>Areno-arcillosa</i>		
	CEMENTO:	<i>arcilloso</i>		
	GRANO:	<i>Semi -angulosos</i>		
LITOLOGÍA PRESENTE :	Capa 1: Arcillolita con 2 m de espesor, Capa 2: Material residual con un espesor de 1.5m			
ESTRUCTURA SECUNDARIA:	<i>Presenta diaclasamiento</i>			

Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90 %-100 %	75 %-90 %	50 %-75 %	25 %-50 %	< 25 %		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

Corrección por la orientación de las discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Clasificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20

Orientación de las discontinuidades en el túnel

Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0°-20°. Cualquier dirección
Excavación con buzamiento		Excavación contra buzamiento		Buz. 45-90	Buz. 20-45	
Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable

Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy Buena	100-81	> 4 kg/cm ²	> 45°
II	Buena	80-61	3-4 kg/cm ²	35°-45°
III	Media	60-41	2-3 kg/cm ²	25°-35°
IV	Mala	40-21	1-2 kg/cm ²	15°-25°
V	Muy mala	< 20	< 1 kg/cm ²	< 15°

CLASIFICACIÓN INGENIERIL DE LA ROCA: DEERE (1968)

CLASE	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL		TIPO DE ROCA
		(PSI)	(MPa)	
A	RESISTENCIA MUY ALTA	> 32.000	± 220	Cuarcitas, diabasas. Mayoría de rocas ígneas. Ciertas rocas metamórficas.
B	RESISTENCIA ALTA	16.000 – 32.000	± 110 - 220	Areniscas frágilmente cementadas. Lutitas Resistentes. Mayoría de las calizas. Ciertas dolomitas.
C	RESISTENCIA MEDIA	8.000 – 16.000	± 55 - 110	Algunas lutitas. Areniscas y calizas porosas. Esquistos y rocas metamórficas.
D	RESISTENCIA BAJA	4.000 – 8.000	± 28 - 55	Rocas porosas de baja densidad. Areniscas deleznales. Tufas y lutitas arcillosas. Rocas meteorizadas y químicamente alteradas de cualquier litología.
E	RESISTENCIA MUY BAJA	< 4.000	< 28	

VALORES TÍPICOS DEL PESO ESPECÍFICO DE LAS ROCAS

ROCA	PESO ESPECIFICO (g/cm³)	POROCIDAD
Andesita	2,2 - 2,35	10 -15
Anfibolita	2,9 - 3,0	-
Arenisca	2,3 - 2,6	5 - 25 (16,0)
Basalto	2,7 - 2,9	0,1 - 2
Caliza	2,3 - 2,6	5 -20 (11,0)
Carbón	1,0 - 2,0	10
Cuarcita	2,6 - 2,7	0,1 - 0,5
Creta	1,7 - 2,3	30
Diabasa	2,9	0,1
Diorita	2,7 - 2,85	-
Dolomía	2,5 - 2,6	0,5 - 10
Esquisto	2,5 - 2,8	3
Gabro	3,0 - 3,1	0,1 - 0,2
Gneiss	2,7 - 3,0	0,5 - 1,5
Granito	2,6 - 2,7	0,5 - 1,5 (0,9)
Grauvaca	2,8	3
Mármol	2,6 - 2,8	0,3 - 2 (0,6)
Lutita	2,2 - 2,6	2 - 15
Pizarra	2,5 - 2,7	0,1 - 1
Riolita	2,4 - 2,6	4 - 6
Sal	2,1 - 2,2	5
Toba	1,9 - 2,3	14 -40
Yeso	2,3	5

ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO (ISRM 1981).

CLASE	DESCRIPCION	IDENTIFICACION DE CAMPO	APROXIMACION AL RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE (Mpa)
S1	Arcilla muy blanda	El puno penetra fácilmente varios cm	<0,025
S2	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cm	0,025-0,05
S3	Arcilla firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo	0,05-0,1
S4	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo	0,1-0,25
S5	Arcilla muy rígida	Con una fuerte presión puede marcarse con la uña	0,25-0,5
S6	Arcilla dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña	>0,5
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25-1,0
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente	1,0-5,0
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas	5,0-25
R3	Roca moderadamente blanda	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo	25-50
R4	Roca dura	Se requiere mas de un golpe con el martillo para fracturarse	50-100
R5	Roca muy dura	Se requiere muchos golpes con el martillo para fracturarse	100-250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearse con el martillo solo saltan esquirlas.	>250

**CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS A PARTIR DE SU RESISTENCIA A
COMPRESIÓN SIMPLE.**

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (Mpa)	ISRM (1981)	GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON (1970)	BIENIEWSKI (1973)	EJEMPLOS
>1	SUELOS			
1-5	MUY BLANDA	BLANDA >1,25	MUY BAJA	SAL, LUTITA, LIMOLITA, MARGA, CARBON
5-12,5	BLANDA	MODERADAMENTE BLANDA		
12,5-25		MODERADAMENTE DURA		
25-50	MODERADAMENTE DURA		BAJA	ESQUISTO, PIZARRA
50-100	DURA	DURA	MEDIA	ROCAS METAMORFICAS EQUISTOSAS, MARMOL, GRANITO, GNEISS, ARENISCA, CALIZA POROSA.
100-200	MUY DURA	MUY DURA	ALTA	ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS DURAS, ARENISCA MUY CEMENTADA, CALIZA, DOLOMITA.
>200				
>250	EXCELENTEMENTE DURA	EXCELENTEMENTE DURA	MUY ALTA	CUARCITA, GABRO, BASALTO