



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y MINAS

**“ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA DELIMITAR
ZONAS SUSCEPTIBLES A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN
MASA, EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN SAN JUAN BOSCO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

AUTOR:

ROBERT ALEXANDER ORTIZ ALTAMIRANO

Macas – Ecuador

2020



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y MINAS

**“ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA DELIMITAR
ZONAS SUSCEPTIBLES A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN
MASA, EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN SAN JUAN BOSCO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

AUTOR: ROBERT ALEXANDER ORTIZ ALTAMIRANO

DIRECTOR: Ing. M.Sc. DAVID ISAAC CUENCA

Macas – Ecuador

2020

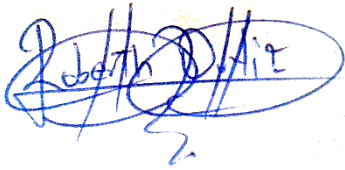
© 2020, Robert Alexander Ortiz Altamirano

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Robert Alexander Ortiz Altamirano, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 8 de junio de 2020



Robert Alexander Ortiz Altamirano

140102971-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y MINAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación tipo Proyecto Investigativo, **ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA DELIMITAR ZONAS SUSCEPTIBLES A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN SAN JUAN BOSCO**, realizado por el señor: **ROBERT ALEXANDER ORTIZ ALTAMIRANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Ángel Flores Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: ANGEL PATRICIO FLORES OROZCO	2020 / 06 / 08
Ing. David Cuenca M.Sc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: DAVID ISAAC CUENCA	2020 / 06 / 08
Ing. Christian Camacho Mgs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: CHRISTIAN ORLANDO CAMACHO LOPEZ	2020 / 06 / 08

DEDICATORIA

A mis padres Bertha Altamirano y Medardo Ortiz, quienes con su esfuerzo y apoyo incondicional me han permitido culminar con el desarrollo de mi trabajo de titulación y de mi carrera universitaria.

A mi hermano Elvis Ortiz y en si a mi familia entera por estar conmigo en momentos buenos y difíciles que atravesé durante mi vida estudiantil.

Robert.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRAC.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Problemática.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	2
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	2
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.6. Metodología Aplicada.....	3
1.7. Ubicación Geográfica del Área de Estudio.....	4
1.8. Clima y Temperatura.....	5
1.9. Hidrografía.....	5
1.10. Geología Regional.....	7
1.10.1. <i>Formación Misahuallí (JM)</i>	7
1.10.2. <i>Formación Napo (KN)</i>	7
1.10.3. <i>Formación Upano (JSu)</i>	7
1.10.4. <i>Unidad Pucarón (JPc)</i>	8
1.10.5. <i>Unidad Chiguinda (PZLc)</i>	8
1.11. Sedimentología.....	9
1.12. Tectónica.....	9
1.12.1. <i>La zona Subandina</i>	9
1.13. Investigación Geológica.....	9
1.14. Investigación Geotécnica.....	10
1.15. Clasificación Geotécnica de Suelos.....	10

1.15.1.	<i>Sistema de clasificación AASHTO</i>	10
1.16.	Fenómenos de Remoción en Masa	11
1.17.	Nomenclatura de los Fenómenos de Remoción en Masa	11
1.18.	Clasificación de los Fenómenos de Remoción en Masa	11
1.18.1.	<i>Caída (Fall)</i>	11
1.18.2.	<i>Vuelco (Topples)</i>	12
1.18.3.	<i>Deslizamiento (Slide)</i>	12
1.18.4.	<i>Flujo (Flow)</i>	13
1.18.5.	<i>Propagación lateral</i>	13
1.18.6.	<i>Reptación</i>	14
1.18.7.	<i>Movimientos complejos</i>	14
1.19.	Causas en la ocurrencia de los deslizamientos	15
1.20.	La Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa	16
1.21.	Metodología Mora Vahrson Modificada para Delimitar Zonas de Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa	16
1.22.	Caracterización de los Factores del Método Mora Vahrson Modificado	17
1.22.1.	<i>Relieve relativo (Sr)</i>	17
1.22.2.	<i>Litología (Sl)</i>	17
1.22.3.	<i>Humedad del suelo (Sh)</i>	18
1.22.4.	<i>Actividad sísmica (Ts)</i>	19
1.22.5.	<i>Precipitación (Tp)</i>	19
1.23.	Clases de la susceptibilidad y calificativo según sus características.	20

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	21
2.1.	Recopilación de información	21
2.1.1.	<i>Cartografía base</i>	21
2.2.	Trabajo de Campo	23
2.2.1.	<i>Geología local</i>	23
2.2.2.	<i>Geomorfología</i>	48
2.2.3.	<i>Identificación de geofomas del terreno</i>	49
2.3.	Levantamiento de Caracterización de los Movimientos en Masa Existentes	50
2.3.1.	<i>Fichas de caracterización de los movimientos en masa</i>	51
2.3.2.	<i>Mapa de ubicación espacial de los movimientos en masa</i>	55
2.4.	Ensayos Geotécnicos de Suelos	56

2.4.1.	<i>Ensayo de granulometría (ASTM D422)</i>	56
2.4.2.	<i>Ensayo de humedad natural del suelo (ASTM D2216)</i>	58
2.4.3.	<i>Ensayo límites de Atterberg (líquido y plasticidad), (ASTM D4318)</i>	59
2.4.4.	<i>Hojas de Cálculo y Representación de Valores en Ensayos</i>	63
2.5.	Caracterización de los Factores para la Delimitación de la Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa	79
2.5.1.	<i>Factores condicionantes</i>	79
2.5.1.1	<i>Factor relieve relativo (Sr)</i>	79
2.5.1.2	<i>Factor litológico (Sl)</i>	80
2.5.1.3	<i>Factor humedad del suelo (Sh)</i>	82
2.5.2.	<i>Factores desencadenantes</i>	83
2.5.2.1	<i>Factor de precipitación (Tp)</i>	83
2.5.2.2	<i>Factor de sismicidad (Ts)</i>	85
2.6.	Modelamiento y clasificación de la Susceptibilidad	86

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
3.1.	Geología del Área de Estudio	89
3.2.	Movimientos en Masa del Área	91
3.3.	Resultados de Ensayos de Laboratorio en Muestras de Suelo	91
3.4.	Mapa de Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa	94

CONCLUSIONES	97
--------------	-------	----

RECOMENDACIONES	98
-----------------	-------	----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Delimitación del área de estudio	4
Tabla 2-1:	Clasificación de suelos norma AASHTO.	10
Tabla 3-1:	Factores en la ocurrencia de deslizamientos	15
Tabla 4-1:	Valores para el factor de relieve relativo.	17
Tabla 5-1:	Valores para el factor litológico.	18
Tabla 6-1:	Parámetros de humedad.	18
Tabla 7-1:	Valores para el factor de humedad del suelo	18
Tabla 8-1:	Valores para el factor de la sismicidad	19
Tabla 9-1:	Valores para el factor de la precipitación	19
Tabla 10-1:	Clasificación de la susceptibilidad.	20
Tabla 1-2:	Base de datos geológicos del levantamiento de campo.	46
Tabla 2-2:	Datos levantados en campo (MM1).	51
Tabla 3-2:	Datos levantados en campo (MM2).	52
Tabla 4-2:	Datos levantados en campo (MM3).	53
Tabla 5-2:	Datos levantados en campo (MM4).	54
Tabla 6-2:	Valores obtenidos de los ensayos de suelo (MS-1).	63
Tabla 7-2:	Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-2).	65
Tabla 8-2:	Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-3).	67
Tabla 9-2:	Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-4).	69
Tabla 10-2:	Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-5).	71
Tabla 11-2:	Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-6).	73
Tabla 12-2:	Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-7).	75
Tabla 13-2:	Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-8).	77
Tabla 14-2:	Valoración del factor del relieve relativo o pendiente	79
Tabla 15-2:	Valoración del factor litológico	81
Tabla 16-2:	Estaciones meteorológicas cercanas	82
Tabla 17-2:	Comparación de valores de humedad con la capacidad de absorción del suelo ...	82
Tabla 18-2:	Precipitaciones máximas en 24 h para la valoración del factor precipitación	84
Tabla 19-2:	Aceleraciones calculadas para 5 localidades cercanas	85
Tabla 20-2:	Valoración del factor de sismicidad	85
Tabla 1-3:	Resumen estratigráfico del área de estudio	89
Tabla 2-3:	Movimientos en masa levantados en el área	91
Tabla 3-3:	Resultados de ensayos a las muestras de suelo y su clasificación	92
Tabla 4-3:	Grados de vulnerabilidad acorde a las clases de susceptibilidad del área	94

Tabla 5-3: Distribución de las zonas de susceptible del área estudiada96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Metodología desarrollada en el presente trabajo.....	3
Figura 2-1.	Ubicación del área de estudio.	5
Figura 3-1.	Hidrografía del área de estudio.....	6
Figura 4-1.	Mapa geológico de la región.....	8
Figura 5-1.	Caída de rocas o suelo.....	11
Figura 6-1.	Vuelco de roca y suelo.	12
Figura 7-1.	Deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B).	12
Figura 8-1.	Flujo de roca y escombros.....	13
Figura 9-1.	Propagación lateral.....	13
Figura 10-1.	Reptación.....	14
Figura 11-1.	Movimiento complejo.	14
Figura 1-2.	Mapa base del área urbana del cantón San Juan Bosco.....	22
Figura 2-2:	Lutita tectonizada con vetillas de Calcita.....	23
Figura 3-2.	Estratos de Lutita fracturada por tectonismo.	24
Figura 4-2.	Bloques fracturados de Lutita.	25
Figura 5-2.	Lutita tectonizada con estratos delgados de Caliza gris.	25
Figura 6-2.	Talud de Lutita negra foliada.....	26
Figura 7-2.	Intercalación de Lutita negra, Caliza gris y vetillas de Calcita.....	27
Figura 8-2.	Intercalación de estratos de Lutita negra, Caliza gris con microfósiles.	27
Figura 9-2.	Lutita con clivaje pizarrosa, muy meteorizada.	28
Figura 10-2.	Macizo de Lutita negra con clivaje pizarroso muy fracturada.	29
Figura 11-2.	Lutita intercalada con Caliza gris y vetillas de Calcita.	29
Figura 12-2.	Pizarras negras muy meteorizadas, planos de discontinuidad por tectónica.....	30
Figura 13-2.	Deslizamiento rotacional de un coluvio-aluvial sobre Lutita.	31
Figura 14-2.	Serie estratigráfica intercalada de Lutita y Caliza gris.....	32
Figura 15-2.	Discordancia litológica entre roca y capa de suelo.	32
Figura 16-2.	Contacto entre roca sedimentaria meteorizada (Lutita) y un deposito actual.	33
Figura 17-2.	Pizarras muy meteorizadas y fracturadas planamente al plegamiento.	34
Figura 18-2.	Lutita negra fracturada por esfuerzos tectónicos.	35
Figura 19-2.	Afloramiento de Lutita tectonizada y meteorizada.	36
Figura 20-2.	Secuencia de Lutita foliada, Pizarra meteorizada y clastos de Cuarcita.....	37
Figura 21-2.	Pizarras altamente meteorizadas.	37
Figura 22-2.	Pizarras bandeadas, muy meteorizadas.	38
Figura 23-2.	Lutita negra foliada, pizarras muy meteorizadas y suelo residual.	39

Figura 24-2.	Caliza intercalada de estratos delgadas de Lutita meteorizada.	40
Figura 25-2.	Estructura de roca Lutita y Caliza negra con fósiles.	41
Figura 26-2.	Talud de Lutitas muy alteradas por la meteorización.	42
Figura 27-2.	Lutita y Arenisca muy alterados por la meteorización.	42
Figura 28-2.	Estratos de Lutita y Caliza, afectados por tectonismo.	43
Figura 29-2.	Estratos de Lutita alterada y descompuesta por la meteorización.	44
Figura 30-2.	Lutita, capas delgadas de Caliza, moderadamente fracturadas y meteorizadas. ...	45
Figura 31-2.	Talud de Pizarras y Filitas muy fracturadas y meteorizadas.	46
Figura 32-2.	Panorámica tomada desde el extremo norte del área.	48
Figura 33-2.	Modelo geomorfológico del área.	49
Figura 34-2.	Mapa de distribución espacial de los movimientos en masa.	55
Figura 35-2.	Diagrama de procesos del ensayo granulométrico.	57
Figura 36-2.	Cantidades retenidas por los tamices, acorde al tamaño de partícula.	57
Figura 37-2.	Diagrama del proceso del ensayo de humedad natural.	58
Figura 38-2.	Muestras secadas al horno previo cálculo de humedad natural.	59
Figura 39-2.	Procesos en el ensayo de Límite líquido.	60
Figura 40-2.	Proceso en el ensayo de Límite de Plasticidad.	61
Figura 41-2.	Preparación de superficie de la pasta en la Cuchara de Casagrande.	62
Figura 42-2.	Bastoncitos del ensayo de Límite de Plasticidad.	62
Figura 43-2.	Mapa de valoración del factor (Sr).	80
Figura 44-2.	Mapa de valoración del factor (Sl).	81
Figura 45-2.	Mapa de valoración del factor (Sh).	83
Figura 46-2.	Mapa de valoración del factor (Sp).	84
Figura 47-2.	Mapa de valoración del factor (Ts).	86
Figura 48-2.	Flujograma de los procesos en la obtención de mapa de susceptibilidad.	87
Figura 53-2.	Capa clasificada acorde a valores de la susceptibilidad.	88
Figura 1-3.	Mapa geológico del área urbana de San Juan Bosco.	90
Figura 2-3.	Mapa de la clasificación de los suelos (Normas AASHTO y SUCS).	93
Figura 3-3.	Mapa de susceptibilidad del área urbana de San Juan Bosco.	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Curva de representación granulométrica (MS-1).	64
Gráfico 2-2.	Humedad vs # de golpes (MS-1).	64
Gráfico 3-2.	Curva de representación granulométrica (MS-2).	66
Gráfico 4-2.	Humedad vs # de golpes (MS-2).	66
Gráfico 5-2.	Curva de representación granulométrica (MS-3).	68
Gráfico 6-2:	Humedad vs # de golpes (MS-3).	68
Gráfico 7-2.	Curva de representación granulométrica (MS-4)	70
Gráfico 8-2.	Humedad vs # de golpes (MS-4).	70
Gráfico 9-2.	Curva de representación granulométrica (MS-5).	72
Gráfico 10-2.	Humedad vs # de golpes (MS-5).	72
Gráfico 11-2.	Curva de representación granulométrica (MS-6).	74
Gráfico 12-2.	Humedad vs # de golpes (MS-6).	74
Gráfico 13-2.	Curva de representación granulométrica (MS-7).	76
Gráfico 14-2.	Humedad vs # de golpes (MS-7).	76
Gráfico 15-2.	Curva de representación granulométrica (MS-8).	78
Gráfico 16-2.	Humedad vs # de golpes (MS-8).	78
Gráfico 1-3.	Distribución porcentual de los grados de susceptibilidad.	96

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TRABAJO DE CAMPO

ANEXO B: ENSAYOS DE SUELO EN LABORATORIO

ANEXO C: PROCESAMIENTO DE DATOS Y CAPAS TEMÁTICAS

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue delimitar las zonas susceptibles a los fenómenos de remoción en masa, en el área urbana del cantón San Juan Bosco. Se utilizó la metodología Mora Vahrson Modificada, con la aplicación de métodos y técnicas geológicas desarrolladas en campo y gabinete, más la observación e interpretación de diferentes afloramientos, movimientos en masa y taludes, para obtener información litológica y geomorfológica. Además, se realizaron ensayos de laboratorio, tales como granulométrico, humedad del suelo, plasticidad y límite líquido, para la clasificación geotécnica de suelos, con el uso de las normas AASHTO y SUCS. También se desarrolló la técnica de revisión documental, tanto para la elaboración del marco teórico, como para la obtención de datos de precipitación y sismicidad de las localidades cercanas para la delimitación de las zonas susceptibles. Estos datos fueron procesados mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG). En este estudio se ha reconocido litológicamente las formaciones geológicas de la zona como la Formación Napo, Grupo Margajitas, comprendidas por rocas sedimentarias cretácicas y depósitos cuaternarios muy actuales. Como resultado se elaboró el mapa final de las zonas de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, detallando tres tipos de zonas en grados: Muy Bajo, Bajo y Moderado. Se concluye que la mayor representatividad es la zona de grado Moderado, correspondiente a un grado 3, que, en relación con el área total investigada, representa un 90 %. Se recomienda realizar ensayos más específicos en las zonas de mayor grado de susceptibilidad, para conocer las propiedades mecánicas de los suelos y rocas en subsuelo de los sitios de emplazamiento de obras o proyectos de ingeniería.

Palabras clave: <LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO>, <CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA>, <REMOCIÓN EN MASA>, <FORMACIÓN GEOLÓGICA>, <GEOMORFOLOGÍA>.

INES
ZAPATA
ZUMARRAGA

Firmado digitalmente por INES ZAPATA ZUMARRAGA. DN: cn=INES ZAPATA ZUMARRAGA gn=INES c=EC o=RIOBAMBA ou=Certificado de Clase 2 de Persona Física EC e=ineszapata@hotmail.com
Motivo: Apruebo este documento
Ubicación:
Fecha: 2021-05-08 12:25:05-05



1109-DBRAI-UPT-2021

ABSTRAC

This study aims to delimit the vulnerable areas to mass movement phenomena, in San Juan Bosco urban area. It was used the Mora Vahrson Modified methodology, by applying methods and geological techniques developed in the field and desk study, also the observation and interpretation of various outcrops, mass movements and drops, in order to obtain lithological and geomorphological information. Moreover, laboratory tests were conducted, such as granulometric tests, soil moisture, plasticity and liquid limit, for the soil geotechnical classification, based on the AASHTO and SUCS regulations. Furthermore, document review was implemented, both in theoretical framework devising, and for obtaining rainfall and seismicity data about nearby places to define boundary areas. Mentioned data were processed through the Geographic Information System (GIS). This study lithologically recognized geological formations locally, such as Napo Formation, Margajitas Group, comprised of scretaceous sedimentary rocks and contemporary quaternary deposits. As a result, a final map was developed about the vulnerable areas to mass removal phenomena, itemizing three types of areas of different levels: very low, low and moderate. In conclusion, the most representative area is moderate, which means level 3 and, regarding the whole area investigated, represents 90%. It is recommended to conduct more specific tests in the most vulnerable areas, to know the mechanical properties of the land and rocks of the subsoil in the areas of construction or engineering projects.

KEYWORDS: <GEOLOGIC UPLIFT>, <GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION>, <MASS REMOVAL>, <GEOLOGICAL FORMATION>, <GEOMORPHOLOGY>.



Firmado electrónicamente por:

**VALENTINA
GALIMBERTI
JESSICA**

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta investigación principalmente aborda el estudio geológico y geotécnico del área donde se encuentra ubicada la cabecera cantonal de “San Juan Bosco”, con el objetivo de hacer una delimitación las zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa, de esa manera contar con información básica adecuada para reconocer los lugares más apropiados para el desarrollo de obras ingenieriles para la ciudad.

Actualmente el área urbana de San Juan Bosco no cuenta con trabajos investigativos basados en una metodología determinística que evalúe y ayuden a obtener mapas de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, mediante técnicas y métodos para la caracterización de los factores como la litología, pendiente del terreno, sismicidad y precipitaciones climáticas, que son propias del método empleado, además contando con un trabajo de laboratorio donde se ensayan y clasifican las propiedades físicas de los suelos de área de estudio.

Pues los fenómenos de remoción en masa (deslizamientos), son uno de los procesos geológicos más destructivos, generando grandes pérdidas materiales, económicas y hasta humanas, sin embargo, a su vez estas pérdidas son evitables siempre y cuando el problema sea identificado con anterioridad, en base a estudios como es el de susceptibilidad a estos, de tal manera adoptar medidas técnicas para la prevención y control.

Por último, acotar que los resultados obtenidos con el desarrollo de cada una de las fases y capítulos de esta investigación, establecerá una línea base de información relacionada con los fenómenos de remoción en masa, a su vez generando un aporte fundamental en la actualización y buen manejo del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Juan Bosco, mismos planes que se han puesto en marcha a partir del año 2010 en nuestro país.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Los procesos constructivos de obras ingenieriles modifican y reducen la estabilidad del terreno, a esto sumado las condiciones a otros factores como fuertes lluvias conllevan al aumento de la humedad de los suelos haciéndolos susceptibles a fenómenos de remoción en masa. Ante esta situación se ha visto la necesidad de contar con una base de información técnica que permita conocer los parámetros o factores de susceptibilidad, mediante un estudio de características y propiedades geológico-geotécnicas el área urbana del cantón San Juan Bosco.

1.2. Problemática

La ciudad de San Juan Bosco se encuentra localizada en una zona marcada de altas precipitaciones, siendo importantes por que alteran los cauces naturales de sus ríos y afluentes, erosionando y desestabilizando las pendientes y taludes, que con la actividad antrópica generan condiciones inestables en los terrenos, exponiéndose a desastres que conlleven pérdidas materiales, económicas y hasta humanas.

1.3. Justificación

El área en estudio no cuenta con información técnica de las características geológicas y geotécnicas del terreno, siendo estas muy importantes para conocer y delimitar las zonas susceptibles a sufrir fenómenos de remoción en masa, así el desarrollo de este trabajo permite que esta información sea la base para una adecuada planificación y toma de decisiones en proyectos de obras ingenieriles específicas en territorio.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

- Delimitar las zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa, en el área urbana del cantón San Juan Bosco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento geológico del área de estudio, para generar información que tendrá como resultado un mapa geológico.
- Caracterizar las propiedades geológico-geotécnicas de los fenómenos de remoción en masa existentes en el área.
- Identificar en base a las características geológicas, geotécnicas, las zonas susceptibles del área de estudio.
- Crear un mapa de zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.

1.5. Hipótesis

La investigación de las características geológicas y geotécnicas del área de estudio son fundamentales para realizar la delimitación de zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa, en el área urbana del cantón de San Juan Bosco.

1.6. Metodología Aplicada

La metodología y técnicas empleadas en el presente trabajo consisten en labores de campo y en gabinete. La secuencia de labores para este trabajo de titulación esta sintetizado de la siguiente manera (Figura 1-1).

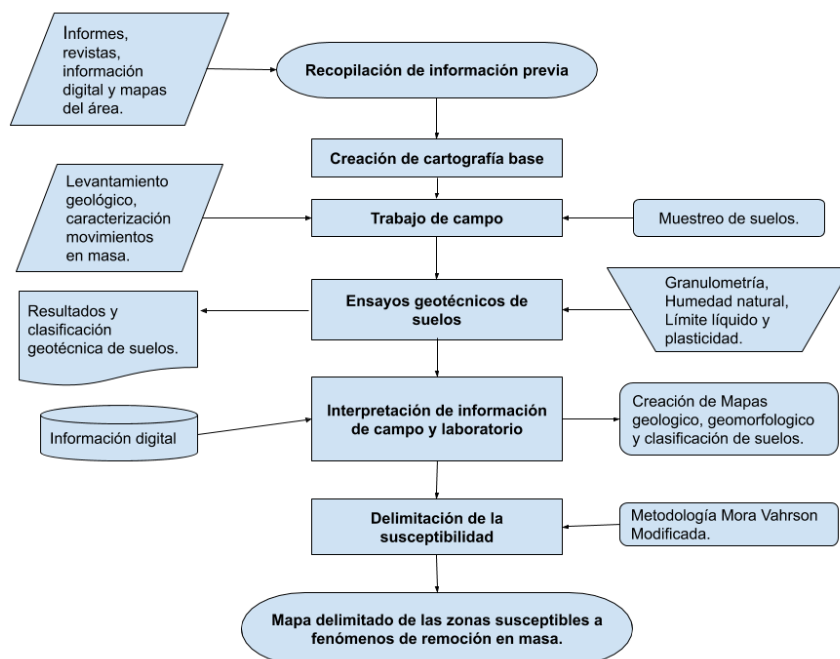


Figura 1-1. Metodología desarrollada en el presente trabajo.

Realizado Por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

1.7. Ubicación Geográfica del Área de Estudio

La ciudad de San Juan Bosco se encuentra ubicada hacia el sur de ciudad de Macas, capital de Morona Santiago, a una distancia aproximada de 163 km, el acceso se realiza mediante vía Macas, Limón – Gualaquiza, de la Troncal Amazónica E/45. Los límites del cantón San Juan Bosco son: al Norte con el cantón Limón Indanza, al Sur con el cantón Gualaquiza, al Este con la República del Perú, al Oeste con el cantón Sigsig de la Provincia del Azuay.

El área de estudio comprende la zona urbana de la cabecera cantonal de San Juan Bosco, limitada en un tramo con dos puntos georreferenciados (**X**: 775454, **Y**: 9657186) y (**X**: 774004, **Y**: 9653787) siguiendo la vía Trocal Amazónica E/45, de la misma forma definimos de manera no supervisada cuatro puntos para formar un polígono regular que delimita el área de estudio.

Tabla 1-1: Delimitación del área de estudio

COORDENADAS (WGS-84)		ÁREA (km ²)
X (Longitud)	Y(Latitud)	8.87
773186	9657182	
775797	9657182	
775797	9653786	
773185	9653786	

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

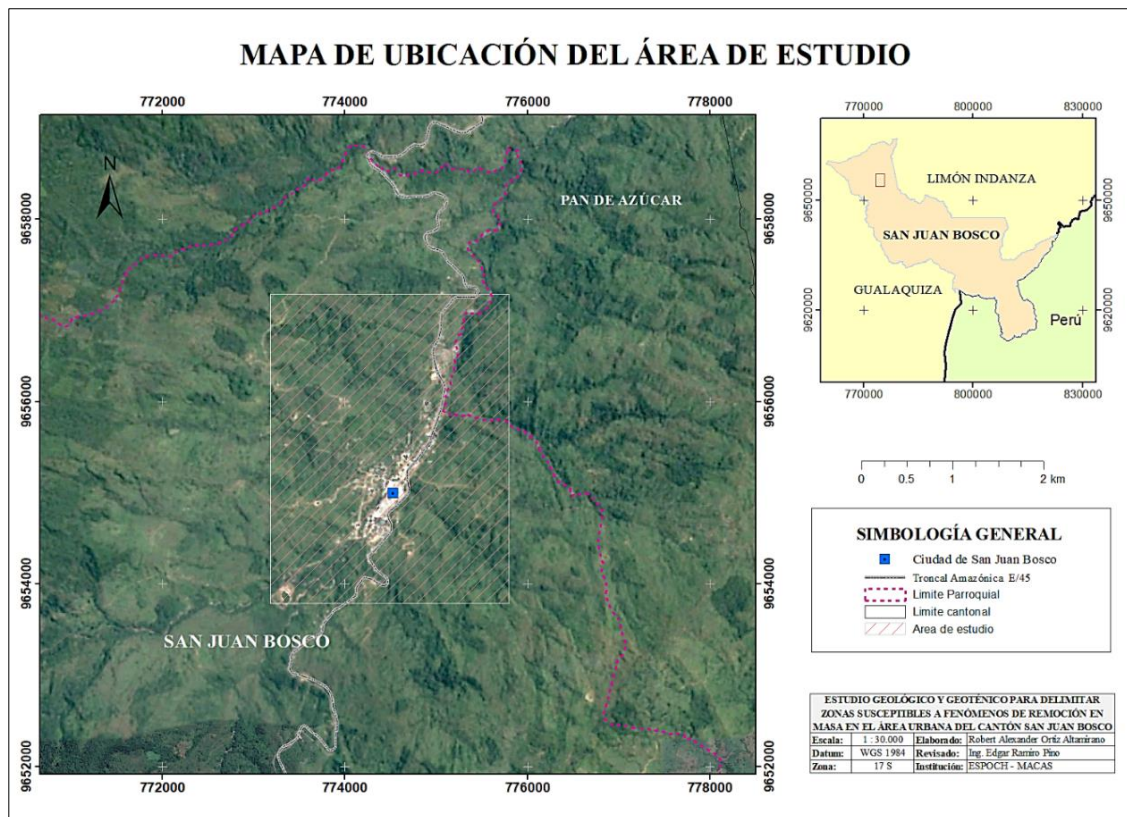


Figura 2-1. Ubicación del área de estudio.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

1.8. Clima y Temperatura

La Parroquia de San Juan Bosco tiene un clima tropical húmedo, correspondiente a las estribaciones del cerro Pan de Azúcar y la cordillera Siete Iglesias, con una temperatura promedio que fluctúa entre los 18 y 22°C, su centro urbano está situado a una altura de 1100 m.s.n.m. (GADM de San Juan Bosco, 2016, p.46).

1.9. Hidrografía

El río Pan de Azúcar pertenece a la microcuenca del río Zamora, que a su vez pertenece a la unidad hidrográfica del río Santiago, el río Pan de Azúcar tiene una longitud de curso de 16.41 km, teniendo como cota máxima de inicio 2800 m.s.n.m., una cota final baja de 820 m.s.n.m., su cota media es de 1820 m.s.n.m. (GADM de San Juan Bosco, 2016, p.49). Dentro del área de estudio el río Pan de Azúcar se abastece por afluentes menores con un patrón de drenaje en forma alargada, contribuyendo al incremento de su caudal total.

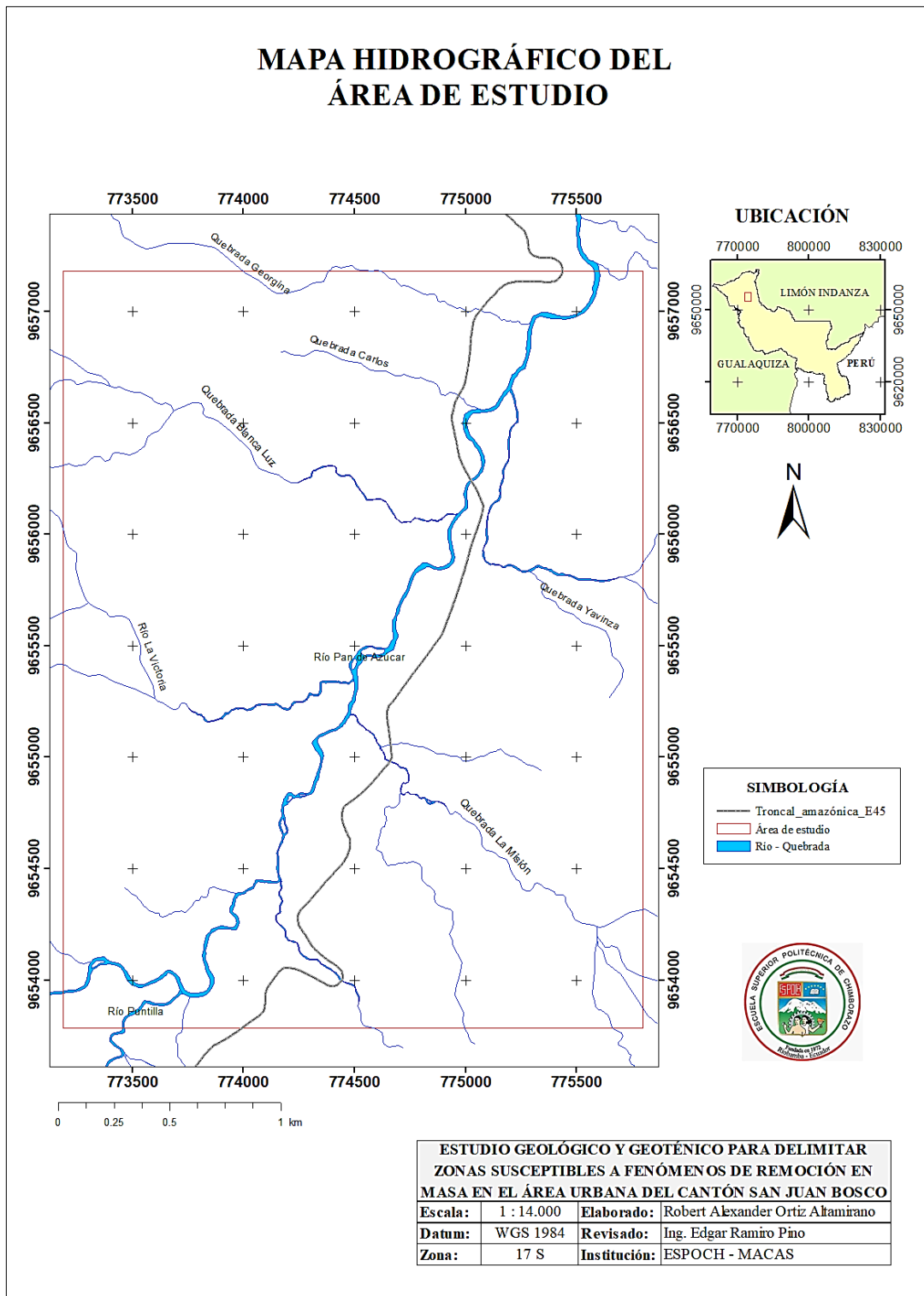


Figura 3-1. Hidrografía del área de estudio

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

1.10. Geología Regional

El área de estudio está localizada en las estribaciones de la Cordillera Real y de la Cordillera del Cutucú, específicamente en una zona sísmica y tectónica que geológicamente es conocida como zona Subandina.

1.10.1. Formación Misahuallí (JM)

Formación perteneciente al Jurásico superior – Cretácico inferior, que incluye a las rocas volcánicas de tipo continental en el cinturón sub-andino, compuesta de basaltos de color gris oscuro a verde oscuro, además de traquitas, tobas de color verde grisáceo, violeta y rosa, también de brechas tobaceas interestratificadas con lutitas rojas, arenisca y conglomerados (Litherland et al., 1994, p.22).

1.10.2. Formación Napo (KN)

La Formación Napo la constituyen rocas del periodo Cretácico (Albiano Inferior a Senoniano), compuesta por calizas grises fosilíferas, lutitas negras, grises, verdes y areniscas, con su génesis en un ambiente de depositación transgresivo marino, que se disponen concordante a la Formación Hollín (Litherland et al., 1994, p.48). Esta formación se divide en:

Napo Inferior: Se compone de Areniscas, Lutitas, Margas y pocas Calizas, la edad de este miembro corresponde al Albiano tardío (Baldock, 1982, p.20).

Napo Medio: Se compone de Calizas grises de masivas a muy estratificadas, las que en el norte del Ecuador están subdivididas en dos horizontes separados por una unidad de Areniscas y Lutitas (Baldock, 1982, p.20).

Napo Superior: comprende una secuencia de Argilítas negras duras; Lutitas verdosas y grises con intercalaciones de Calizas y Areniscas (Baldock, 1982, p.20).

1.10.3. Formación Upano (JSu)

Rocas verdes andesíticas metamorfozadas, esquistos verdes y metagrauvascas intercalados con esquistos pelíticos y gráficas. Forma un cinturón casi continuo de hasta 15 km de ancho a lo largo del borde oriental de la Cordillera Real (Litherland et al., 1994, p.27).

1.10.4. Unidad Pucarón (JPc)

Esta unidad está constituida de rocas sedimentarias deformadas principalmente por Filitas grafitosas, Esquistos grises y Metareniscas, de edad Jurásica asociada a la Unidad Santiago (Litherland et al., 1994, p.14).

1.10.5. Unidad Chiguinda (PZLc)

La Unidad Chiguinda de la edad Paleozoica, está conformada principalmente por Cuarzitas y Filitas negras; siendo esta una secuencia gruesa derivada de una fuente continental, de una posible cuenca intracratónica o de un ajuste de margen pasivo, en términos litológicos pre-metamórficos, esta unidad tiene unas rocas similares al devónico y carbonífero del Perú (Litherland, 1994, p.15).

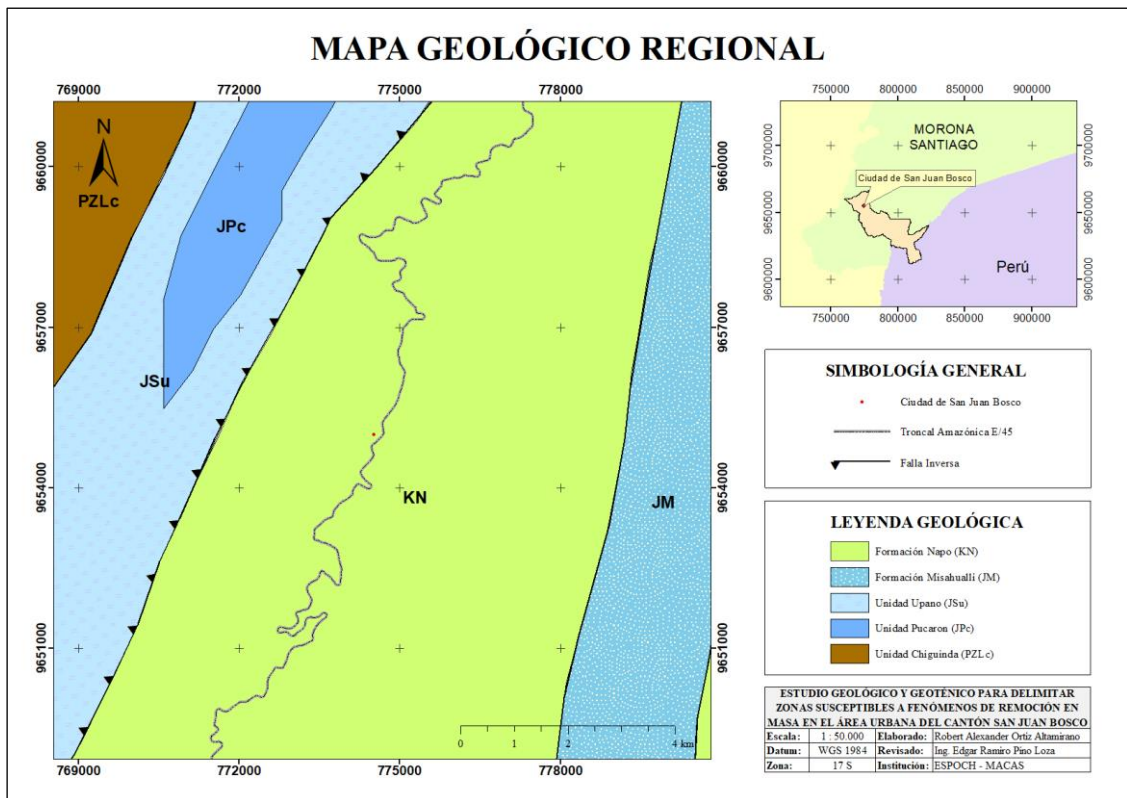


Figura 4-1. Mapa geológico de la región.

Realizado por: INEGEMM, modificado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

1.11. Sedimentología

Durante el periodo del Albiano al Maastrichtiano, se reconoce múltiples ciclos eustáticos, donde la mega secuencia Hollín – Napo – Tena Basal, caracterizada por una serie repetitiva de areniscas, calizas y lutitas, registra dicha ciclicidad asociada posiblemente a las fluctuaciones del nivel eustático ocurrido durante el Cretácico (Barragán et al., 1999, p.48).

1.12. Tectónica

El análisis y estudio de la actividad tectónica de la Cuenca Oriente tiene una gran importancia en la etapa de investigación geológica en lo que respecta a las exploraciones petrolíferas efectuadas desde 1921 (Barragán et al, 1999, p.24). La Cuenca Oriental desde el punto de vista tectónico se divide en dos regiones: la zona Subandina al Oeste y la Cuenca de Trasarco al Este.

1.12.1. La zona Subandina

El contacto tectónico entre los Andes Ecuatorianos y la Cuenca Oriental constituye una zona de pliegues y cabalgamientos con dirección N-NE y con vergencia al oeste, conocida como la zona Subandina (Barragán et al, 1999, p.24). La zona Subandina se divide en cuatro subzonas morfoestructurales que de norte a sur son:

- Levantamiento Napo.
- Depresión Pastaza.
- Levantamiento Cutucú.
- Cordillera del Cóndor.

1.13. Investigación Geológica

Esencialmente abarca dos campos fundamentales, el trabajo de campo donde se estudian las condiciones naturales del terreno, y un trabajo de laboratorio más el de gabinete de muestras tomadas en campo y culminando con la elaboración de un informe (García Rodríguez, 2009, p.6).

También consiste en la recolección de información básica y la identificación de materiales, estructuras geológicas, compacidad de los materiales, procesos superficiales, estabilidad de laderas y taludes, etc.; el trabajo de campo y el contacto con el medio físico es imprescindible para realizar una buena interpretación de la zona (García, 2009, p.6).

1.14. Investigación Geotécnica

La metodología consiste en la descripción, caracterización de los macizos rocosos y suelos en afloramientos, como también de ensayos geofísicos como una labor en los estudios de ingeniería geológica, cuyo objeto es el conocimiento de las propiedades y características geotécnicas de los materiales (González de Vallejo, 2002, p.372).

1.15. Clasificación Geotécnica de Suelos

Los estudios de suelos son fundamentales porque nos ayudan a conocer el tipo de suelo y el comportamiento de estos durante y después de ejecutar alguna obra ingenieril.

1.15.1. Sistema de clasificación AASHTO

Considera a los suelos en siete grupos, numerados desde A-1 hasta A-7. A su vez estos tienen subdivisiones, de acuerdo con el porcentaje de finos que pasan por los diferentes tamices, su nomenclatura asignada de los grupos de suelo está dada tal como indica la siguiente tabla (Duque, 2003, p.21).

Tabla 2-1: Clasificación de suelos norma AASHTO.

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos para el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A - 1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Tamizado % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425 um)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75 um)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite Líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N. P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

Fuente: <https://www.dokumen.tips/documents/tabla-de-clasificacion-de-suelos-sistema-aashto.html>

1.16. Fenómenos de Remoción en Masa

Los procesos geológicos y climáticos afectan la superficie terrestre, creando el relieve y la morfología de las laderas, mismas que van modificándose con el paso del tiempo logrando adaptarse a las nuevas condiciones geológicas y climáticas (Gonzalez de Vallejo, 2002, p.622). Un fenómeno de remoción en masa se define como cualquier movimiento descendente, bajo la acción de la gravedad de un volumen de material litológico importante (Vargas Cuervo, 2000, p.40).

1.17. Nomenclatura de los Fenómenos de Remoción en Masa

Según Díaz (2009, p.3), los procesos de remoción en masa son estudiados por una gran variedad de disciplinas como la geología, geotecnia, ciencia de los suelos entre otras, donde el resultado es la variedad de términos para describir al mismo fenómeno o proceso, sin embargo, las nomenclaturas más comunes están basadas en los sistemas de clasificación propuestas por Hutchinson y Varnes.

1.18. Clasificación de los Fenómenos de Remoción en Masa

1.18.1. Caída (Fall)

Conocido también como desprendimiento originado por el despliegue de roca o suelo de una pared empinada o acantilado, se manifiesta como caída libre y posterior rebote o rodadura, al impactarse la masa desprendida se divide en muchos fragmentos; es un movimiento muy rápido (Corominas, 2015, p.4).

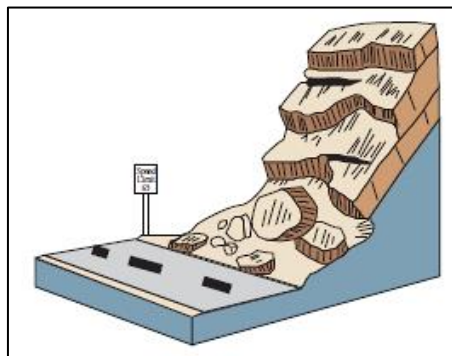


Figura 5-1. Caída de rocas o suelo.

Fuente: Highland & Johnson, (2004).

1.18.2. Vuelco (Topples)

Los vuelcos tienen el mecanismo de desprendimiento con la rotación hacia delante y hacia el exterior de la ladera, de una masa de suelo o de roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad; la fuerza de estabilización es la gravedad, de igual manera el empuje ejercido por el terreno adyacente o los fluidos en las grietas, dentro del mecanismo se distinguen dos procesos como son los vuelcos por flexión y desplome (Corominas, 2015, p.5).

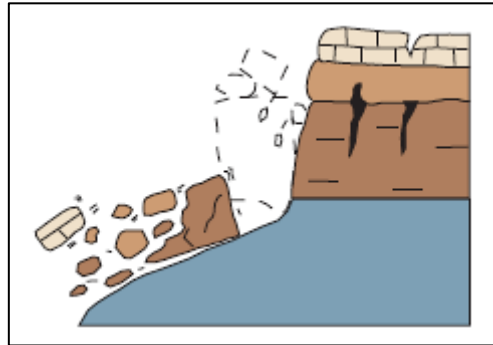


Figura 6-1. Vuelco de roca y suelo.

Fuente: Highland & Johnson, (2004).

1.18.3. Deslizamiento (Slide)

Es un desplazamiento de ladera abajo de una masa de suelo o roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante, estos pueden ser de tipo rotacional o traslacional. Donde el deslizamiento de tipo rotacional la superficie de falla es cóncava o en forma de cuchara, mientras que el deslizamiento traslacional la forma en la que se produce la falla es a lo largo de una superficie plana (Corominas, 2015, p.5).

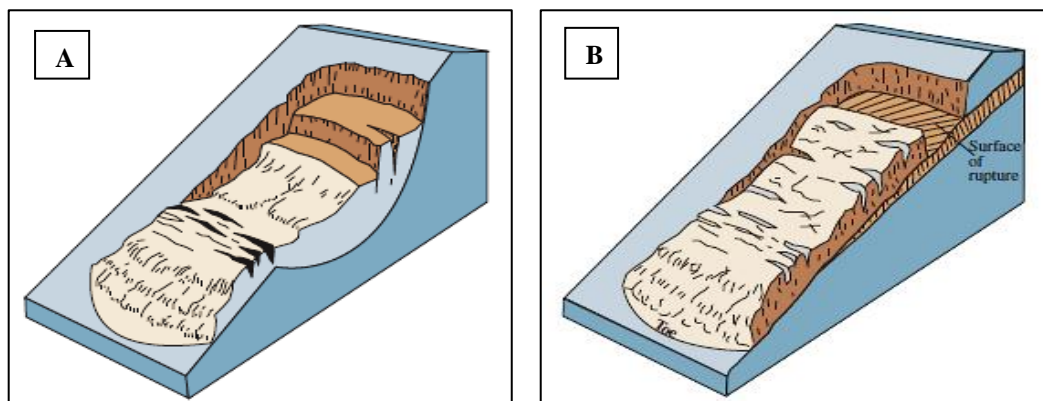


Figura 7-1. Deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B).

Fuente: Highland & Johnson, (2004).

1.18.4. *Flujo (Flow)*

Es un fenómeno donde existen movimientos relativos de partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla; estos pueden ser lentos o muy rápidos, así como secos y húmedos, este puede ocurrir en roca, residuos o suelo. En algunos casos se los asimila como reptaciones al ser extremadamente lentos, la ocurrencia de estos está relacionada con la saturación de los materiales superficiales (Suárez, 1998, p.20).

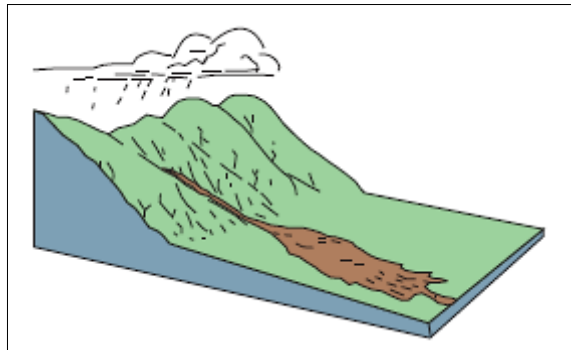


Figura 8-1. Flujo de roca y escombros

Fuente: Highland & Johnson. (2004).

1.18.5. *Propagación lateral*

La propagación lateral es un movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre por deformación interna o expansión del material, el mecanismo de falla puede incluir no solo movimientos de rotación y traslación, sino que también flujos, generalmente el movimiento es extremadamente lento, además estos movimientos ocurren en masas de roca sobre suelos plásticos y también en arcillas y limos que pierden resistencia al remodelarse (Suárez, 1998, p.19).

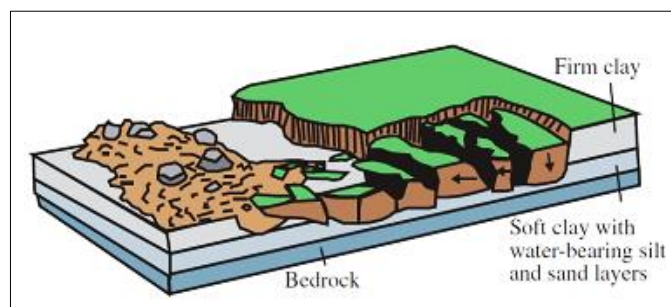


Figura 9-1. Propagación lateral.

Fuente: Highland & Johnson. (2004).

1.18.6. *Reptación*

Es un movimiento sub-superficial, su velocidad de desenlace va desde muy lenta a extremadamente lenta sin una superficie definida de falla, la reptación puede proceder a movimientos más rápidos como flujos o deslizamientos traslacionales (Suárez, 2009, p.16).

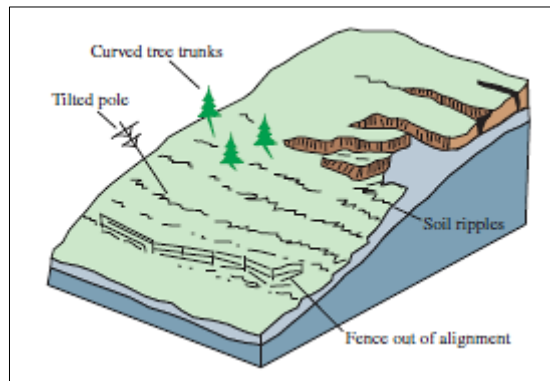


Figura 10-1. Reptación.

Fuente: Highland & Johnson, (2004).

1.18.7. *Movimientos complejos*

Este ocurre cuando el tipo de movimiento inicial se transforma en otro al ir desplazándose ladera abajo, entre los más importantes cabe destacar los aludes o avalanchas de rocas y los flujos deslizantes; los antes mencionados viajan a gran velocidad donde los flujos deslizantes son el resultado del colapso repentino y de gran extensión en una masa granular o de detritos como resultado de un efecto perturbador (Alcántara, 2000, p.12).

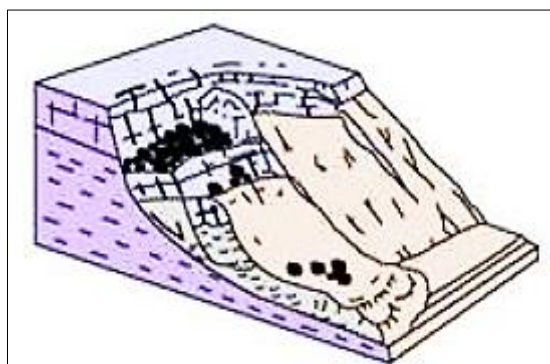


Figura 11-1. Movimiento complejo.

Fuente: Varnes, (1978).

1.19. Causas en la ocurrencia de los deslizamientos

Las diversas causas y factores que favorecen a la inestabilidad, siendo aquellas capaces de modificar las fuerzas internas y externas en los terrenos, existiendo así factores condicionantes de naturaleza propia y factores desencadenantes externos los cuales son los responsables de la magnitud y velocidad de los deslizamientos (González de Vallejo et al., 2002, p.629).

Tabla 3-1: Factores en la ocurrencia de deslizamientos

	Factores	Influencias y efectos
Condicionantes	Relieve (Pendiente, Geometría)	Distribución del peso del terreno.
	Litología (composición y textura)	Densidad, resistencia. Comportamiento hidrogeológico.
	Estructura geológica y estado tensional.	Resistencia, deformabilidad. Comportamiento discontinuo e anisótropo, zonas de debilidad.
	Propiedades geo-mecánicas de los materiales.	Comportamiento hidrogeológico. Generación de presiones intersticiales.
	Deformación	Modificación en el balance hídrico. Erosión.
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna. Generación de zonas de debilidad.
Desencadenantes	Precipitaciones y aportes de agua.	Variaciones de las presiones intersticiales y peso del terreno.
	Cambios en las condiciones hidrológicas.	Saturación en suelos. Erosión.
	Aplicación de cargas estáticas y dinámicas.	Cambio en la distribución del peso de los materiales y el estado tensional de la ladera. Incremento de presiones intersticiales.
	Cambios morfológicos y de geometría en las laderas.	Cambios en las fuerzas debidas al peso. Cambio en el estado tensional.
	Erosión o socavamiento del pie.	Cambios geométricos en la ladera. Cambios en la distribución del peso de los materiales y el estado tensional de la ladera.
	Acciones climáticas (proceso de deshielo, heladas y sequía).	Cambio en el contenido de agua del terreno. Generación de grietas y planos de debilidad. Disminución de las propiedades de resistencia.

Fuente: Tomado de González de Vallejo, (2002).

1.20. La Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa

La susceptibilidad es la facilidad de que un fenómeno pueda ocurrir sobre la base de condiciones locales del terreno. La susceptibilidad puede ser evaluada de dos formas: la primera es mediante la experiencia donde se observa la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área de estudio, evaluando la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno, a su vez la segunda forma siguiendo un sistema teórico donde se mapea el mayor número de factores que puedan afectar para su ocurrencia y eso lograr evaluar la contribución de cada factor (Suárez, 1998, p.358).

1.21. Metodología Mora Vahrson Modificada para Delimitar Zonas de Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa

Método desarrollado en Costa Rica por Sergio Mora y Wilhelm-Günther Vahrson en el año 1991, con el objetivo de hacer una clasificación de susceptibilidad a los deslizamientos en un área o región específica mediante la utilización de indicadores morfo-dinámicos del terreno (Mora, 2004, p.2).

Pues se basa en la interacción de información relacionada con los factores de susceptibilidad (Relieve relativo, Litología, Humedad del suelo), y los factores de disparo (Actividad sísmica y Precipitación). De manera general este método se lo expresa a través de la siguiente relación matemática:

$$H = EP * D$$

Dónde:

H: Grado de amenaza o susceptibilidad a remociones en masa (deslizamientos).

EP: Producto entre los factores intrínsecos condicionantes (pasivos).

D: Producto entre los factores extrínsecos desencadenantes (activos).

De tal forma que los elementos intrínsecos o condicionantes como son: el Relieve relativo (**Sr**), Litología (**Sl**), Humedad del suelo (**Sh**), y los elementos extrínsecos o desencadenantes Sismicidad (**Ts**) y Precipitación (**Tp**), con la asignación de valores o pesos que al remplazarlos en la ecuación se obtiene los rangos de la susceptibilidad.

$$H = (Sr \times Sl \times Sh) * (Ts + Tp)$$

De esta forma decimos que, el cálculo de los rangos de susceptibilidad son el producto de elementos condicionantes intrínsecos y la acción de los elementos extrínsecos desencadenantes.

1.22. Caracterización de los Factores del Método Mora Vahrson Modificado

1.22.1. *Relieve relativo (Sr)*

Relacionado con los valores de inclinación del terreno, para la generación del mapa de pendientes.

Tabla 4-1: Valores para el factor de relieve relativo.

Valor pendiente (m/km ²)	Equivalente en Grados	Cualificación	Factor (Sr)
0 – 75	0 - 4.29	Muy baja	0
76 – 175	4.30 - 9.93	Baja	1
176 - 300	9.94 - 16.70	Moderada	2
301- 500	16.71 - 26.57	Media	3
501- 800	26.58 - 38.66	Alta	4
>800	> 38.66	Muy alta	5

Fuente: Mora y Vahrson, 1993.

1.22.2. *Litología (Sl)*

Para este parámetro se consideran los tipos de suelos o de rocas, conociendo su mineralogía, grado de meteorización, estado de las fracturas, ángulos de buzamiento; ya que son preponderantes en la cinemática y de la influencia en el comportamiento de las laderas.

Tabla 5-1: Valores para el factor litológico.

Litología	Cualificación	Factor (Sl)
Aluvión grueso, permeable, compacto, nivel freático bajo. Calizas duras permeables. Rocas intrusivas, poco fisuradas, bajo nivel freático. Basaltos, andesitas, ignimbritas Características físicas mecánicas: material sano con poca o ninguna meteorización, resistencia al corte elevada, fisuras sanas, sin relleno.	Bajo	1
Rocas sedimentarias no o muy poco alteradas, poco fisuradas. Rocas intrusivas, calizas duras. Características físico mecánicas: resistencia al corte media a elevada.	Moderado	2
Rocas sedimentarias, intrusivas, lavas, ignimbritas, tobas poco soldadas, rocas metamórficas mediana a fuertemente alteradas. Niveles freáticos relativamente altos.	Medio	3
Aluviones fluvio lacustres, suelos piro-clásticos poco compactados, rocas fuertemente alteradas.	Alto	4
Materiales aluviales, coluviales de muy baja calidad mecánica, rocas con estado de alteración avanzado, drenaje pobre. Se incluyen los casos 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos elevados.	Muy alto	5

Fuente: Mora y Vahrson, 1993.

1.22.3. Humedad del suelo (Sh)

Se toman en cuenta los valores de precipitación media mensuales de estaciones meteorológicas cercanas.

Tabla 6-1: Parámetros de humedad.

Precipitación media mensual (mm/mes)	Valor asignado
< 125	0
125 – 250	1
> 250	3

Fuente: Mora y Vahrson, 1993.

Tabla 7-1: Valores para el factor de humedad del suelo

Valor acumulado de índices de precipitación	Cualificación	Factor (Sh)
0 – 4	Muy bajo	1
5 – 9	Bajo	2
10 – 14	Medio	3
15 – 19	Alto	4
20 – 24	Muy alto	5

Fuente: Mora y Vahrson, 1993.

1.22.4. Actividad sísmica (T_s)

Este factor de disparo clasifica el valor en diez rangos teniendo en cuenta los datos de la aceleración pico efectiva correspondiente a la zona.

Tabla 8-1: Valores para el factor de la sismicidad

Intensidades (MM)	Aceleraciones Pico (% g)	Aceleración PGA (m/s^2)	Cualificación	Factor (T_s)
III	1-12	0.098 - 1.226	Leve	1
IV	13-20	1.227 - 2.011	Muy bajo	2
V	21-29	2.012 - 2.894	Bajo	3
VI	30-37	2.895 - 3.679	Moderado	4
VII	38-44	3.680 - 4.365	Medio	5
VIII	45-55	4.366 - 5.445	Elevado	6
IX	56-65	5.446 - 6.426	Fuerte	7
X	66-73	3 6.427 - 7.210	Bastante fuerte	8
XI	74-85	5 7.211 - 8.388	Muy fuerte	9
XII	>85	> 8.389	Extremadamente fuerte	10

Fuente: Mora y Vahrson, 1993.

1.22.5. Precipitación (T_p)

Este valor se determina tomando en cuenta la precipitación máxima en 24 horas para un cierto periodo de retorno en años.

Tabla 9-1: Valores para el factor de la precipitación

Precipitación máxima (mm/día)	Cualificación	Factor (T_p)
< 100	Muy bajo	1
101 – 200	Bajo	2
201 – 300	Medio	3
301 – 400	Alto	4
> 400	Muy alto	5

Fuente: M. Sc. Rolando Mora Chinchilla, 1992.

1.23. Clases de la susceptibilidad y calificativo según sus características.

Tabla 10-1: Clasificación de la susceptibilidad.

Clase	Calificativo de la susceptibilidad	Características
I	Muy baja	Sectores estables, no se requieren medidas correctivas.
II	Baja	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura.
III	Moderada	No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio.
IV	Alta	Probabilidad de deslizamiento alta (< 50%) en caso de lluvias de intensidad alta.
V	Muy alta	Probabilidad de deslizamiento muy alta (> 50%) en caso de lluvias de intensidad alta.

Fuente: Tomado de Mora y Vahrson, 1993.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Recopilación de información

En el desarrollo del presente trabajo se ha recopilado información bibliográfica pertinente al área de estudio, se analiza fotografías aéreas, carta topográfica base regional del área a una escala 1:25.000 del IGM y del procesamiento de Modelos de Elevación Digital.

Además, de contar con datos de estaciones meteorológicas cercanas de los informes publicados por la INAMHI, toda la información recolectada se la procesa en softwares como el paquete de ARCGIS versión 10.2, pudiéndose manipular la información cartográfica base del área de estudio y las demás cartas que se elaborarán para generar un mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.

2.1.1. *Cartografía base*

El mapa base está constituido principalmente de curvas de nivel obtenidas a partir de un Modelo de Elevación Digital, ríos principales, vías y límite del área de estudio, detallado con una leyenda, con una escala de 1: 15.000 para su representación. La información cartográfica ha sido trabajada en un sistema de coordenadas correspondientes al Datum UTM WGS84 Zona 17S, modelada mediante el uso de ArcMap del paquete de ArcGis.

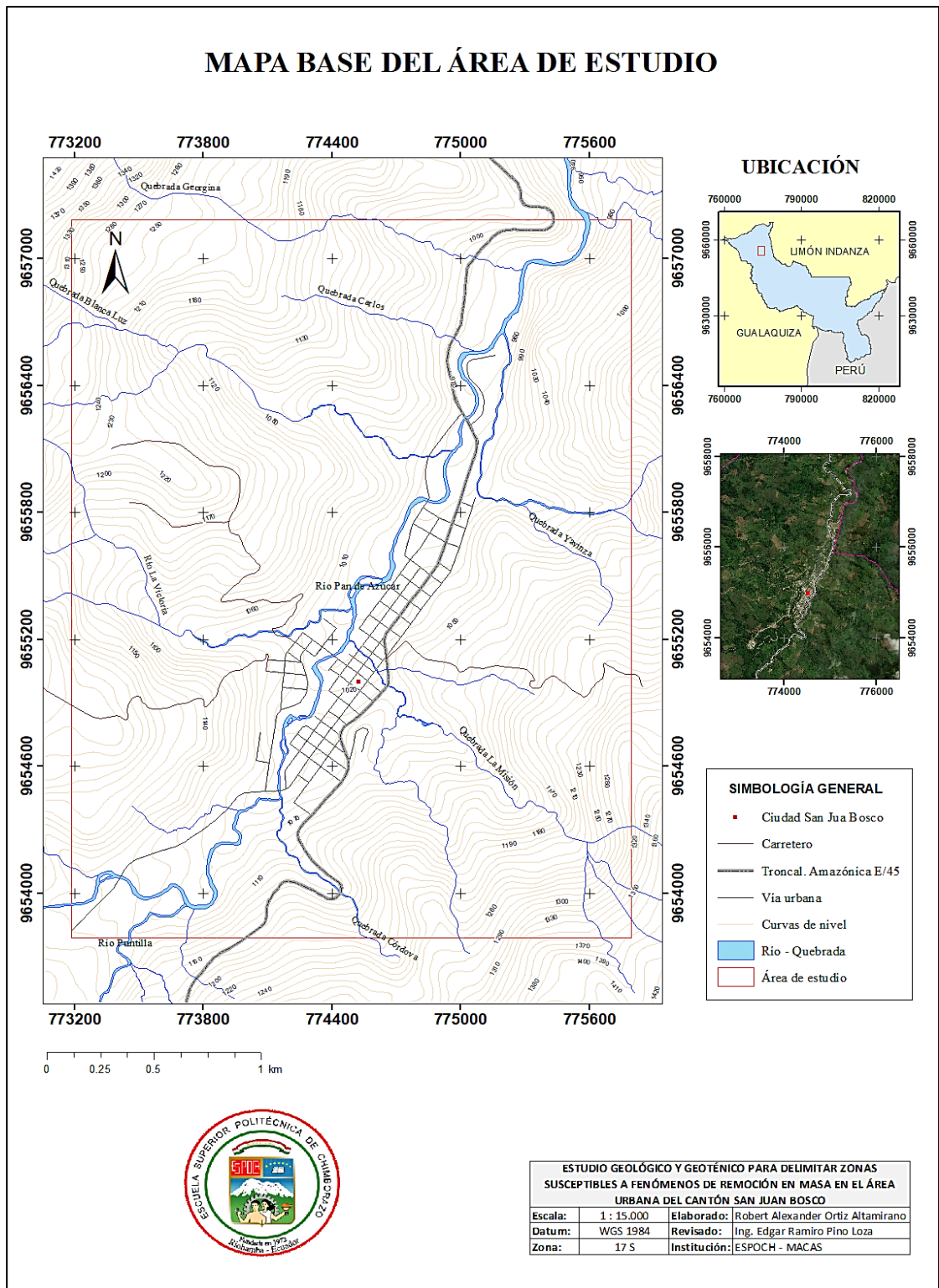


Figura 1-2. Mapa base del área urbana del cantón San Juan Bosco.

Realizado Por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.2. Trabajo de Campo

2.2.1. Geología local

El trabajo de campo se desarrolló de manera sistemática haciendo uso la cartografía base e instrumentación geológica, analizando los puntos que muestran mayor información litológica, geomorfológica y estructural posible, siguiendo los cauces de los diferentes ríos y quebradas, así como vías con taludes actuales.

Punto GL1, (Margen derecho, río Pan de Azúcar):

X: 774358, Y: 9655028, con una cota Z: 1027 m.s.n.m.

Afloramiento de lutitas negras, presentando planos de foliación en resultado a los esfuerzos tectónicos, que a su vez contiene vetillas mineralizadas de calcita, en espesores milimétricos, estos estratos están medianamente fracturados paralelamente por erosión, encontrándose orientado en una dirección $23^{\circ}/90^{\circ}$ NW, aflorando al margen izquierdo en unos 20 metros de longitud de río Pan de Azúcar.



Figura 2-2: Lutita tectonizada con vetillas de Calcita.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL3, (Margen izquierdo, río Pan de Azúcar):

X: 774315, Y: 9654925, con una cota en Z: 1030m.s.n.m.

Afloramiento de Lutita pizarrosa donde los estratos están muy fracturados ya que muestran plegamiento por esfuerzos tectónicos, esta roca está medianamente alterada por la meteorización presentando una coloración rojiza, este afloramiento tiene una altura de 4 metros y una longitud de 10 metros, los estratos están en una dirección de $128^{\circ}/29^{\circ}$ NE.



Figura 3-2. Estratos de Lutita fracturada por tectonismo.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL4, (Puente-1, río Pan de Azúcar):

X:774157, Y: 9654484, con una cota en Z: 1037 m.s.n.m.

Afloramiento de Lutita conformado de bloques grandes fracturados por esfuerzos tectónicos y acción erosiva del agua, también se puede visualizar la presencia de mineralización de calcita en forma de vetillas, este afloramiento tiene una altura de 4 m y una longitud a lo largo del río aproximadamente 30 m en su margen derecho, los estratos están orientados estructuralmente en $225^{\circ}/80^{\circ}$ NW.



Figura 4-2. Bloques fracturados de Lutita.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL6, (Margen derecho, río Pan de Azúcar):

X: 774157, Y: 9654484, en la cota Z: 1044 m.s.n.m.

Lutita negra foliada, cuenta con una serie mineralizada de vetillas de Calcita y además se intercalada con delgados estratos de Caliza gris, tanto al margen derecho como al izquierdo, este macizo se encuentra expuesto a la erosión ejercida por el río; estos estratos están estructuralmente orientados en $215^{\circ}/80^{\circ}$ NW.



Figura 5-2. Lutita tectonizada con estratos delgados de Caliza gris.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL8, (Talud - Vivienda):

X: 774083, Y: 9654590, en una cota Z: 1057 m.s.n.m.

En este punto encontramos un talud de corte de unos 75° de inclinación, donde tenemos un macizo rocoso de Lutita fracturada con planos de foliación, orientada en una dirección $238^\circ/44^\circ$ SE, este talud tiene una altura de 8 m por una longitud de 15 m, el macizo presenta un sistema de vetillas de Calcita poco persistentes.



Figura 6-2. Talud de Lutita negra foliada.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL9, (Puente-2, río Pan de Azúcar):

X: 774682, Y: 9655652, cota en Z: 976 m.s.n.m.

En este punto encontramos aflorando una serie sedimentaria intercalada de Lutita negra y Caliza gris, también cuenta con un sistema de vetillas de Calcita con espesores centimétricos, el macizo se encuentra deformado y fracturado en bloques como producto de fuerzas compresivas, estructuralmente está orientado en $200^\circ/28^\circ$ NW, sobre esta estructura tenemos depositado una capa de arena arcillosa como matriz cementante con bloques de Arenisca medianos, este afloramiento tiene en una longitud de 60 m, en las dos márgenes del río.



Figura 7-2. Intercalación de Lutita negra, Caliza gris y vetillas de Calcita.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL10, (Puente-3, río Pan de Azúcar):

X: 774862, Y: 9655651, a una cota en Z: 987 m.s.n.m.

Tenemos un afloramiento con una serie intercalada de Lutita y Caliza de color gris con microfósiles, evidente además unas pequeñas vetillas con espesor centimétricos de calcita poco persistentes, la orientación que presentan las estructuras es de $200^{\circ}/62^{\circ}$ NW, este afloramiento tiene una potencia de 8 m y una longitud paralela al río en unos 80 m, el afloramiento se encuentra en el puente paso al recinto ferial de la ciudad de San Juan Bosco.



Figura 8-2. Intercalación de estratos de Lutita negra, Caliza gris con microfósiles.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL12 (Talud corte de vía):

X: 774192, Y: 9655147, en una cota Z: 1036 m.s.n.m.

Afloramiento de 5 m de altura y 20 de ancho, presenta estratos de Lutita con un clivaje pizarroso, alterado por la meteorización y un plegamiento de forma anticlinal, esta roca está afectada por pre-metamorfismo o metamorfismo leve localizado en la parte alta, donde el flanco izquierdo está orientado en $190^{\circ}/24^{\circ}$ SE, el flanco derecho tiene una dirección de $40^{\circ}/35^{\circ}$ NW.



Figura 9-2. Lutita con clivaje pizarrosa, muy meteorizada.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL14, (Margen derecho, río La Victoria):

X: 774111, Y: 9655253 a una cota Z: 1027 m.s.n.m.

Lutita con clivaje pizarroso con presencia de vetillas delgadas de Calcita, encontrándose afectada por un grado alto de meteorización, en las juntas del macizo rocoso un goteo ocasional que representa un flujo no continuo; estructuralmente orientado hacia el NW, además, este afloramiento tiene una longitud paralela al río de 15 m.



Figura 10-2. Macizo de Lutita negra con clivaje pizarroso muy fracturada.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL15, (Río La Victoria):

X: 774023, Y: 9655227, a una cota de altura Z: 1027 m.s.n.m.

Lutita negra con un sistema de mineralización en forma de vetillas de Calcita con espesores centimétricos, esta roca presenta además unas capas delgadas de caliza gris, sobre este macizo está depositado bloques grandes de Cuarzita que han sido transportados por el agua, este afloramiento es apreciable en el cauce y en las dos márgenes de este río en unos 15 m, la orientación estructural es de $20^{\circ}/70^{\circ}$ NW.



Figura 11-2. Lutita intercalada con Caliza gris y vetillas de Calcita.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL16, (Margen izquierdo, río La Victoria):

X: 779232, Y: 9655252, y a una cota en Z: 1025 m.s.n.m.

Un Afloramiento de 6 m de altura y 12 m de ancho, presenta un macizo Pizarras negras con discontinuidades como resultado de fuerzas compresivas dirigidas regionalmente, esta roca se encuentra alterada y descompuesta por acción meteórica al contacto de humedad sin tener flujo de agua en juntas, estos estratos están orientados en $40^{\circ}/78^{\circ}$ NW.



Figura 12-2. Pizarras negras muy meteorizadas, planos de discontinuidad por tectónica.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL17, (Margen izquierdo, río la Victoria):

X: 77426267, Y: 9655256, en una cota Z: 1017 m.s.n.m.

Se apreció una Lutita negra plegada y Calcita en forma de vetillas delgadas dispersamente en el macizo, dispuesta estructuralmente en $120^{\circ}/40^{\circ}$ NE; sobre los estratos de Lutita se ha depositado un gran volumen de material que por la acción erosiva del agua en su base ha provocado un deslizamiento tipo rotacional, el material deslizado es un suelo limo-arcilloso de color ocre con un contenido de bloques y cantos sub-redondeados de Cuarzita, en la parte de la corona es evidente su escarpe del movimiento; este deslizamiento tiene una altura de 6 m y 10 m de ancho.



Figura 13-2. Deslizamiento rotacional de un coluvio-aluvial sobre Lutita.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto LG18, (Unión río Pan de Azúcar y quebrada Yavinza):

X: 775200, Y: 9656659, en una cota Z: 953 m.s.n.m.

Una serie estratigráfica intercalada de Lutita negra con paquetes masivos de Caliza gris, con unas delgadas vetillas de Calcita, distribuidas erráticamente con planos de foliación, resultado de un metamorfismo que ha fracturado la roca siguiendo a los planos de estratificación; este macizo es apreciable en el punto donde la quebrada Yavinza desemboca en el río Pan de Azúcar, los estratos cuentan con una orientación estructural de 30°/35° NW.



Figura 14-2. Serie estratigráfica intercalada de Lutita y Caliza gris.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto LG19, (Talud, Estadio Municipal):

X: 775164, Y: 9656421, cota Z: 967m.s.n.m.

Un talud de unos 4 m de altura y 40 m de ancho con un ángulo de talud de 80° aproximadamente, con una capa de suelo residual en la parte alta, por debajo un macizo rocoso de capas de roca fresca de Lutita con Caliza gris y capas de limos grafitosos, los estratos están estructuralmente con una dirección de 170°/50° NE. Los estratos de roca están en una dirección discordante con la capa de suelo residual (discordancia litológica – angular).



Figura 15-2. Discordancia litológica entre roca y capa de suelo.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL20, (Talud-Vía, Estadio Municipal):

X: 775109, Y: 9656376, a una cota Z: 966 m.s.n.m.

En este talud de corte de 3 m de altura y 30 m de ancho, cuenta con un contacto discordante entre un depósito actual (coluvio- aluvial) y un macizo de roca meteorizada de Lutita negra fracturada en planos preferentes a la estratificación; el depósito suprayacente está conformado de bloques subredondeados de Cuarzita y clastos angulosos de Pizarras negras en una matriz arcillo arenosa de color café oscuro, los estratos de roca están orientados estructuralmente en $185^{\circ}/87^{\circ}$ SE.

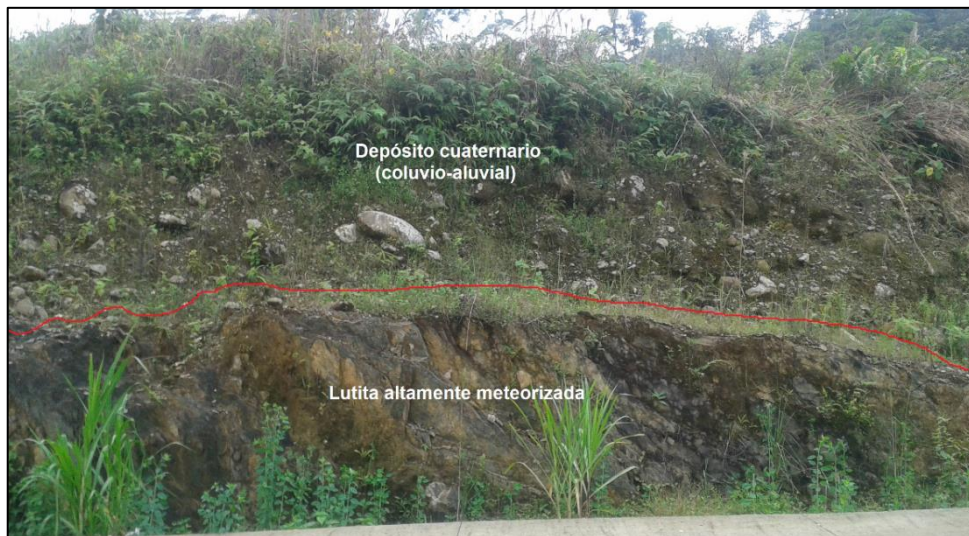


Figura 16-2. Contacto entre roca sedimentaria meteorizada (Lutita) y un depósito actual.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL21, (Margen derecho, quebrada Blanca Luz):

X: 774727, Y: 9656556, a una cota Z: 1007 m.s.n.m.

Un macizo de roca de pizarras muy meteorizadas con un grado de fracturación alta, además los estratos de Pizarra cuentan con un ligero plegamiento, donde la erosión laminar hace que los fragmentos caigan y sean arrastrados por el agua, los estratos están orientados estructuralmente en $195^{\circ}/72^{\circ}$ SE. Cuenta también una capa de suelo residual caído con clastos fracturados angulosos de varios tamaños con una distribución heterogénea. Este afloramiento tiene una altura de 7 metros y una longitud de 10 metros de ancho.

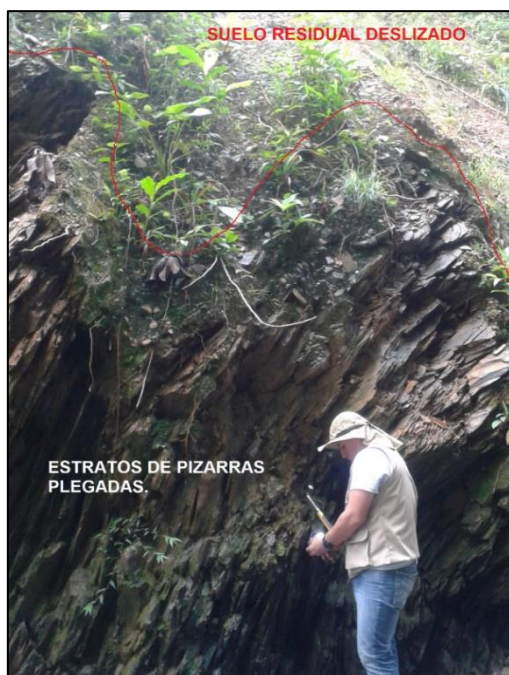


Figura 17-2. Pizarras muy meteorizadas y fracturadas planamente al plegamiento.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL23, (Margen izquierdo, quebrada Blanca Luz):

X:774670, Y: 9556098, a una cota Z: 1000 m.s.n.m.

Afloramiento de roca Lutita negra con un sistema de vetillas delgadas de Calcita, de una altura de 8 m y una longitud de 10 m, el macizo está orientado estructuralmente en $188^{\circ}/80^{\circ}$ SE, correspondiendo a la tectónica asociada con las fallas cercanas a la zona.

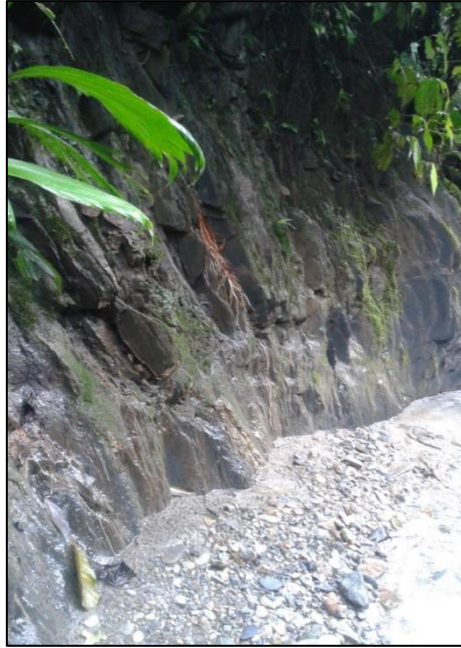


Figura 18-2. Lutita negra fracturada por esfuerzos tectónicos.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL25, (Margen izquierdo, quebrada Blanca Luz):

X: 774371, **Y:** 9656315, en la cota **Z:** 1026 m.s.n.m.

La fuerza ejercida por la dinámica de la tectónica ha hecho que la roca sedimentaria se deforme y presente un alto grado de fractura, este afloramiento de Lutitas con un sistema de vetillas delgadas de Calcita, tiene una altura de 6 m y una anchura de 15 m aproximadamente, en la parte de la base del afloramiento es afectado la erosión en forma laminar en la roca, en la parte superior la meteorización de la roca nos da un horizonte de alteración en la roca hasta tener un suelo residual arcillo-limoso de color café, los estratos de este macizo están en una dirección de 5°/35° NW.



Figura 19-2. Afloramiento de Lutita tectonizada y meteorizada.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL26, (Talud-Vía, troncal amazónica, Abscisa 23+010):

X: 774932, **Y:** 9656552, a una cota **Z:** 978 m.s.n.m.

Un talud de corte vial donde tenemos una capa de Lutita negra que presenta planos de foliación con una potencia de 3 m, presentando vetillas delgadas de Calcita, sobre esta tenemos dispuesta una capa de roca con planos pizarrosos con una meteorización alta, la parte superior tenemos materia residual arcillo-limoso como matriz, englobando clastos sub-angulosos dispersos de pizarras y cuarcitas. Este talud tiene una potencia total de 15 m y una longitud de 20 m aproximadamente; los estratos están orientados en unos $200^{\circ}/20^{\circ}$ NW.



Figura 20-2. Secuencia de Lutita foliada, Pizarra meteorizada y clastos de Cuarzita.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL27, (Talud-Vía, troncal amazónica, abscisa 22+950):

X: 774953, Y: 9656619, a una cota Z: 986 m.s.n.m.

Un talud de vía con un ángulo de 75° de inclinación, una altura de 10 m y un ancho de 30 metros, compuesto por estratos de pizarras fracturados y afectado por un grado de meteorización alto, los estratos están orientados en unos de $105^\circ/35^\circ$ SE, en la parte superior una capa materia residual limo-arcillosa.



Figura 21-2. Pizarras altamente meteorizadas.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL29, (Talud-Vía troncal amazónica, abscisa 22+700):

X: 775006, Y: 9666851, a una cota Z: 984 m.s.n.m.

Un afloramiento de pizarras altamente meteorizada con un grado elevado de fracturamiento en planos paralelos preferentes a su estratificación, los estratos de este macizo están orientados estructuralmente en unos $235^{\circ}/50^{\circ}$ NW.



Figura 22-2. Pizarras bandeadas, muy meteorizadas.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL32, (Talud-Vía troncal amazónica, abscisa 22+920):

X: 775318, Y: 9657151, en la cota Z: 1009 m.s.n.m.

Una capa de potencia aparente de 3 m de Lutita negra con planos de foliación, con una baja resistencia por encontrarse afectado por agentes meteóricos como la humedad, hacia la parte superior se apreció una serie de capas de rocas pizarrosas con una coloración rojiza a ocre fracturadas con un alto grado de meteorización. Los estratos tienen una dirección de $3^{\circ}/45^{\circ}$ NW, este talud de corte tiene una altura de 20 metros y una longitud de 50 metros.



Figura 23-2. Lutita negra foliada, pizarras muy meteorizadas y suelo residual.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL34, (Margen derecho, quebrada Yavinza):

X: 775073.Y: 9656954, en la cota Z: 993 m.s.n.m.

Lutita y Caliza presentando una estructura plana de fractura, no presenta humedad es una roca con un grado de meteorización baja, esta estructura está orientada a una dirección de $175^{\circ}/70^{\circ}$ NE, este afloramiento tiene un 1.50 metros de altura y una longitud de 6 metros, sobre estos estratos está depositado una capa de material arcillo-limoso de suelo residual.



Figura 24-2. Caliza intercalada de estratos delgadas de Lutita meteorizada.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL37, (Unión quebradas Yavinza y Damián):

X: 775670, Y: 9655822, en la cota Z: 1041 m.s.n.m.

Un macizo de roca Caliza negra masiva con un contenido de fósiles, intercalada con estratos de Lutita, cuenta con fracturas paralelas a los planos de estratificación, la roca esta alterada por la erosión, que han provocado el desplome de bloques, que han sufrido deformación por esfuerzos compresivos dirigidos, las estructuras del macizo se están orientadas en unos $172^{\circ}/85^{\circ}$ NE, este afloramiento tiene 5 m de altura en una longitud de 20 m.

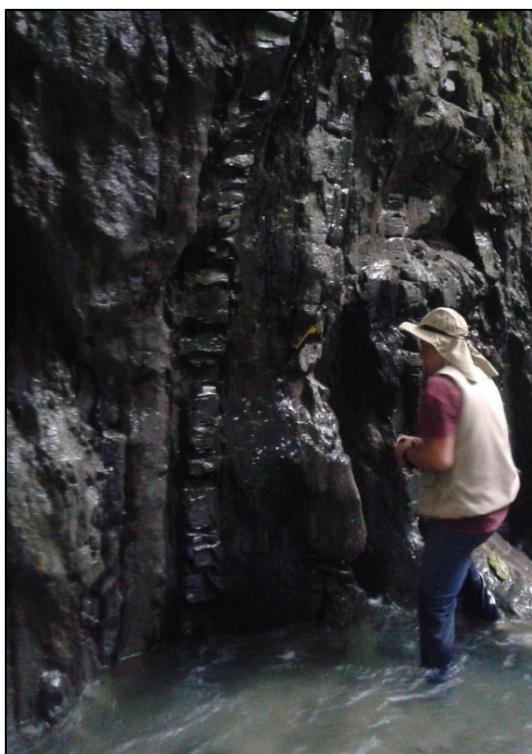


Figura 25-2. Estructura de roca Lutita y Caliza negra con fósiles.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL38, (Talud-Vía troncal amazónica, abscisa 25+000):

X: 774539, Y: 9654830, en la cota Z: 1037 m.s.n.m.

Se observó un talud la roca Lutita fracturada y foliada paralelamente a la orientación de sus estratos, este macizo esta meteorizado presentando coloración rojiza, además tenemos material arcillo-limoso resultado de la alteración meteórica de la roca, los estratos están en dirección de 125°/14° SE, este talud tiene una potencia de 10 metros y una longitud de 15 metros.



Figura 26-2. Talud de Lutitas muy alteradas por la meteorización.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL39, (Talud-Vía troncal amazónica, abscisa 25+740):

X: 774263, Y: 9654245, en la cota Z: 1087 m.s.n.m.

Se observó un talud de 12 metros de alto por unos 25 metros de ancho, con presencia de estratos de Lutita y delgados paquetes de Arenisca, el macizo está muy fracturado, presentando bandas de roca fresca y otras alteradas por la meteorización; las capas de los estratos están orientadas a una dirección de $165^{\circ}/40^{\circ}$ NE.

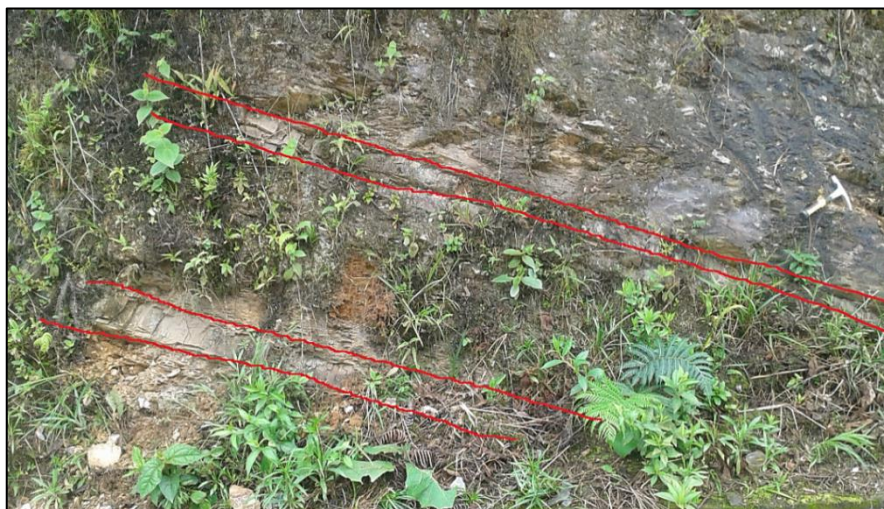


Figura 27-2. Lutita y Arenisca muy alterados por la meteorización.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL42, (Quebrada Córdoba):

X: 774485, Y: 9654010, a una cota Z: 1133 m.s.n.m.

Un afloramiento de unos 3 metros de altura por 7 metros de ancho, presenta una serie bloques de Lutita muy fracturada con delgadas capas estratificadas de Caliza, estructuralmente está afectado por un sistema persistente de discontinuidades paralelos a su estratificación, con un espaciamiento de bloques entre 20 y 50 centímetros, como el resultado tectónico a esfuerzos de empuje ejercido en la zona, las estructuras se orientan en una dirección de $140^{\circ}/35^{\circ}$ NE.



Figura 28-2. Estratos de Lutita y Caliza, afectados por tectonismo.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL43, (Talud-Vía troncal amazónica, abscisa 24+900):

X: 774662, Y: 9654961, en una cota Z: 1035 m.s.n.m.

Un talud de unos 20 metros de altura y unos 25 metros de ancho, tiene un ángulo de talud de 75° aproximadamente, está conformado de capas alteradas de Lutita negra, con una diferenciación en el grado meteorización, evidenciándose las bandas u horizontes del proceso transitorio de meteorización entre roca y suelo, presenta una coloración rojiza a pardo, en la cabeza del talud se aprecia una capa de suelo residual, los horizontes están en dirección de $225^{\circ}/8^{\circ}$ SE.



Figura 29-2. Estratos de Lutita alterada y descompuesta por la meteorización.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL45, (Margen derecho, río La Misión):

X: 774739, Y: 9654851, en una cota Z: 1044 m.s.n.m.

Un afloramiento de 3 metros de altura y 15 metros de longitud, compuesto por estratos de Lutita y Caliza gris con fracturas moderadas y meteorización baja, presentando una coloración rojiza en los planos de fractura, los estratos de este macizo están orientados estructuralmente en $215^{\circ}/85^{\circ}$ SE.



Figura 30-2. Lutita, capas delgadas de Caliza, moderadamente fracturadas y meteorizadas.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Punto GL46, (Talud-Vía troncal amazónica, abscisa 24+780):

X: 774681, Y: 9655135, en una cota Z: 1012 m.s.n.m.

Un talud de corte de vía de 15 metros de altura y 25 metros de ancho, con un ángulo de talud de 80° aproximadamente, compuesto de Pizarras y Filitas muy alteradas por la meteorización, que ha ocasionado que se fracturen y se desprendan, lo cual indica que el talud no es estable, la secuencia de los estratos tiene una orientación de 125°/7° NE.



Figura 31-2. Talud de Pizarras y Filitas muy fracturadas y meteorizadas.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Tabla 1-2: Base de datos geológicos del levantamiento de campo.

Punto	X	Y	Z	Dato estructural	Litología
GL1	774358	9655028	1027	23/ 90	Lutita negra, vetillas de calcita
GL2	774334	9654954	1028	184/36	Lutita tectonizada negra
GL3	774315	9654925	1030	128/29	Lutita tectonizada negra
GL4	774157	9654484	1037	225/80	Lutita tectonizada negra
GL5	774115	9654461	1045	215/80	Lutita tectonizada negra
GL6	774058	9654446	1039	231/35	Lutita negra
GL7	774083	9654570	1057	20/20	Pizarras, filitas, suelo residual
GL8	774083	9654590	1057	58/44	Lutita negra
GL9	774682	9655652	976	20/28	Lutita negra, caliza gris
GL10	774852	9655847	987	20/62	Lutita negra, caliza gris
GL11	774806	9656083	990	17/75	Lutita negra, caliza gris
GL12	774192	9655147	1036	10/25	Lutita, vetillas de calcita
GL13	774145	9654883	1029	30/65	Lutita negra
GL14	774111	9655253	1027	30/70	Lutita negra
GL15	774023	9655227	1027	20/70	Lutita negra, caliza gris
GL16	774232	9655252	1025	40/78	Pizarras, filitas, suelo residual
GL17	774262	9655256	1017	120/40	Lutita negra, des. Rotacional
GL18	775200	9656659	953	30/35	Lutita negra, caliza gris
GL19	775164	9656421	967	170/50	Lutita negra, caliza gris

GL20	775109	9656376	967	185/87	Lutita negra
GL21	774727	9656065	1007	195/72	Pizarras, filitas, suelo residual
GL22	774678	9656078	1007	200/40	Lutita negra
GL23	774670	9656098	1000	188/80	Lutita negra, vetillas de calcita
GL24	774579	9656165	1036	195/82	Lutita, caliza, vetillas de calcita
GL25	774371	9656315	1026	5/60	Lutita negra, caliza gris
GL26	774932	9656552	978	20/20	Lutita/pizarras y filitas
GL27	774953	9656619	986	185/35	Pizarras, filitas, suelo residual
GL28	774944	9656694	985	200/15	Pizarras, filitas, suelo residual
GL29	775006	9656851	984	235/50	Pizarras, filitas, suelo residual
GL30	775017	9656918	988	185/20	Pizarras, filitas, suelo residual
GL31	775251	9657148	1004	5/45	Lutita/pizarras y filitas
GL32	775318	9657151	1009	3/45	Lutita/pizarras y filitas
GL33	775444	9657161	1009	23/15	Lutita/pizarras y filitas
GL34	775073	9655954	993	175/70	Lutita negra, caliza gris
GL35	775111	9655877	997	200/35	Lutita, caliza, vetillas de calcita
GL36	775511	9655819	1016	170/85	Lutita, caliza fosilífera
GL37	775670	9655822	1041	172/85	Lutita, caliza fosilífera
GL38	774539	9654830	1037	125/15	Lutita negra
GL39	774263	9654245	1087	165/40	Lutita negra
GL40	774368	9654116	1092	8/43	Lutita /pizarras y filitas
GL41	774151	9654026	1114	25/20	Pizarras, filitas, suelo residual
GL42	774485	9654010	1133	140/35	Lutita negra, caliza gris
GL43	774662	9654961	1135	225/8	Lutita negra, caliza gris
GL44	774737	9654918	1136	195/75	Lutita /pizarras y filitas
GL45	774739	9654851	1044	195/85	Lutita negra, caliza gris
GL46	774681	9655135	1012	215/7	Pizarras, filitas, suelo residual
GL47	774566	9655128	1026	20/75	Lutita, caliza, vetillas de calcita
GL48	773544	9654157	1013	-	Coluvial
GL49	774226	9654904	1023	155/70	Contacto de coluvial
GL50	774271	9655043	1029	70/45	Contacto de coluvial
GL51	775224	9656521	960	-	Coluvial
GL52	775120	9656411	966	-	Coluvial
GL53	775164	9656421	967	5/70	Falla inversa/lutita negra
GL54	774757	9656035	1005	170/65	Falla normal/pizarras negras

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.2.2. Geomorfología

La geomorfología de la zona inmediata al área de estudio presenta una secuencia de montañas muy definidas en sentido NE – SW, provocado por la tectónica de la región, tal es el caso del cerro Pan de Azúcar, que está localizado al SW de la ciudad de San Juan Bosco, siendo este el resultado de empujes dirigidos que han ejercido presión y han fracturado los estratos, resultado de ello un sistema plegado que se exponen en cortes, afloramientos en los ríos y quebradas.

El área de estudio representa un valle fluvial tipo V, resultado de la erosión, del principal e importante encausamiento fluvial de la microcuenca del río Pan de Azúcar y sus afluentes menores que lo alimentan, como la quebrada La Misión, la quebrada Córdoba, río La Victoria, quebrada Blanca Luz, Quebrada Georgina, Yavinza y Carlos, que confluyen en el área de estudio, siendo estos los principales modeladores del relieve en laderas y depósitos de fondo de este valle.



Figura 32-2. Panorámica tomada desde el extremo norte del área.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.2.3. Identificación de geformas del terreno

Mediante el reconocimiento de las geformas que presenta la topografía del área de estudio, se ha clasificado de acuerdo con su génesis, tomando en cuenta el contexto morfológico y el dominio fisiográfico de la región. Este trabajo se lo ha realizado con el uso de la cartografía base y litología levantada previamente, donde con ayuda de insumos como ortofotos se realizó el modelo cartográfico de la geomorfología.

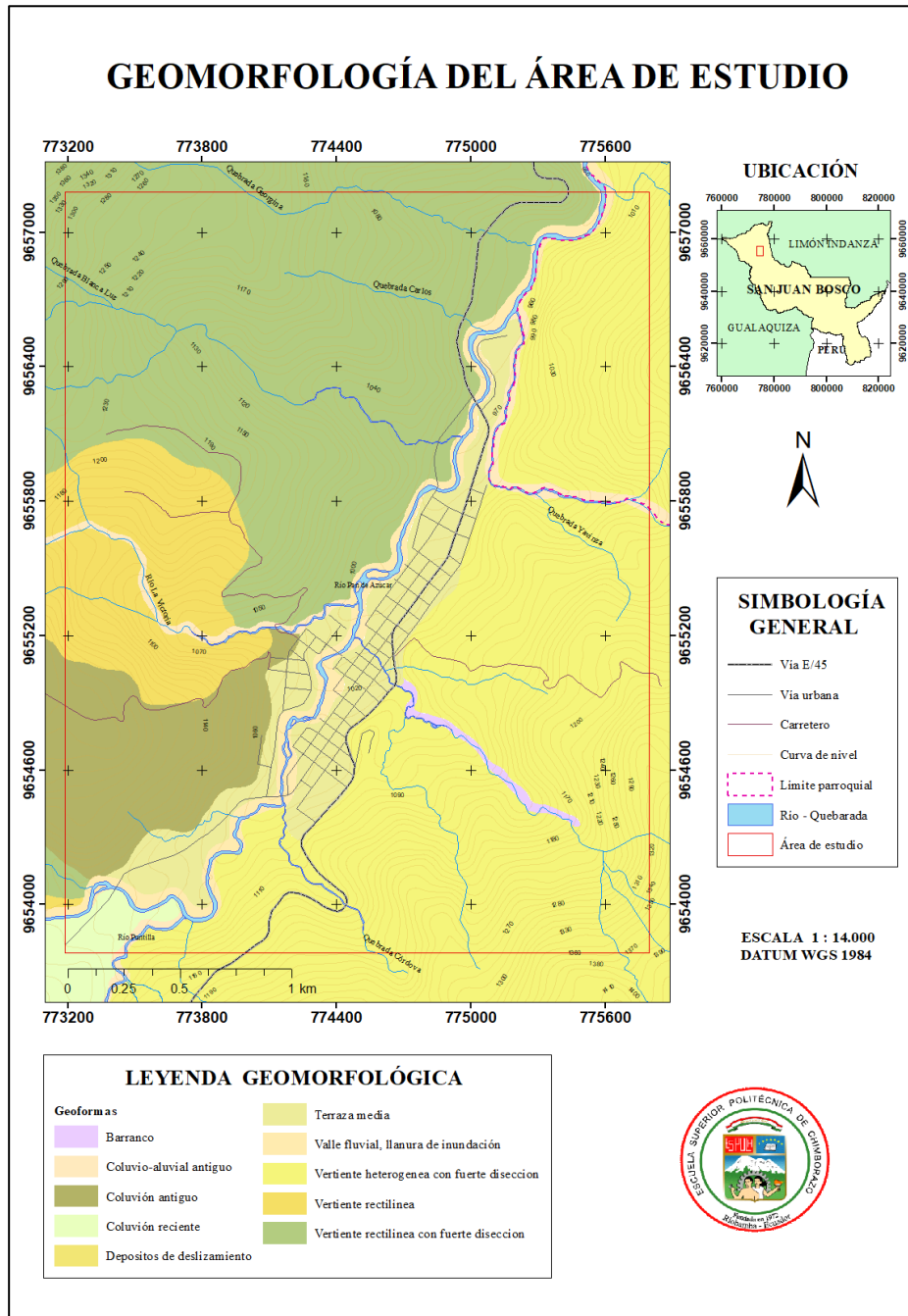


Figura 33-2. Modelo geomorfológico del área.

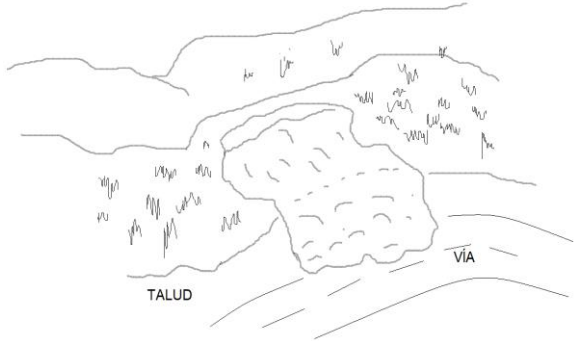

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.3. Levantamiento de Caracterización de los Movimientos en Masa Existentes

El levantamiento de datos en deslizamientos presentes en el área de estudio, se efectuó mediante fichas de campo en donde se contemplan las características y condiciones de los tipos de movimientos en masa existentes más representativos que nos ayuden con la determinación de las posibles causas de su desenlace.

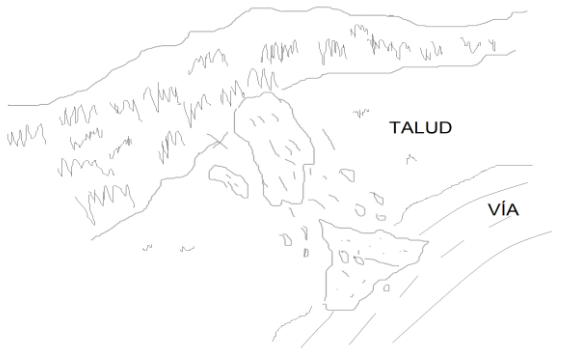

2.3.1. Fichas de caracterización de los movimientos en masa

Tabla 2-2: Datos levantados en campo (MM1).

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA															
LOCALIZACIÓN		COORDENADAS		SISTEMA DE CLASIFICACIÓN				IMPORTANCIA DEL EVENTO							
Provincia:	Morona Santiago	Norte:	9654376	Varnes, 1978				Alta		X					
Cantón:	San Juan Bosco	Este:	773345					Media							
Localidad:	San Juan Bosco	Sistema:	WGS 1984	Código:	MM1		Baja								
Responsable:	Robert Ortiz	Altitud:	1120 m.s.n.m.	Tipo	Deslizamiento Rotacional										
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO															
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL (%)		SUELOS ING.		HUMEDAD SUELO		TIPO SUELO		PLASTICIDAD		COB. SUELO (%)		U. SUELO (%)	
Caída		Roca		Bloques		Seco		Residual	X	Alta	X	Veg. Herbácea	90	Ganadería	90
Basculamientos		Detritos	30	Cantos	X	Húmedo		Sedimentario		Media		Bosque/Selva		A protegida	
Des. Rotacional	X	Suelo	70	Grava		Lig. húmedo		Coluvión		Baja		Matorral	5	Recreación	
Des. Trasnacional		ORIGEN SUELO		Arena		Muy húmedo	X	Volcánico		N-P		Cultivos		Z. Industrial	
Extensión lateral		Ígneo		Finos	X	Mojado		Ígneo				Construcción		Vivienda	
Reptación		Metamórfico	X	M.O.	X			Metamórfico	X			Sin Cobertura	5	Vías	10
Flujo	X	Sedimentario	X	CLASIFICACION SUCS: SC				ALTURA: 7 m		PENDIENTE: 60°		ANCHO: 15 m			
CAUSAS DEL MOVIMIENTO				PERFIL / GRÁFICO				FOTOGRAFÍA							
Material Plástico débil															
Material sensible												X			
Material meteorizado												X			
Material agrietado y fisurado															
Orientación desfavorable en discon.															
Deforestación															
Evento tectónico															
Lluvias mm												X			
Socavación de márgenes de río															
Sobrecarga en corona de talud												X			
Socavación de pie de talud															
(C=Condicionante, D=Detonante)				C	D										


Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Tabla 3-2: Datos levantados en campo (MM2).

FICHA DE CARACTERIZACION DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA															
LOCALIZACIÓN		COORDENADAS		SISTEMA DE CLASIFICACIÓN						IMPORTANCIA DEL EVENTO					
Provincia:	Morona Santiago	Norte:	9654616	Varnes, 1978						Alta					
Cantón:	San Juan Bosco	Este:	774488							Media		X			
Localidad:	San Juan Bosco	Sistema:	WGS 1984	Código:	MM2			Baja							
Responsable:	Robert Ortiz	Altitud:	1083 m.s.n.m.	Tipo	Caídas de roca y suelo										
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO															
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL (%)		SUELOS ING.		HUMEDAD SUELO		TIPO SUELO		PLASTICIDAD		COB. SUELO (%)		U. SUELO (%)	
Caída	X	Roca	60	Bloques		Seco		Residual	X	Alta		Veg. Herbácea	90	Ganadería	90
Basculamientos		Detritos		Cantos	X	Húmedo		Sedimentario	X	Media	X	Bosque/Selva		A protegida	
Des. Rotacional		Suelo	40	Grava		Lig. húmedo	X	Coluvión		Baja		Matorral	8	Recreación	
Des. Transnacional		ORIGEN SUELO		Arena		Muy húmedo		Volcánico		N-P		Cultivos		Z. Industrial	
Extensión lateral		Ígneo		Finos	X	Mojado		Ígneo				Construcción		Vivienda	
Reptación		Metamórfico		M.O.	x			Metamórfico				Sin Cobertura	2	Vías	10
Flujo		Sedimentario	X	CLASIFICACION SUCS: ML						ALTURA: 5 m	PENDIENTE: 75°		ANCHO: 7 m		
CAUSAS DEL MOVIMIENTO				PERFIL / GRÁFICO						FOTOGRAFÍA					
Material Plástico débil															
Material sensible															
Material meteorizado		X													
Material agrietado y fisurado		X													
Orientación desfavorable en discon.															
Deforestación															
Evento tectónico															
Lluvias mm		X													
Socavación de márgenes de río															
Sobrecarga en corona de talud															
Socavación de pie de talud															
(C=Condicionante, D=Detonante)				C		D									

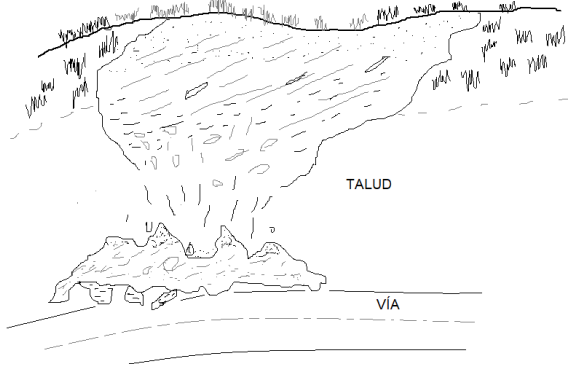

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Tabla 4-2: Datos levantados en campo (MM3).

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN MOVIMIENTOS EN MASA															
LOCALIZACIÓN		COORDENADAS		SISTEMA DE CLASIFICACIÓN					IMPORTANCIA DEL EVENTO						
Provincia:	Morona Santiago	Norte:	9657136	Varnes, 1978					Alta	X					
Cantón:	San Juan Bosco	Este:	775204						Media						
Localidad:	San Juan Bosco	Sistema:	WGS 1984	Código:	MM3				Baja						
Responsable:	Robert Ortiz	Altitud:	995 m.s.n.m.	Tipo	Caídas de roca y suelo										
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO															
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL (%)		SUELOS ING.		HUMEDAD SUELO		TIPO SUELO		PLASTICIDAD		COB. SUELO (%)		U. SUELO (%)	
Caída	X	Roca	40	Bloques		Seco		Residual	X	Alta		Veg. Herbácea	90	Ganadería	90
Basculamientos		Detritos	40	Cantos	X	Húmedo		Sedimentario	X	Media		Bosque/Selva		A protegida	
Des. Rotacional		Suelo	20	Grava	X	Lig. húmedo	X	Coluvión		Baja	X	Matorral	10	Recreación	
Des. Transnacional		ORIGEN SUELO		Arena		Muy húmedo		Volcánico		N-P		Cultivos		Z. Industrial	
Extensión lateral		Ígneo		Finos	X	Mojado		Ígneo				Construcción		Vivienda	
Reptación		Metamórfico	X	M.O.				Metamórfico	X			Sin Cobertura		Vías	5
Flujo	X	Sedimentario	X	CLASIFICACION SUCS: ML					ALTURA: 18 m	PENDIENTE: 75°		ANCHO: 30 m			
CAUSAS DEL MOVIMIENTO				PERFIL / GRÁFICO					FOTOGRAFÍA						
Material Plástico débil															
Material sensible															
Material meteorizado		X													
Material agrietado y fisurado															
Orientación desfavorable en discon.		X													
Deforestación															
Evento tectónico															
Lluvias mm			X												
Socavación de márgenes de río															
Sobrecarga en corona de talud															
Socavación de pie de talud			X												
(C=Condicionante, D=Detonante)				C		D									

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Tabla 5-2: Datos levantados en campo (MM4).

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN DESLIZAMIENTOS															
LOCALIZACIÓN		COORDENADAS			SISTEMA DE CLASIFICACIÓN					IMPORTANCIA DEL EVENTO					
Provincia:	Morona Santiago	Norte:	9656136		Varnes, 1978					Alta		X			
Cantón:	San Juan Bosco	Este:	775204							Media					
Localidad:	San Juan Bosco	Sistema:	WGS 1984		Código:	MM4				Baja					
Responsable:	Robert Ortiz	Altitud:	1000 m.s.n.m.		Tipo	Caídas de roca y suelo									
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO															
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL (%)		SUELOS ING.		HUMEDAD SUELO		TIPO SUELO		PLASTICIDAD		COB. SUELO (%)		U. SUELO (%)	
Caída	X	Roca	35	Bloques		Seco		Residual	X	Alta		Veg. Herbácea	90	Ganadería	90
Basculamientos		Detritos	35	Cantos	X	Húmedo	X	Sedimentario		Media	X	Bosque/Selva		A protegida	
Des. Rotacional	X	Suelo	40	Grava	X	Lig. húmedo		Coluvión		Baja		Matorral	5	Recreación	
Des. Trasnacional		ORIGEN SUELO		Arena		Muy húmedo		Volcánico		N-P		Cultivos		Z. Industrial	
Extensión lateral		Ígneo		Finos	X	Mojado		Ígneo				Construcción		Vivienda	
Reptación		Metamórfico		M.O.				Metamórfico	X			Sin Cobertura	5	Vías	10
Flujo		Sedimentario	X	CLASIFICACION SUCS: ML					ALTURA: 7 m	PENDIENTE: 80°	ANCHO: 8 m				
CAUSAS DEL MOVIMIENTO			PERFIL / GRÁFICO						FOTOGRAFÍA						
Material Plástico débil		X													
Material sensible															
Material meteorizado		X													
Material agrietado y fisurado															
Orientación desfavorable en discon.		X													
Deforestación															
Evento tectónico															
Lluvias mm		X													
Socavación de márgenes de río															
Sobrecarga en corona de talud		X													
Socavación de pie de talud															
(C=Condicionante, D=Detonante)		C D													

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.3.2. *Mapa de ubicación espacial de los movimientos en masa*

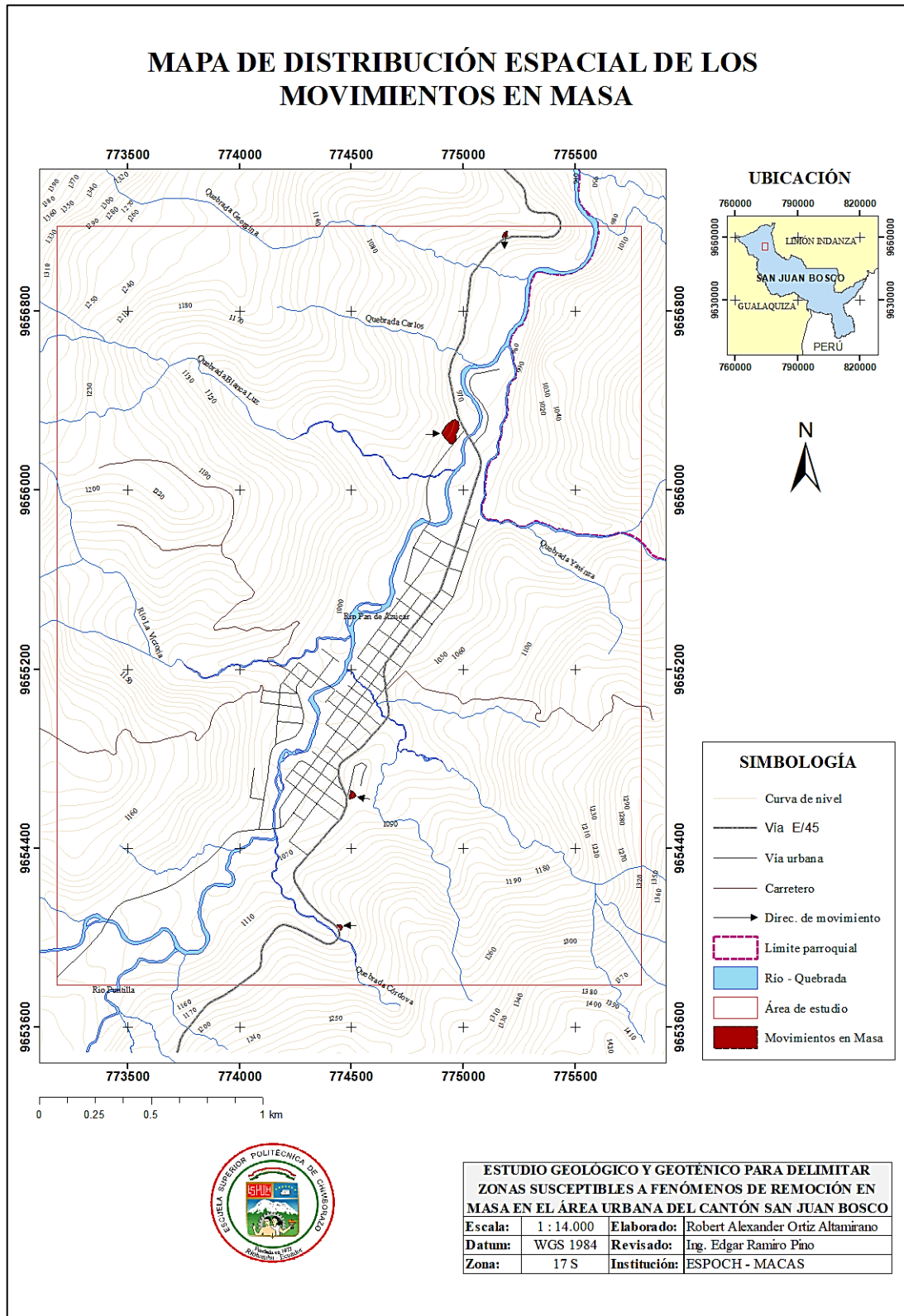


Figura 34-2. Mapa de distribución espacial de los movimientos en masa.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.4. Ensayos Geotécnicos de Suelos

Los ensayos desarrollados son importantes porque nos ayudan a conocer las características físicas y su comportamiento ante condiciones naturales y antrópicas. Se realizó ensayos de granulometría, humedad natural del suelo y límites de Atterberg (líquido y plástico), para poder finalmente realizar una clasificación del suelo muestreado, siguiendo las metodologías de clasificación de las normas AASHTO y SUCS.

La cantidad de cada muestra obtenida es de 5 kg, esta es sellada herméticamente en bolsas plásticas para evitar su alteración física y etiquetada para su transporte al laboratorio, con el punto de muestreo previamente georreferenciado.

Todos los ensayos desarrollados se los realizó en el laboratorio de suelos del GADPMS, bajo la supervisión del técnico a cargo, haciendo uso de equipos y herramientas respectivas con las que cuenta el laboratorio.

2.4.1. Ensayo de granulometría (ASTM D422)

Con este ensayo por medio de la separación de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño, mediante tamices o mallas de diámetros normados, podemos obtener las diferentes granulometrías de la muestra y representadas con una gráfica de la curva granulométrica. El desarrollo de este ensayo está basado en una serie de procesos que se representan de la siguiente manera (Figura 35-2).

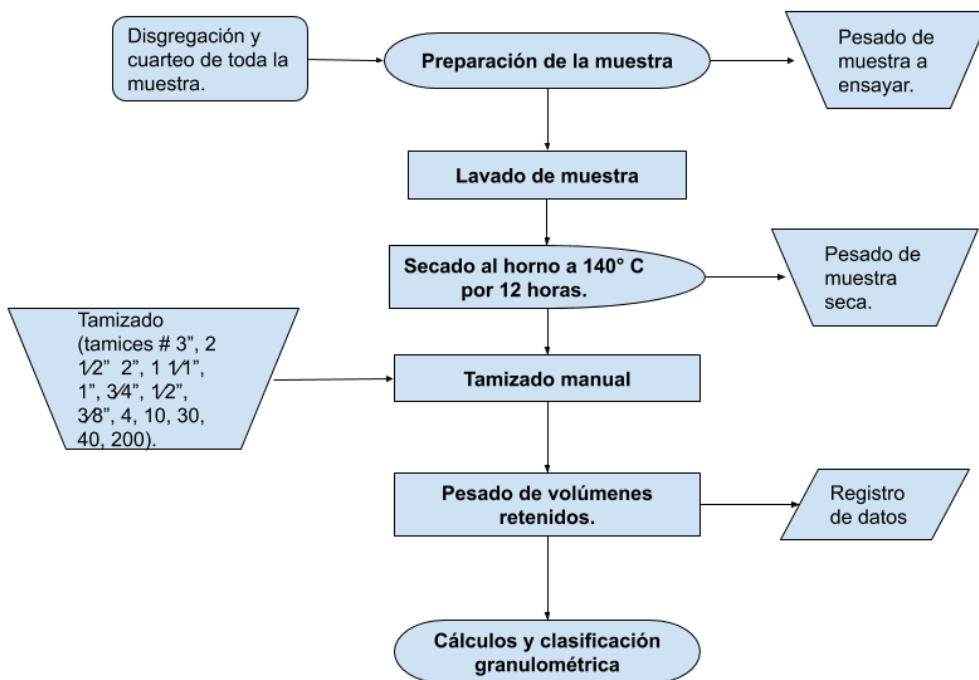


Figura 35-2. Diagrama de procesos del ensayo granulométrico.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 36-2. Cantidades retenidas por los tamices, acorde al tamaño de partícula.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.4.2. Ensayo de humedad natural del suelo (ASTM D2216)

Este ensayo nos ayuda con el análisis de la relación gravimétrica definida como la relación existente entre el peso del agua y el peso de los sólidos en un volumen dado de suelo. El cálculo del porcentaje de humedad del suelo se efectúa mediante la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{W_h - W_s}{W_s - W_r} * 100$$

Donde,

$\%H$: Porcentaje de humedad natural del suelo.

W_h : Masa de recipiente + masa de suelo húmedo.

W_s : Masa de recipiente + masa de suelo seco.

W_r : Masa de recipiente.

La secuencia de los procesos en este ensayo se los representa de la siguiente manera (Figura 37-2).

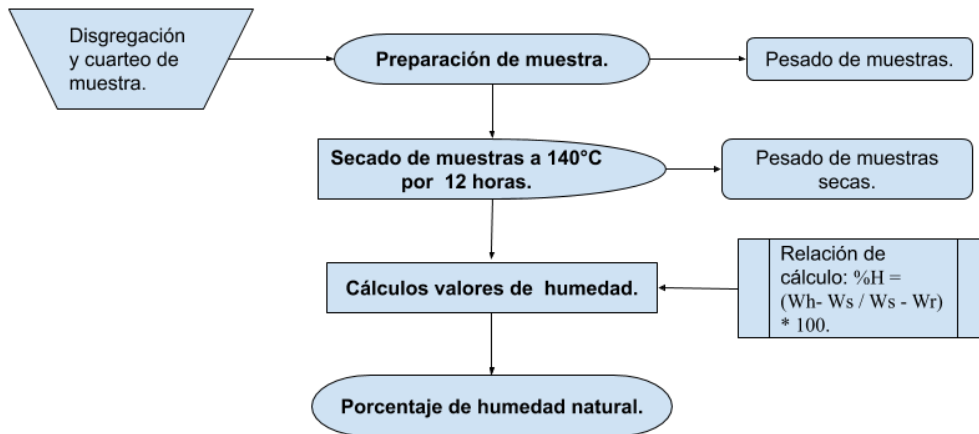


Figura 37-2. Diagrama del proceso del ensayo de humedad natural.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.



Figura 38-2. Muestras secadas al horno previo cálculo de humedad natural.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.4.3. Ensayo límites de Atterberg (líquido y plasticidad), (ASTM D4318)

Estos ensayos consisten en la determinación cualitativa y cuantitativa del contenido de humedad que definen el estado de un suelo. En el caso del ensayo del límite líquido, se determinó el límite por contenido de humedad del suelo entre el estado semilíquido y plástico. Los procesos desarrollados en este ensayo se los ilustra a continuación (Figura 39-2).

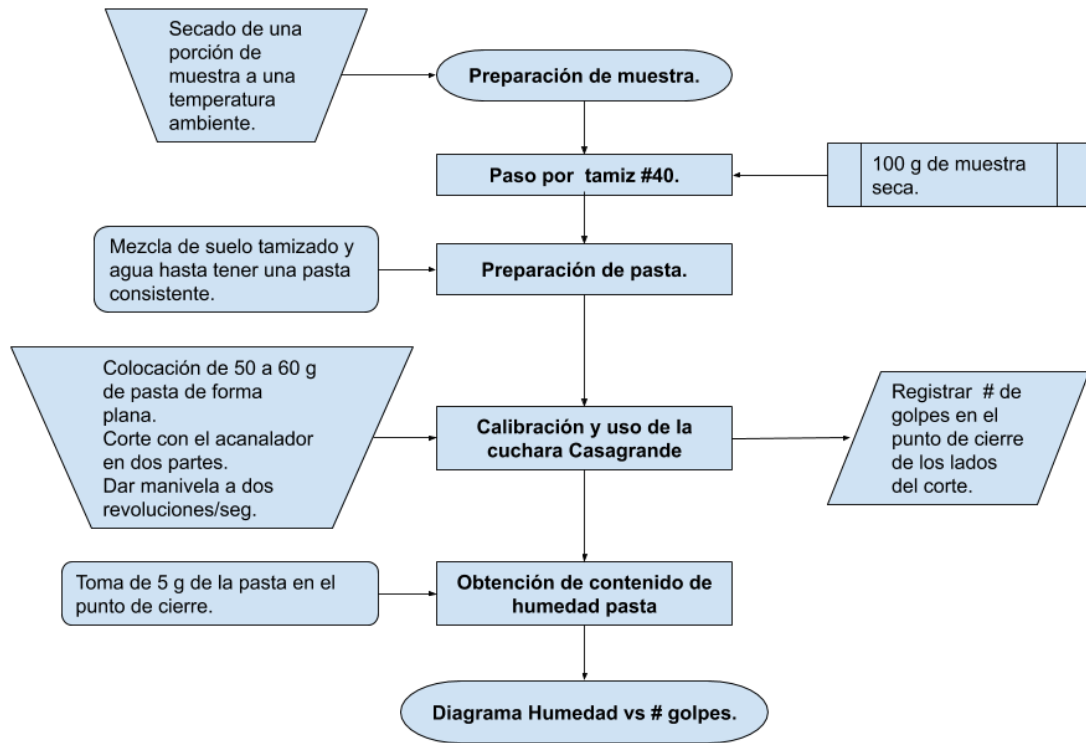


Figura 39-2. Procesos en el ensayo de Límite líquido.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

El límite de plasticidad indica el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semisólido y plástico. Este ensayo se lo ha desarrollado de la siguiente manera (Figura 40-2).

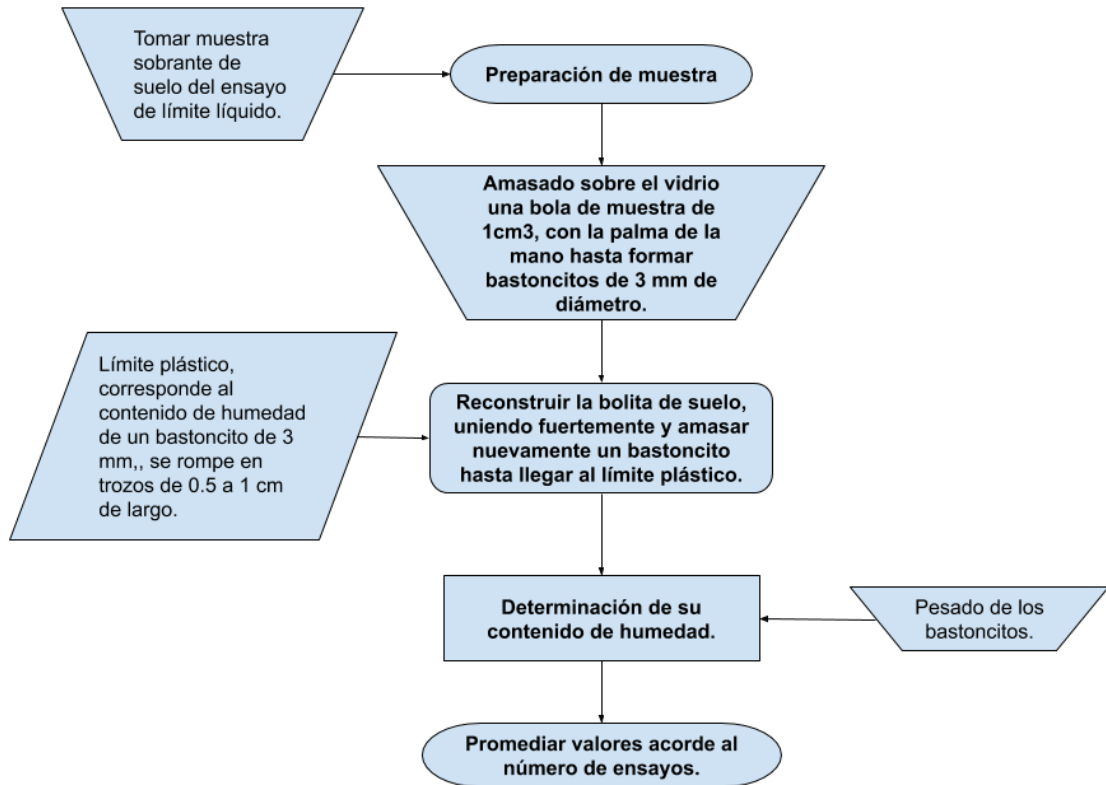


Figura 40-2. Proceso en el ensayo de Límite de Plasticidad.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

Ya con los valores obtenidos de los límites líquido y de plasticidad se puede calcular el índice de plasticidad para conocer el rango dentro del cual se mantiene plástico, esto lo obtenemos mediante la ecuación siguiente:

$$IP = Ll - Lp$$

Donde:

IP: Índice plástico

Ll: Límite líquido y

Lp: Límite plástico.



Figura 41-2. Preparación de superficie de la pasta en la Cuchara de Casagrande.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.




Figura 42-2. Bastoncitos del ensayo de Límite de Plasticidad.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.4.4. Hojas de Cálculo y Representación de Valores en Ensayos

En el desarrollo de los ensayos a las muestras de suelo, se ha trabajado con una hoja de cálculo en Excel, elaborada conjuntamente con el técnico de laboratorio del GADPMS, con el fin de llevar los datos de forma ordenada y eficiente, obteniendo una clasificación y representación gráfica de los resultados.

Tabla 6-2: Valores obtenidos de los ensayos de suelo (MS-1).

 LABORATORIO DE SUELOS						
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA			COLOR: Café claro		ENSAYADO POR: O. Robert Alexander	
REFERENCIA: Deslizamiento (MM1)			MUESTRA: MS-1		FECHA DE TOMA: 01/03/2019	
USO: Trabajo de grado			PROFUNDIDAD: 0.60 m		FECHA DE ENSAYO: 04/03/2019	
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"	75.0	-	0.0	0.00	100.00	
2 ½"	63.5	-	0.0	0.00	100.00	
2"	50.8	-	0.0	0.00	100.00	
1½"	38.1	-	0.0	0.00	100.00	
1"	25.4	207.00	207.0	10.96	89.04	
¾"	19.1	225.40	432.4	22.89	77.11	
½"	12.7	217.00	649.4	34.38	65.62	
3/8"	9.52	152.80	802.2	42.47	57.53	
Nº4	4.76	256.00	1058.2	56.02	43.98	
Nº10	2.00	179.60	1237.8	65.53	34.47	
Nº30	0.60	127.20	1365.0	72.26	27.74	
Nº40	0.425	25.40	1390.4	73.61	26.39	
Nº200	0.07	111.40	1501.8	79.50	20.50	
< Nº200			387.2	20.50		
TOTAL			1889.0			
PESO ANTES DEL LAVADO=		1,889.00	gr	ÁRIDO	0.00%	
PESO DESPUES DEL LAVADO=		1,501.80	gr	GRAVA	56.02%	
				ARENA	35.52%	
				FINOS	8.46%	
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
41		178.47	139.14	26.64	34.96	
42		164.58	127.95	26.02	35.94	35.45
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)						
38	33	49.11	41.11	27.58	59.13	
37	23	47.79	40.02	27.39	61.52	
36	14	48.40	40.42	28.06	64.56	
						61.74
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)						
31		15.30	13.97	10.66	40.18	
32		18.25	16.88	13.48	40.29	
						40.24
CLASIFICACIÓN:						
SUCS					CL	
AASHTO					A-6	
HÚMEDAD NATURAL:					35.45 %	
LÍMITE LÍQUIDO:					61.74 %	
LÍMITE PLÁSTICO:					40.24 %	
ÍNDICE PLÁSTICO:					21.50 %	
ÍNDICE DE GRUPO:					1	

Realizado Por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

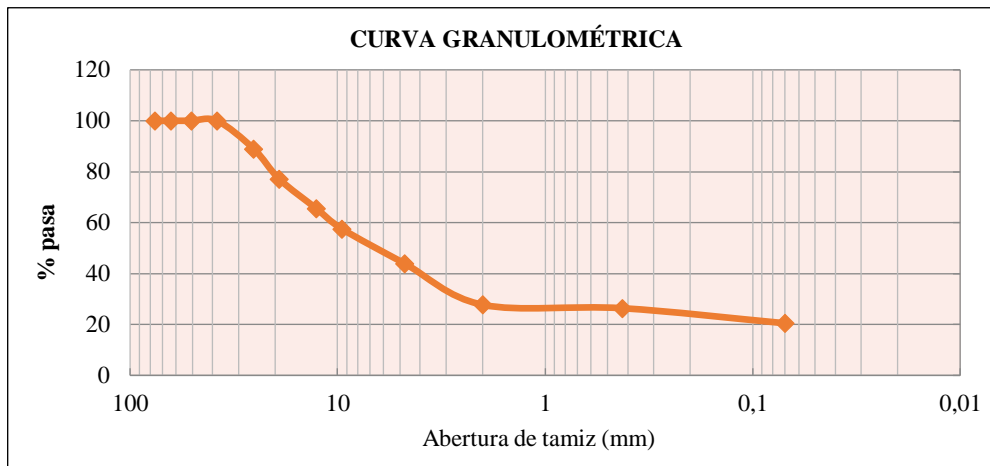


Gráfico 1-2. Curva de representación granulométrica (MS-1).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

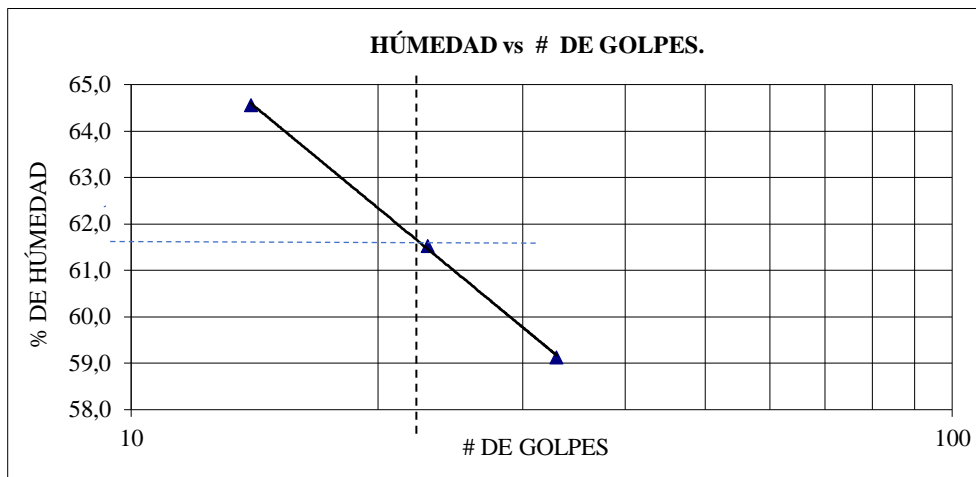



Gráfico 2-2. Humedad vs # de golpes (MS-1).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

Tabla 7-2: Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-2).

 LABORATORIO DE SUELOS													
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA				COLOR: Café claro		ENSAYADO POR: O. Robert Alexander							
REFERENCIA: Deslizamiento (MM2)				MUESTRA: MS-2		FECHA DE TOMA: 01/03/2019							
USO: Trabajo de grado				PROFUNDIDAD: 0.50 m		FECHA DE ENSAYO: 04/03/2019							
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN													
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	N° TARRO	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	75.0	-	0.0	0.00	100.00		29		204.78	158.36	26.61	35.23	
2 ½"	63.5	-	0.0	0.00	100.00		30		165.75	131.34	27.23	33.05	34.14
2"	50.8	-	0.0	0.00	100.00		LÍMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
1½"	38.1	-	0.0	0.00	100.00		42	32	48.21	40.25	26.02	55.94	
1"	25.4	-	0.0	0.00	100.00		43	23	49.15	41.06	21.03	40.39	
¾"	19.1	207.80	207.8	6.27	93.73		44	14	51.87	43.27	29.09	60.65	
½"	12.7	375.40	583.2	17.60	82.40								
3/8"	9.52	158.60	741.8	22.38	77.62								52.33
N°4	4.76	301.80	1043.6	31.49	68.51		LÍMITE PLÁSTICO(ASTM D4318)						
N°10	2.00	236.80	1280.4	38.63	61.37		21		15.19	13.77	10.31	41.04	
N°30	0.60	166.80	1447.2	43.66	56.34		22		18.29	16.91	13.51	40.59	
N°40	0.425	33.80	1481.0	44.68	55.32								40.81
N°200	0.07	164.40	1645.4	49.64	50.36		CLASIFICACIÓN						
< N°200			1669.0	50.36			SUCS						CL
TOTAL			3314.4				AASHTO						A-6
PESO ANTES DEL LAVADO=		3,314.40	gr	ÁRIDO		0.00%	HUMEDAD NATURAL:						34.14 %
PESO DESPUES DEL LAVADO=		1,645.40	gr	GRAVA		31.49 %	LÍMITE LÍQUIDO:						52.33 %
				ARENA		18.16 %	LÍMITE PLÁSTICO:						40.81 %
				FINOS		50.36 %	ÍNDICE PLÁSTICO:						11.51 %
							ÍNDICE DE GRUPO:						5

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

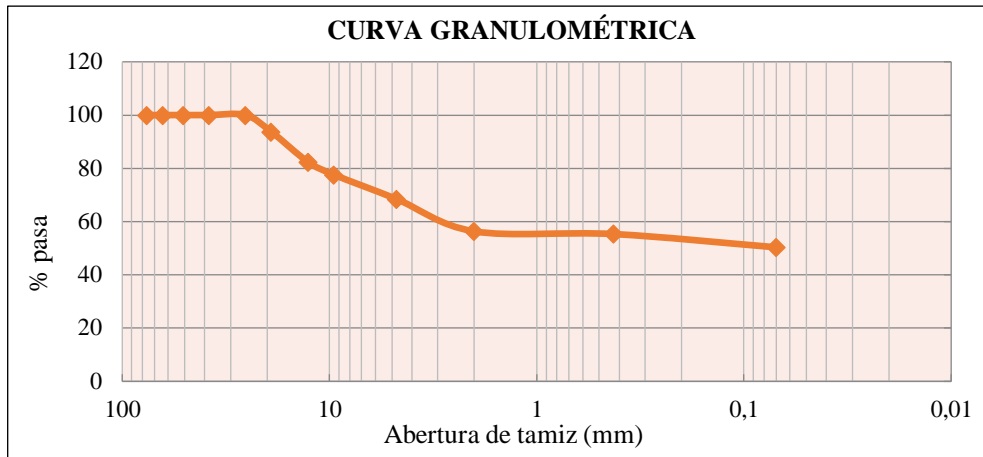


Gráfico 3-2. Curva de representación granulométrica (MS-2).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

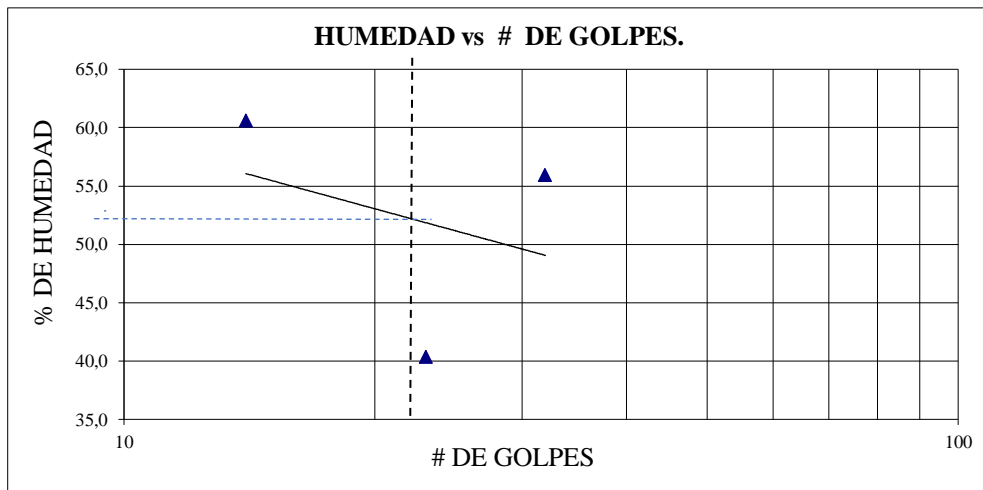



Gráfico 4-2. Humedad vs # de golpes (MS-2).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

Tabla 8-2: Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-3).

		LABORATORIO DE SUELOS											
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA			COLOR: Ocre		ENSAYADO POR: O. Robert Alexander								
REFERENCIA: Deslizamiento (MM3)			MUESTRA: MS-3		FECHA DE TOMA: 01/03/2019								
USO: Trabajo de grado			PROFUNDIDAD: 0.50 m		FECHA DE ENSAYO: 05/03/2019								
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN													
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)				HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)									
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	N° TARRO	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	75.0	-	0.0	0.00	100.00		43		174.74	124.05	27.09	52.28	
2 ½"	63.5	-	0.0	0.00	100.00		44		160.71	112.26	29.09	58.25	55.27
2"	50.8	-	0.0	0.00	100.00		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)						
1½"	38.1	-	0.0	0.00	100.00		24	30	50.26	42.05	29.13	63.54	
1"	25.4	127.00	127.0	5.06	94.94		25	24	48.96	40.75	28.38	66.37	
¾"	19.1	65.80	192.8	7.68	92.32		26	16	49.31	40.54	28.03	70.10	
½"	12.7	111.20	304.0	12.10	87.90								66.67
⅜"	9.52	73.20	377.2	15.02	84.98		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)						
N°4	4.76	114.20	491.4	19.56	80.44		31		16.98	15.85	13.41	46.31	
N°10	2.00	97.60	589.0	23.45	76.55		32		17.56	16.38	13.81	45.91	
N°30	0.60	95.00	684.0	27.23	72.77								46.11
N°40	0.425	28.00	712.0	28.34	71.66		CLASIFICACIÓN:						
N°200	0.07	164.40	876.4	34.89	65.11		SUCS						
< N°200			1635.6	65.11			AASHTO						
TOTAL			2512.0				CL						
PESO ANTES DEL LAVADO=			2,512.00	gr	ÁRIDO	0.00%	A-6						
PESO DESPUES DEL LAVADO=			876.40	gr	GRAVA	19.56%	HUMEDAD NATURAL:						
					ARENA	15.33%	LÍMITE LÍQUIDO:						
					FINOS	65.11%	LÍMITE PLÁSTICO:						
							ÍNDICE PLÁSTICO:						
							ÍNDICE DE GRUPO:						
							15						

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

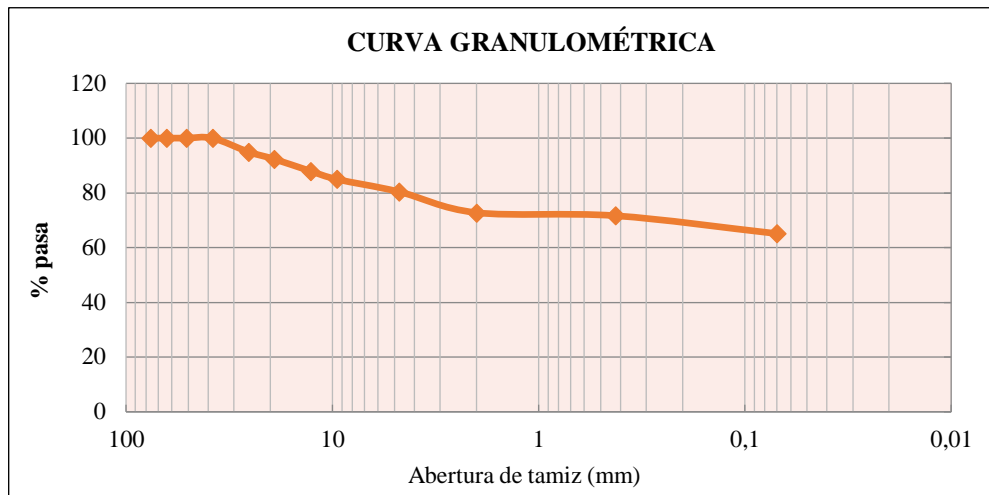


Gráfico 5-2. Curva de representação granulométrica (MS-3).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

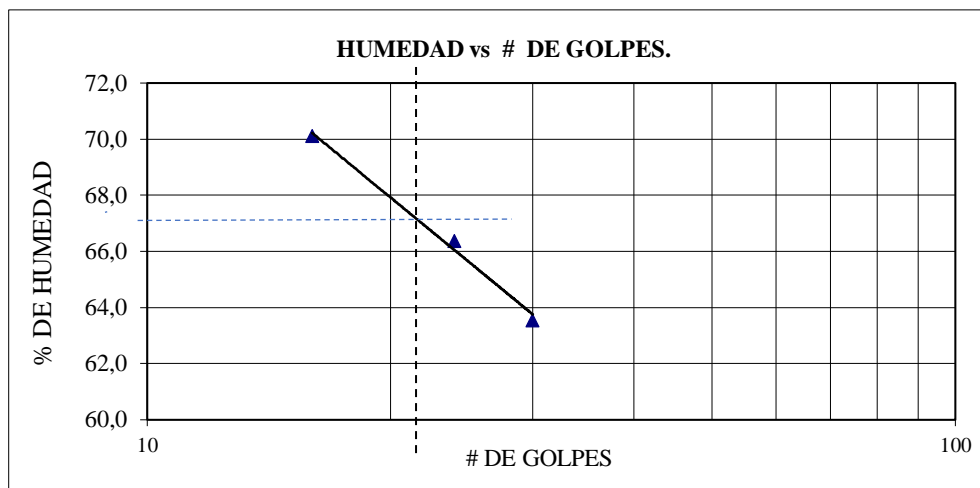



Gráfico 6-2: Humedad vs # de golpes (MS-3).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

Tabla 9-2: Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-4).

 LABORATORIO DE SUELOS													
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA				COLOR: Ocre			ENSAYADO POR: O. Robert Alexander						
REFERENCIA: Deslizamiento (MM4)				MUESTRA: MS-4			FECHA DE TOMA: 01/03/2019						
USO: Trabajo de grado				PROFUNDIDAD: 0.70 m			FECHA DE ENSAYO: 05/03/2019						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN													
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	N° TARRO	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	75.0	-	0.0	0.00	100.00		22		144.43	93.93	27.93	76.52	
2 ½"	63.5	-	0.0	0.00	100.00		21		160.40	102.75	28.20	77.33	76.92
2"	50.8	-	0.0	0.00	100.00		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)						
1½"	38.1	-	0.0	0.00	100.00		30	31	49.48	40.32	27.03	68.92	
1"	25.4	-	0.0	0.00	100.00		31	23	47.50	39.40	27.23	66.56	
¾"	19.1	-	0.0	0.00	100.00		32	17	47.72	39.03	26.79	71.00	
½"	12.7	-	0.0	0.00	100.00								68.83
3/8"	9.52	5.60	5.6	0.30	99.70		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)						
N°4	4.76	12.20	17.8	0.95	99.05		31		17.11	15.83	13.42	53.11	
N°10	2.00	41.60	59.4	3.17	96.83		32		16.99	15.74	13.36	52.52	
N°30	0.60	93.20	152.6	8.14	91.86								52.82
N°40	0.425	40.00	192.6	10.27	89.73		CLASIFICACIÓN:						
N°200	0.07	158.20	350.8	18.71	81.29		SUCS						
<N°200			1524.0	81.29			AASHTO						
TOTAL			1874.8				CL						
PESO ANTES DEL LAVADO=		1,874.80 gr		ÁRIDO		0.00%							
PESO DESPUÉS DEL LAVADO=		350.80 gr		GRAVA		0.95 %		HUMEDAD NATURAL:					
				ARENA		17.76%		76.92 %					
				FINOS		81.29%		LÍMITE LÍQUIDO:					
								68.83 %					
								LÍMITE PLÁSTICO:					
								52.82 %					
								ÍNDICE PLÁSTICO:					
								16.01 %					
								ÍNDICE DE GRUPO:					
								12					

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

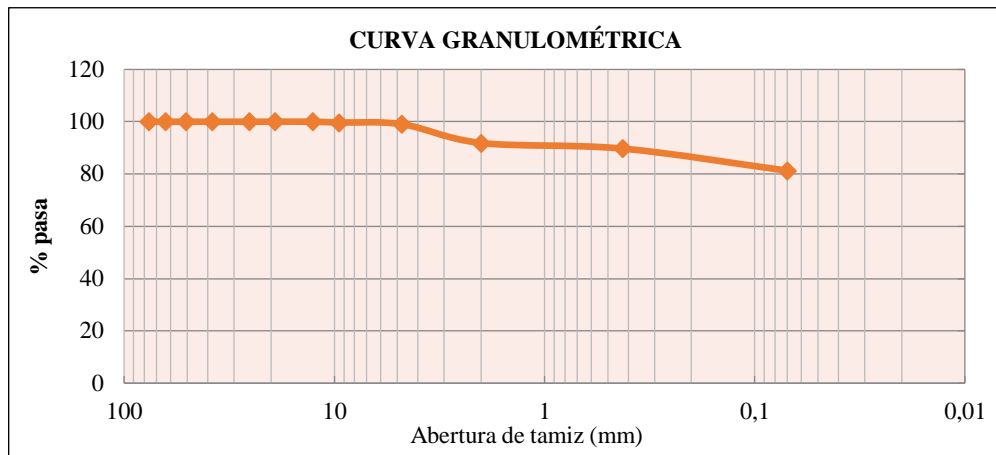


Gráfico 7-2. Curva de representación granulométrica (MS-4)

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

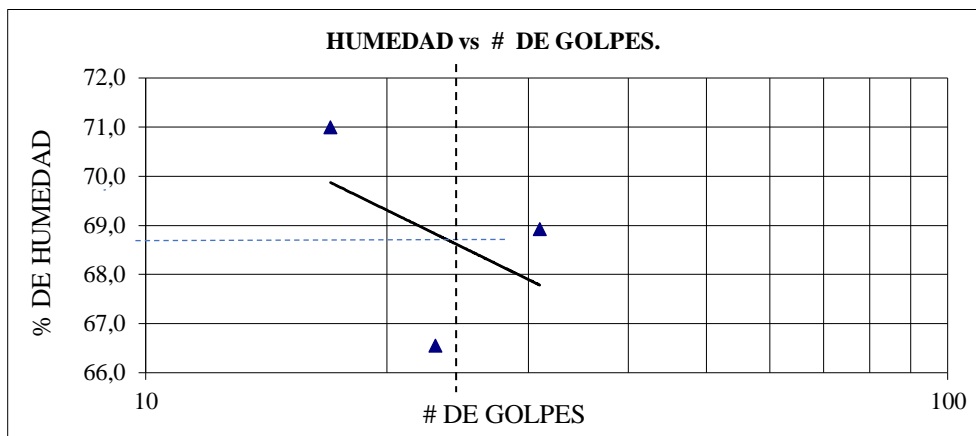



Gráfico 8-2. Humedad vs # de golpes (MS-4).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

Tabla 10-2: Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-5).

 LABORATORIO DE SUELOS													
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA					COLOR: Pardo oscuro			ENSAYADO POR: O. Robert Alexander					
REFERENCIA: Estadio Municipal (Coluvio-aluvial)					MUESTRA: MS-5			FECHA DE TOMA: 02/03/2019					
USO: Trabajo de grado					PROFUNDIDAD: 0.70 m			FECHA DE ENSAYO: 05/03/2019					
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN													
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	N° TARRO	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	75.0	-	0.0	0.00	100.00		33		173.72	135.76	28.27	35.31	
2 ½"	63.5	-	0.0	0.00	100.00		34		180.32	142.24	28.86	33.59	34.45
2"	50.8	-	0.0	0.00	100.00		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)						
1½"	38.1	-	0.0	0.00	100.00		21	32	52.20	43.41	28.20	57.79	
1"	25.4	13.00	13.0	0.53	99.47		22	24	51.16	42.46	27.93	59.88	
¾"	19.1	16.00	29.0	1.19	98.81		23	16	49.43	40.85	27.52	64.37	
½"	12.7	99.00	128.0	5.27	94.73								60.68
⅜"	9.52	55.00	183.0	7.53	92.47		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)						
N°4	4.76	188.00	371.0	15.26	84.74		31		15.30	13.97	10.66	40.18	
N°10	2.00	193.80	564.8	23.24	76.76		32		18.25	16.88	13.48	40.29	
N°30	0.60	187.40	752.2	30.95	69.05								40.24
N°40	0.425	51.00	803.2	33.05	66.95		CLASIFICACIÓN:						
N°200	0.07	170.80	974.0	40.08	59.92		SUCS						
< N°200			1456.4	59.92			AASHTO						
TOTAL			2430.4				ML						
PESO ANTES DEL LAVADO= 2,430.40 gr PESO DESPUES DEL LAVADO= 974.00 gr							ÁRIDO		0.00%				
							GRAVA		15.26%				
							ARENA		24.81 %				
							FINOS		59.92 %				
							HUMEDAD NATURAL: 34.45 % LÍMITE LÍQUIDO: 60.68 % LÍMITE PLÁSTICO: 40.24 % ÍNDICE PLÁSTICO: 20.44 % ÍNDICE DE GRUPO: 7						

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

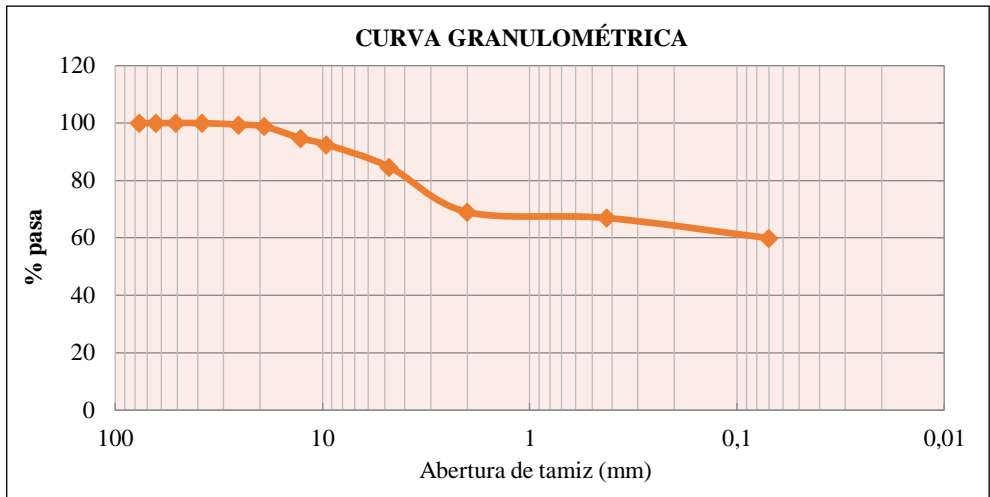


Gráfico 9-2. Curva de representación granulométrica (MS-5).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

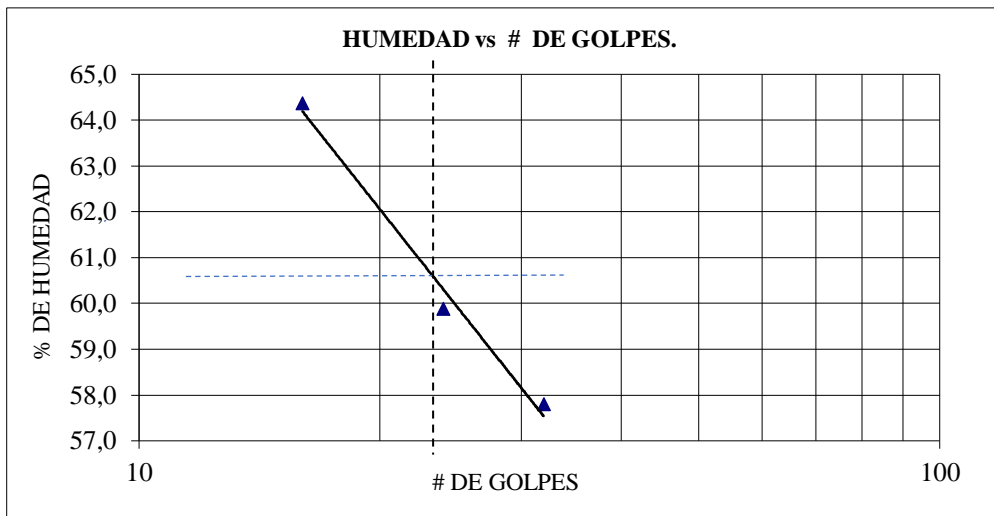



Gráfico 10-2. Humedad vs # de golpes (MS-5).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

Tabla 11-2: Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-6).

 LABORATORIO DE SUELOS														
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA		COLOR: Ocre		ENSAYADO POR: O. Robert Alexander										
REFERENCIA: Recinto ferial		MUESTRA: MS-6		FECHA DE TOMA: 02/03/2019										
USO: Trabajo de grado		PROFUNDIDAD: 0.60 m		FECHA DE ENSAYO: 06/03/2019										
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN														
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)				HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)										
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	N° TARRO	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO	
3"	75.0	-	0.0	0.00	100.00		31		187.12	122.63	27.23	67.60		
2 ½"	63.5	-	0.0	0.00	100.00		32		186.43	125.32	26.75	62.00	64.80	
2"	50.8	-	0.0	0.00	100.00		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)							
1½"	38.1	-	0.0	0.00	100.00		33	33	51.95	42.20	28.27	69.99		
1"	25.4	18.60	18.6	0.82	99.18		34	24	50.88	41.16	28.86	79.02		
¾"	19.1	40.20	58.8	2.59	97.41		35	15	48.91	40.10	26.44	64.49		
½"	12.7	74.00	132.8	5.86	94.14									
3/8"	9.52	44.40	177.2	7.81	92.19								71.17	
N°4	4.76	95.00	272.2	12.00	88.00		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)							
N°10	2.00	81.60	353.8	15.60	84.40		35		18.47	16.20	13.67	89.72		
N°30	0.60	83.20	437.0	19.27	80.73		38		15.14	13.65	10.57	48.38		
N°40	0.425	24.00	461.0	20.33	79.67								69.05	
N°200	0.07	96.40	557.4	24.58	75.42		CLASIFICACIÓN:							
< N°200			1710.6	75.42			SUCS						CL	
TOTAL			2268.0				AASHTO						A-6	
PESO ANTES DEL LAVADO=		2,268.00 gr		ÁRIDO		0.00%		HUMEDAD NATURAL:						64.80 %
PESO DESPUES DEL LAVADO=		557.40 gr		GRAVA		12.00 %		LÍMITE LÍQUIDO:						71.17 %
				ARENA		12.57 %		LÍMITE PLÁSTICO:						69.05 %
				FINOS		75.42 %		ÍNDICE PLÁSTICO:						2.12 %
								ÍNDICE DE GRUPO:						14

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

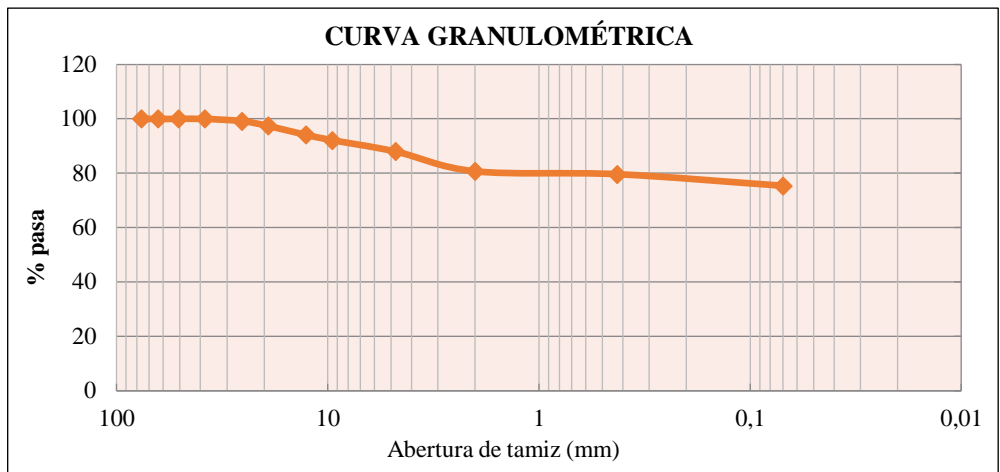


Gráfico 11-2. Curva de representação granulométrica (MS-6).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

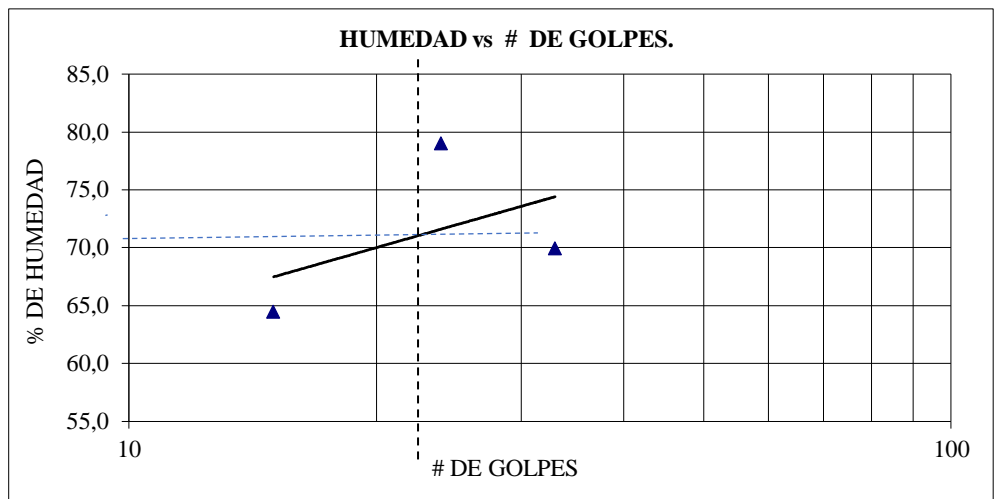



Gráfico 12-2. Humedad vs # de golpes (MS-6).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

Tabla 12-2: Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-7).

 LABORATORIO DE SUELOS						
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA				COLOR: Pardo		ENSAYADO POR: O. Robert Alexander
REFERENCIA: Terraplén de vivienda en construcción				MUESTRA: MS-7		FECHA DE TOMA: 02/03/2019
USO: Trabajo de grado				PROFUNDIDAD: 0.60 m		FECHA DE ENSAYO: 06/03/2019
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"	75.0	-	0.0	0.00	100.00	
2 ½"	63.5	-	0.0	0.00	100.00	
2"	50.8	-	0.0	0.00	100.00	
1½"	38.1	-	0.0	0.00	100.00	
1"	25.4	-	0.0	0.00	100.00	
¾"	19.1	4.40	4.4	0.23	99.77	
½"	12.7	38.20	42.6	2.21	97.79	
3/8"	9.52	40.00	82.6	4.28	95.72	
Nº4	4.76	93.20	175.8	9.10	90.90	
Nº10	2.00	73.80	249.6	12.92	87.08	
Nº30	0.60	52.60	302.2	15.65	84.35	
Nº40	0.425	13.40	315.6	16.34	83.66	
Nº200	0.07	41.80	357.4	18.51	81.49	
< Nº200			1573.8	81.49		
TOTAL			1931.2			
PESO ANTES DEL LAVADO=		1,931.20	gr	ÁRIDO	0.00%	
PESO DESPUES DEL LAVADO=		357.40	gr	GRAVA	9.10 %	
				ARENA	9.40 %	
				FINOS	81.49%	
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
25		174.69	115.60	28.38	67.75	
26		181.99	115.19	28.03	76.64	72.19
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)						
26	33	48.80	40.00	28.03	73.52	
27	26	47.40	38.60	28.20	84.62	
28	18	49.20	40.00	28.46	79.72	
						79.29
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)						
39		18.40	16.60	13.58	59.60	
40		18.40	16.61	13.40	55.76	
						57.68
CLASIFICACIÓN:						
SUCS					CL	
AASHTO					A-6	
HUMEDAD NATURAL:					72.19 %	
LÍMITE LÍQUIDO:					79.29 %	
LÍMITE PLÁSTICO:					57.68 %	
ÍNDICE PLÁSTICO:					21.60 %	
ÍNDICE DE GRUPO:					19	

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

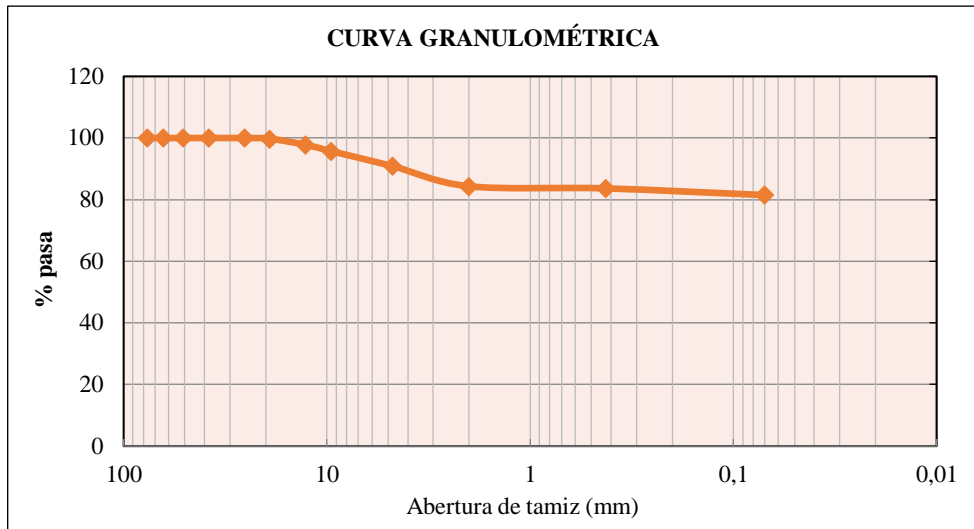


Gráfico 13-2. Curva de representación granulométrica (MS-7).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

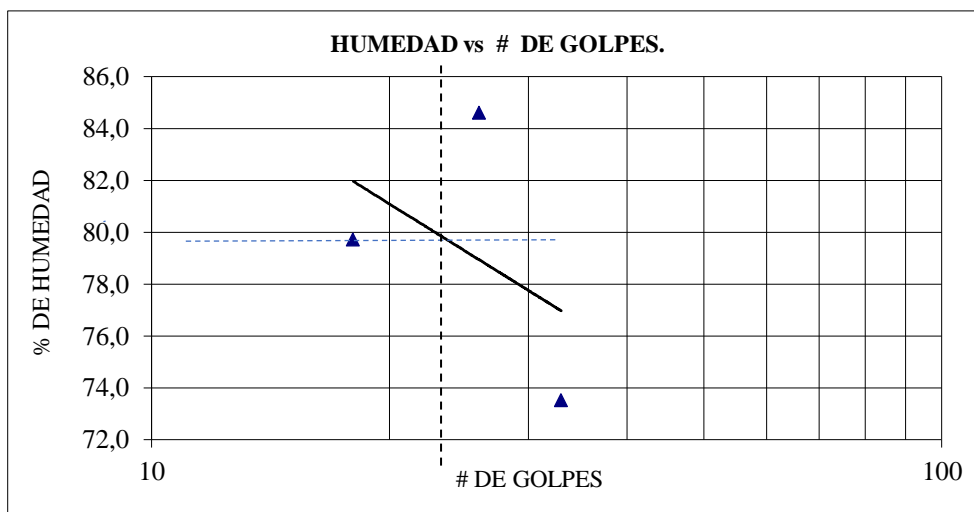



Gráfico 14-2. Humedad vs # de golpes (MS-7).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

Tabla 13-2: Valores obtenidos en los ensayos geotécnicos de suelo (MS-8).

 LABOATORIO DE SUELOS													
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA				COLOR: Pardo			ENSAYADO POR: O. Robert Alexander						
REFERENCIA: Terraplén de vivienda (cerca de Q. Yavinza)				MUESTRA: MS-8			FECHA DE TOMA: 02/03/2019						
USO: Trabajo de grado				PROFUNDIDAD: 0.65 m			FECHA DE ENSAYO: 08/03/2019						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN													
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	N° TARRO	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	75.00	-	0.0	0.00	100.00		27		180.58	117.36	28.02	70.76	
2 ½"	63.5	-	0.0	0.00	100.00		28		200.93	129.23	28.46	71.15	70.96
2"	50.8	-	0.0	0.00	100.00		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)						
1 ½"	38.1	-	0.0	0.00	100.00		29	31	49.80	40.40	26.61	68.17	
1"	25.4	20.00	20.0	0.95	99.05		40	23	50.00	41.00	28.38	71.32	
¾"	19.1	14.80	34.8	1.66	98.34		41	16	46.60	38.00	26.64	75.70	
½"	12.7	40.00	74.8	3.56	96.44								
3/8"	9.52	15.80	90.6	4.31	95.69								71.73
N°4	4.76	48.00	138.6	6.60	93.40		LÍMITE PLÁSTICO(ASTM D4318)						
N°10	2.00	43.40	182.0	8.67	91.33		21		14.80	13.20	10.31	55.36	
N°30	0.60	45.20	227.2	10.82	89.18		24		17.80	16.20	13.24	54.05	
N°40	0.425	13.20	240.4	11.45	88.55								54.71
N°200	0.07	47.20	287.6	13.70	86.30		CLASIFICACIÓN:						
< N°200			1812.4	86.30			SUCS						
TOTAL			2100.0				AASHTO						
PESO ANTES DEL LAVADO=		2,100.00	gr	ÁRIDO		0.00%	MH A-5 HUMEDAD NATURAL: 70.96 % LÍMITE LÍQUIDO: 71.73 % LÍMITE PLÁSTICO: 54.71 % ÍNDICE PLÁSTICO: 17.02 % ÍNDICE DE GRUPO: 12						
PESO DESPUES DEL LAVADO=		287.60	gr	GRAVA		6.60 %							
				ARENA		7.10 %							
				FINOS		86.30 %							

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

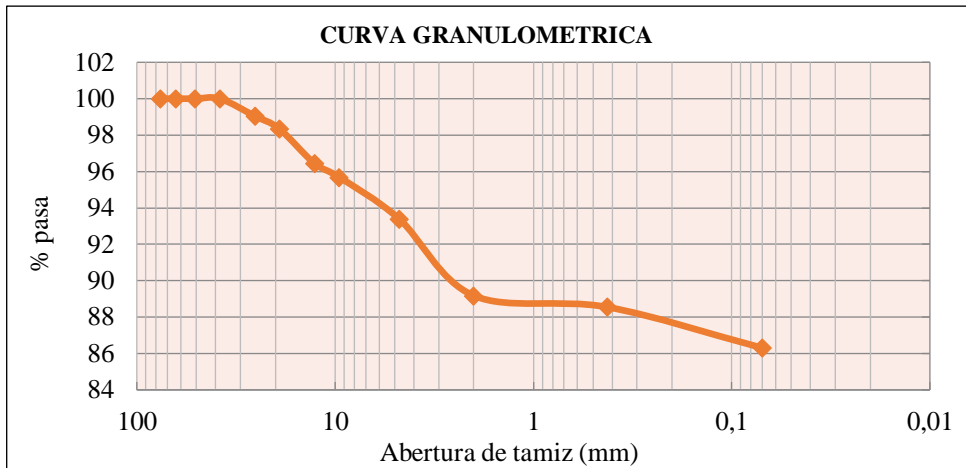


Gráfico 15-2. Curva de representación granulométrica (MS-8).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

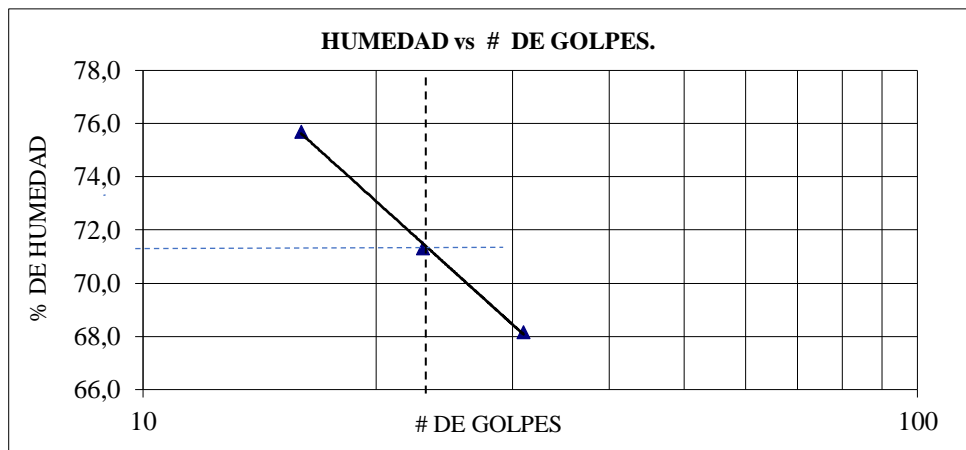


Gráfico 16-2. Humedad vs # de golpes (MS-8).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2020.

2.5. Caracterización de los Factores para la Delimitación de la Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa

Con la información obtenida del trabajo de campo y respectivos ensayos en laboratorio, se procede con el desarrollo de la metodología indirecta, donde se elaboran las capas de factores acorde a la metodología Mora-Vahrson Modificado, a cada factor se caracteriza asignándole un valor numérico que representa el grado de susceptibilidad de dicho factor, de tal forma se pueda hacer el cálculo de la clasificación de la susceptibilidad a movimientos en masa.

2.5.1. Factores condicionantes

2.5.1.1 Factor relieve relativo (*Sr*)

El factor relieve para la metodología se basa fundamentalmente en la asignación de un valor numérico a los rangos de las pendientes del terreno, en este caso se ha elaborado un modelo Ráster de pendientes a partir de las curvas de nivel ya antes trabajadas en el mapa base.

Tabla 14-2: Valoración del factor del relieve relativo o pendiente

Pendiente (°)	Condiciones del terreno	Colores	Valor (<i>Sr</i>)
0 - 2	Planicie.	Verde oscuro	0
2 - 7	Pendiente muy baja, peligro de erosión.	Verde claro	1
7 - 16	Pendiente baja, peligro severo de erosión.	Amarillo	2
16 - 35	Pendiente fuerte, peligro extremo de erosión.	Naranja	3
>35	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos.	Rojo intenso	4

Fuente: Valores adaptados con la clasificación de Van Zuidam, 1986.

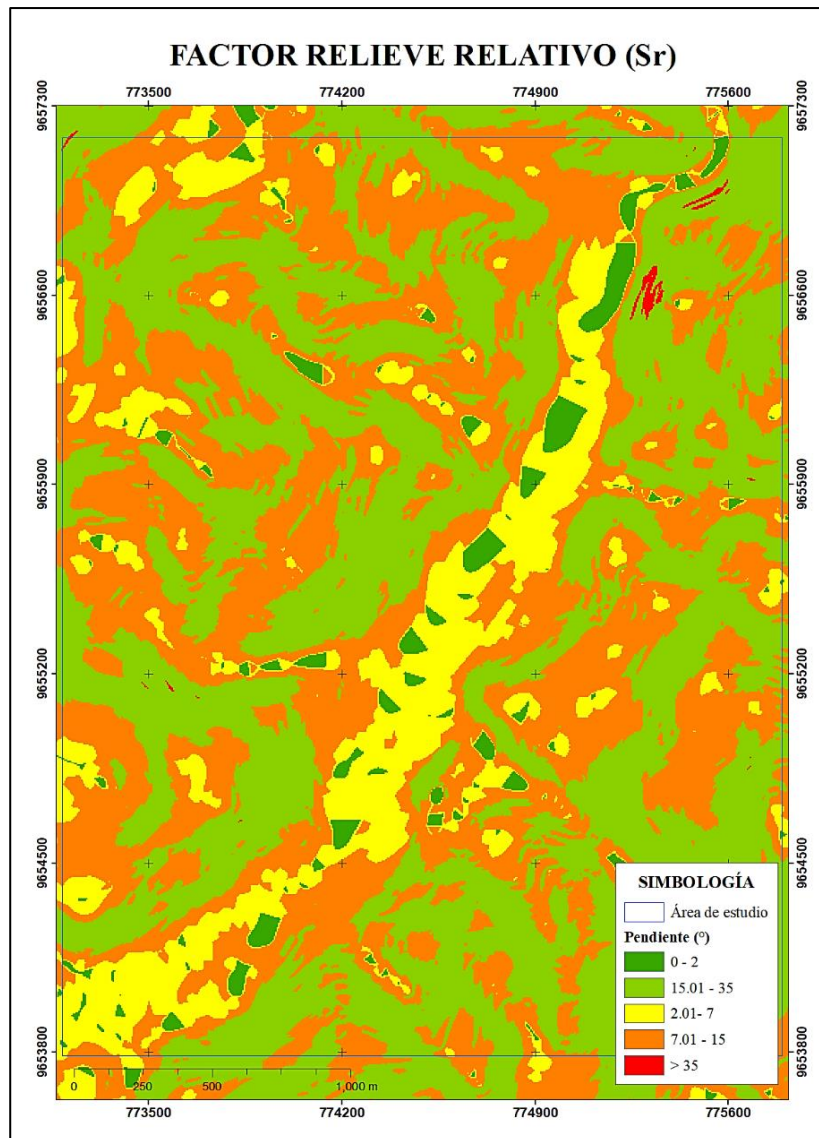


Figura 43-2. Mapa de valoración del factor (Sr).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.5.1.2 Factor litológico (Sl)

Este factor se lo evalúa en base al mapa geológico elaborado en el presente estudio, donde las características de las diferentes litológicas, mismas que son reclasificadas asignando valores numéricos acorde a la metodología.

Tabla 15-2: Valoración del factor litológico

Litología	Color	Valor (SI)
Lutita, caliza negra fosilífera (KN-a).	Verde	2
Lutita tectonizada, caliza gris (KN-b).	Verde	2
Pizarras negras, filitas y cuarcitas (PMzm).	Amarillo	3
Dep. coluvial (Qx).	Naranja	4
Dep. aluvial (Qv).	-	No aplica

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

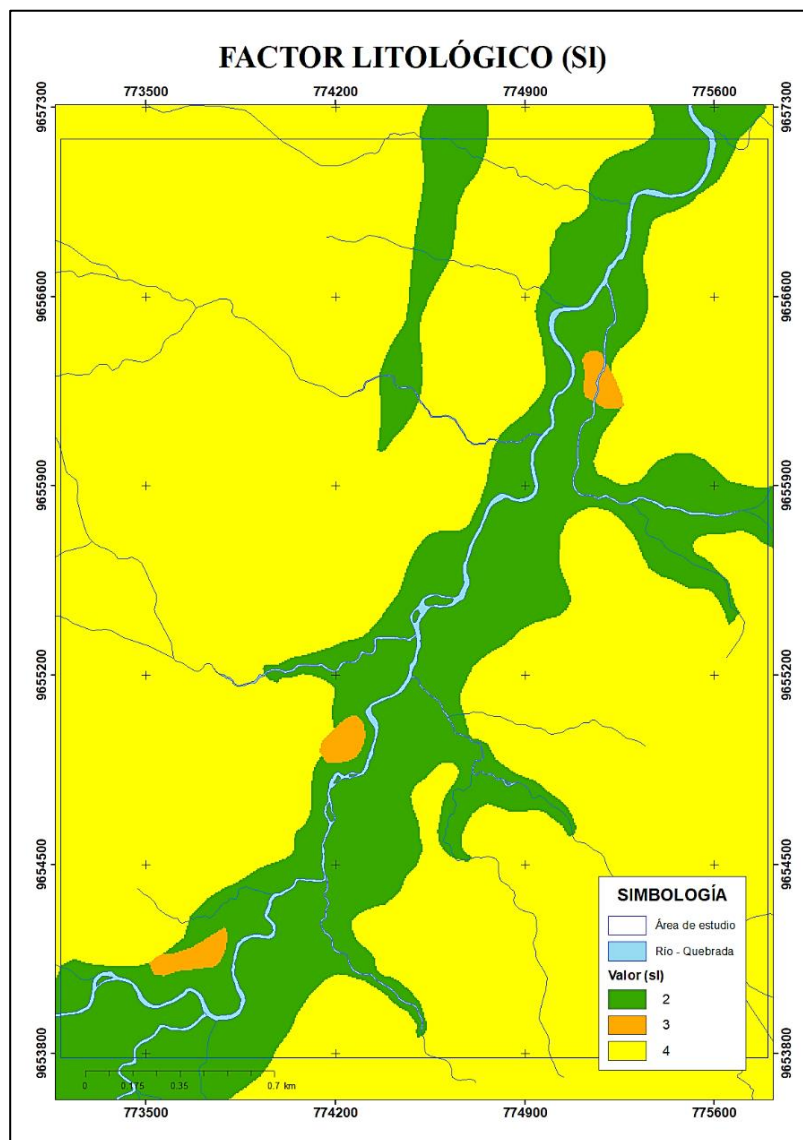


Figura 44-2. Mapa de valoración del factor (SI).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.5.1.3 Factor humedad del suelo (Sh)

A partir de los datos de precipitaciones medias mensuales de estaciones meteorológicas cercanas, importamos desde Excel la información al ArcMap, para crear las doce capas referentes a cada mes mediante una herramienta de interpolación, reclasificándolas ajustando a los valores del método Mora Varhson y sumar para obtener el mapa de humedad.

Tabla 16-2: Estaciones meteorológicas cercanas

Estación	Código	X	Y	Z	Provincia
Méndez	M0501	799882.00	9701018.80	665	Morona Santiago
Gualaquiza	M0189	769358.31	9624070.44	750	Morona Santiago
Gualaceo	M0139	747183.56	9681214.60	2230	Azuay

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Fuente: Datos tomados del INAMHI, 2017.

Con base en los resultados del porcentaje de humedad natural del suelo de las muestras ensayadas, se ha hecho el cálculo para obtener el porcentaje absorción, con el objetivo de hacer una comparación entre el porcentaje de humedad con la capacidad de absorción.

Tabla 17-2: Comparación de valores de humedad con la capacidad de absorción del suelo

Muestras	% Humedad Natural	% Absorción
MS-1	35.45	26.17
MS-2	34.14	25.45
MS-3	55.27	35.57
MS-4	76.92	43.48
MS-5	34.45	25.62
MS-6	64.80	39.30
MS-7	72.19	41.89
MS-8	70.96	41.51

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

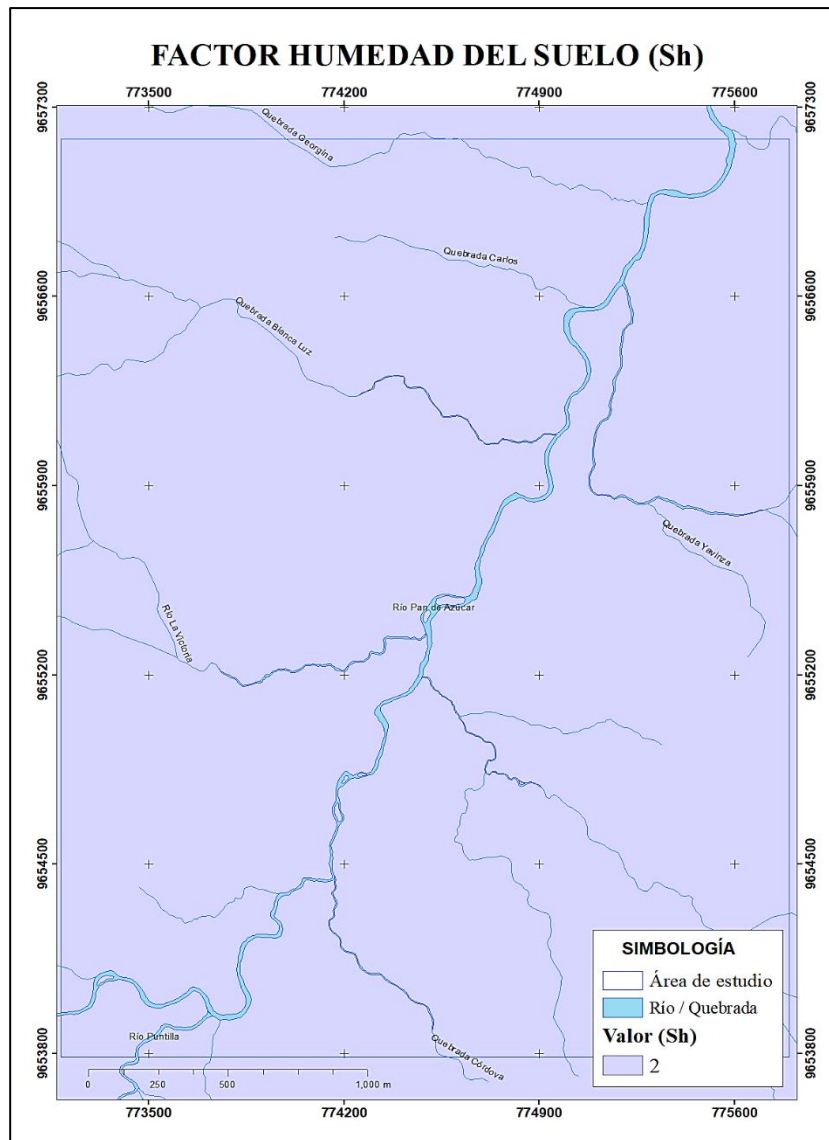


Figura 45-2. Mapa de valoración del factor (Sh).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.5.2. Factores desencadenantes

2.5.2.1 Factor de precipitación (T_p)

Con el empleo de los datos de las precipitaciones máximas en 24 h, con un periodo de retorno de 3 años, estos datos corresponden entre 2013 – 2015, datos obtenidos a partir de los anuarios meteorológicos del INAMHI. Obteniendo un mapa de isoyetas que se lo reclasifica con valores acorde a los rangos de la metodología.

Tabla 18-2: Precipitaciones máximas en 24 h para la valoración del factor precipitación

Estación	Código	X	Y	P. máximas en 24h. (mm)
Méndez	M0501	799882.00	9701018.80	283.4
Gualaquiza	M0189	769358.31	9624070.44	263.7
Gualaceo	M0139	747183.56	9681214.60	113.2

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Fuente: Datos tomados del INAMHI, 2017.

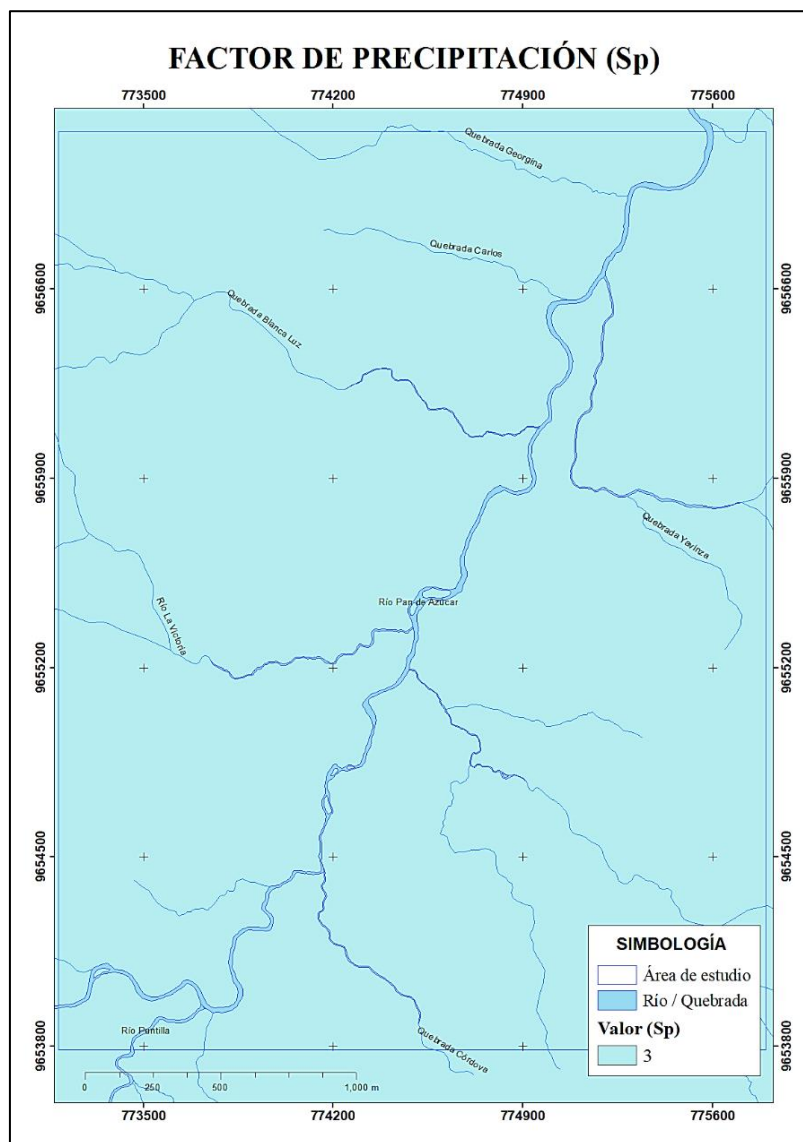


Figura 46-2. Mapa de valoración del factor (Sp).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.5.2.2 Factor de sismicidad (Ts)

La sismicidad es muy importante porque representa un factor detonante en la estabilidad de taludes y pendientes naturales en una región; para la valoración de este factor se ha tomado en cuenta al último terremoto registrado en el año 1995, con una intensidad de 7.0 y una profundidad de 23 km, localizado en la cordillera subandina de Cutucú (2.768°S, 77.818°W), que en base a estos datos se ha calculado las aceleraciones pico para 5 localidades inmediatas al área de estudio, mediante leyes de atenuación de Esteva-Villaverde (1973) y de Goldsak (1976), se clasifica los valores del factor de sismicidad basada en la escala cualitativa de intensidades de Mercalli Modificada, desde la intensidad IV hasta la VIII ajustándola al método Mora Vahrson Modificado.

Tabla 19-2: Aceleraciones calculadas para 5 localidades cercanas

Localidad	X	Y	Aceleración Pico Goldsak	Aceleración Pico Esteva-Villaverde
GUALAQUIZA	773839	9621631	0.069	0.064
SAN JUAN BOSCO	775281	9655188	0.093	0.088
SAN MIGUEL DE CONCHAY	780341	9652471	0.098	0.093
MÉNDEZ	798716	9700560	0.165	0.164
GUALACEO	746943	9680846	0.069	0.064

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Tabla 20-2: Valoración del factor de sismicidad

Mercalli M.	Aceleración pico (%g)	Color	Valor (Ts)
IV	2.2 - 4.5	Verde intenso	1
V	4.5 - 8.9	Verde claro	2
VI	8.9 - 17.7	Amarillo	3
VII	17.9 - 34.5	Naranja	4
VIII	>34.5	Rojo	5

Realizado por: M. Sc. Rolando Mora Chinchilla, 1992.

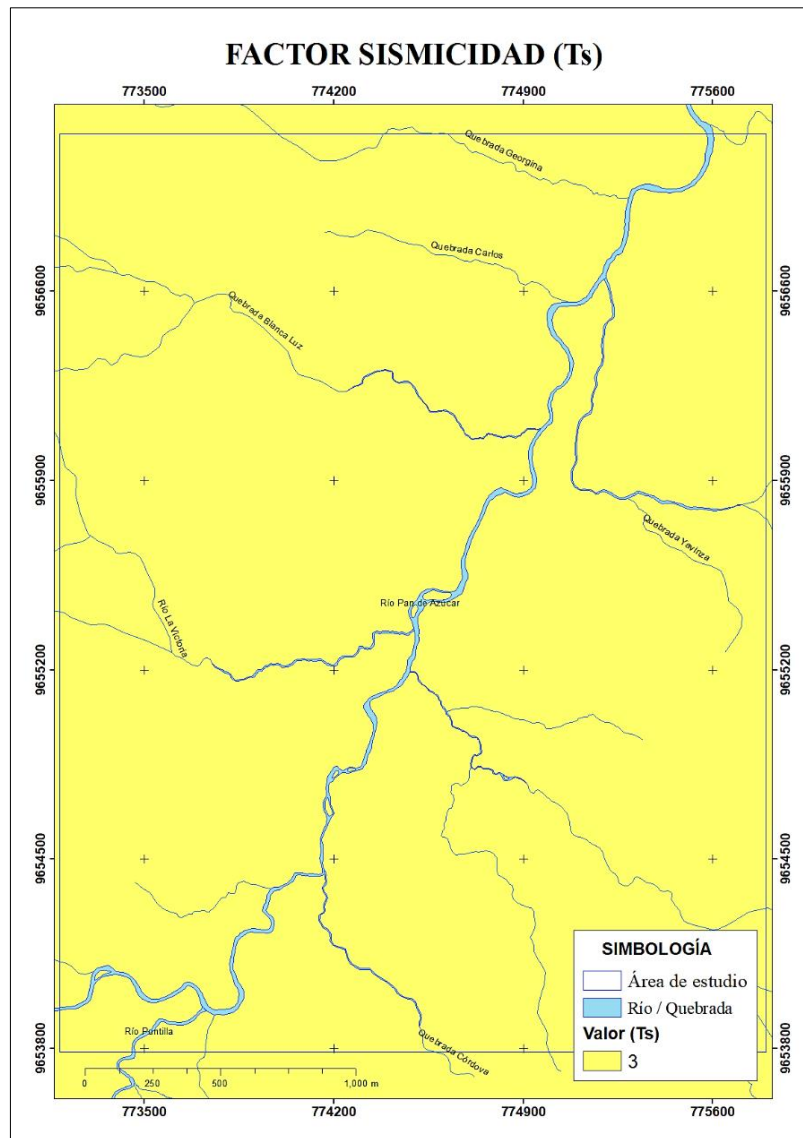


Figura 47-2. Mapa de valoración del factor (Ts).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

2.6. Modelamiento y clasificación de la Susceptibilidad

Contando con las capas de los factores y su respectiva valoración, procedemos a realizar el análisis espacial de los factores condicionantes **Sr**, **Sl** y **Sh** obteniendo un producto, que más el resultado de la suma de los factores desencadenantes **Tp** y **Ts** obtenemos un modelo previo que se lo reclasifica de acuerdo con los valores de la susceptibilidad que demanda la metodología Mora Vahrson Modificado.

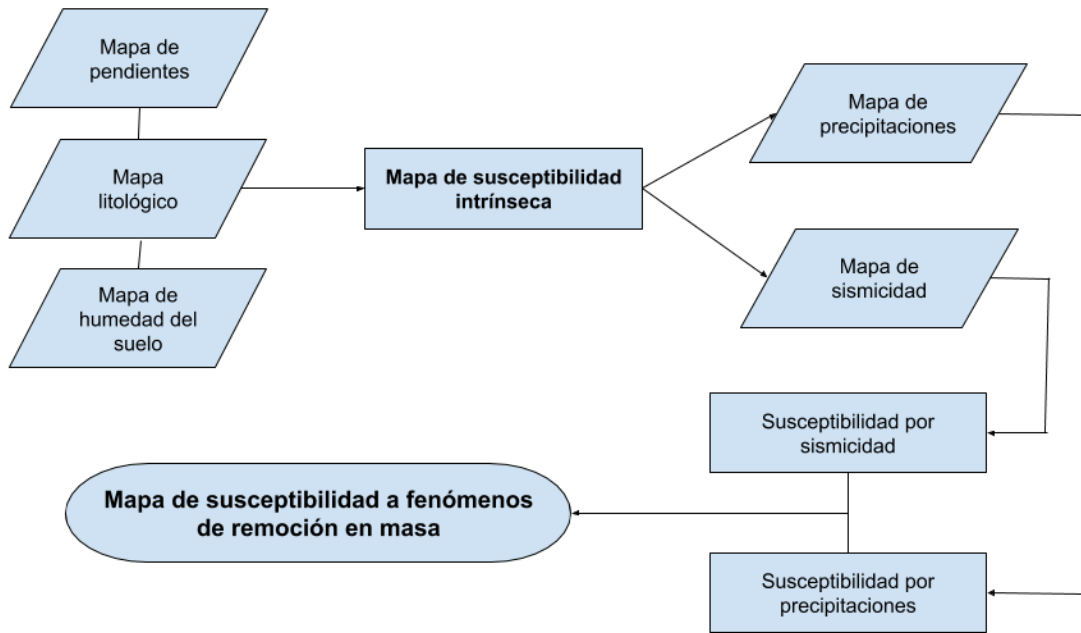


Figura 48-2. Flujograma de los procesos en la obtención de mapa de susceptibilidad.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Por consiguiente, se obtiene el modelo de la susceptibilidad, que ha de ser trabajado y representado mediante un mapa final que nos enseñe las diferentes clases de susceptibilidad que presenta el área de estudio ante las condiciones intrínsecas y extrínsecas.

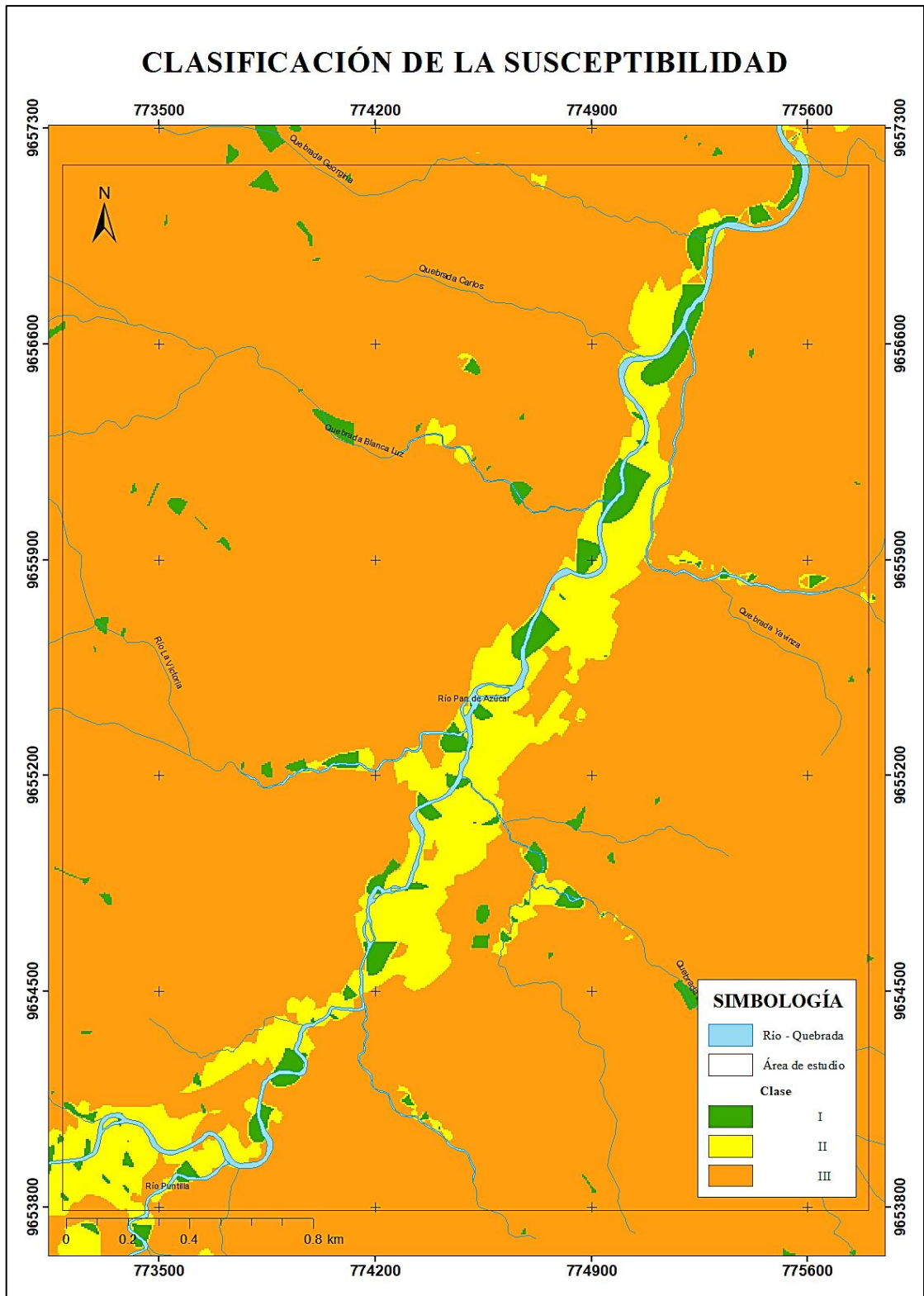


Figura 49-2. Capa clasificada acorde a valores de la susceptibilidad.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Geología del Área de Estudio

Los diferentes afloramientos han sido detallados y estudiados a lo largo de la micro cuenca del Río Pan de Azúcar, en sus quebradas y ríos que confluyen, como también se analizó taludes de la vía Troncal Amazónica, en el tramo comprendido dentro del área estudiada.

La litología del área está comprendida por rocas sedimentarias de edades cretácicas, en una intercalación de Lutita negra (bituminosa) tectonizada y Calizas grises, Lutita y Caliza negra con fosilíferas pertenecientes a la Formación Napo (KN-a, KN-b), también están presentes rocas metamórficas con una serie metamórfica de Pizarras negras, Filitas grises y de Cuarcita muy fracturadas, pertenecientes al Grupo Margajitas (PMzm). Además, se ha localizado depósitos cuaternarios como coluviales y coluvio-aluviales con un contenido de bloques y cantos heterogéneos de Areniscas cuarzosas subredondeadas, clastos de Pizarras englobados en una matriz limo-arcillosa. Aluviales depositados actualmente en forma de terrazas medianas por el río Pan de Azúcar, compuesta de rodados de rocas ígneas, sedimentarias, gravas y arenas limosas.

Tabla 1-3: Resumen estratigráfico del área de estudio

Litología	Formación	Edad
Aluvial	-	Cuaternario
Coluvial	-	Cuaternario
Lutita negra	Formación Napo	Cretácico
Caliza gris	Formación Napo	Cretácico
Caliza negra fosilífera	Formación Napo	Cretácico
Cuarcitas bandeada	Grupo Margajitas	Cretácico
Pizarras negras	Grupo Margajitas	Cretácico
Filitas calcáreas	Grupo Margajitas	Cretácico

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

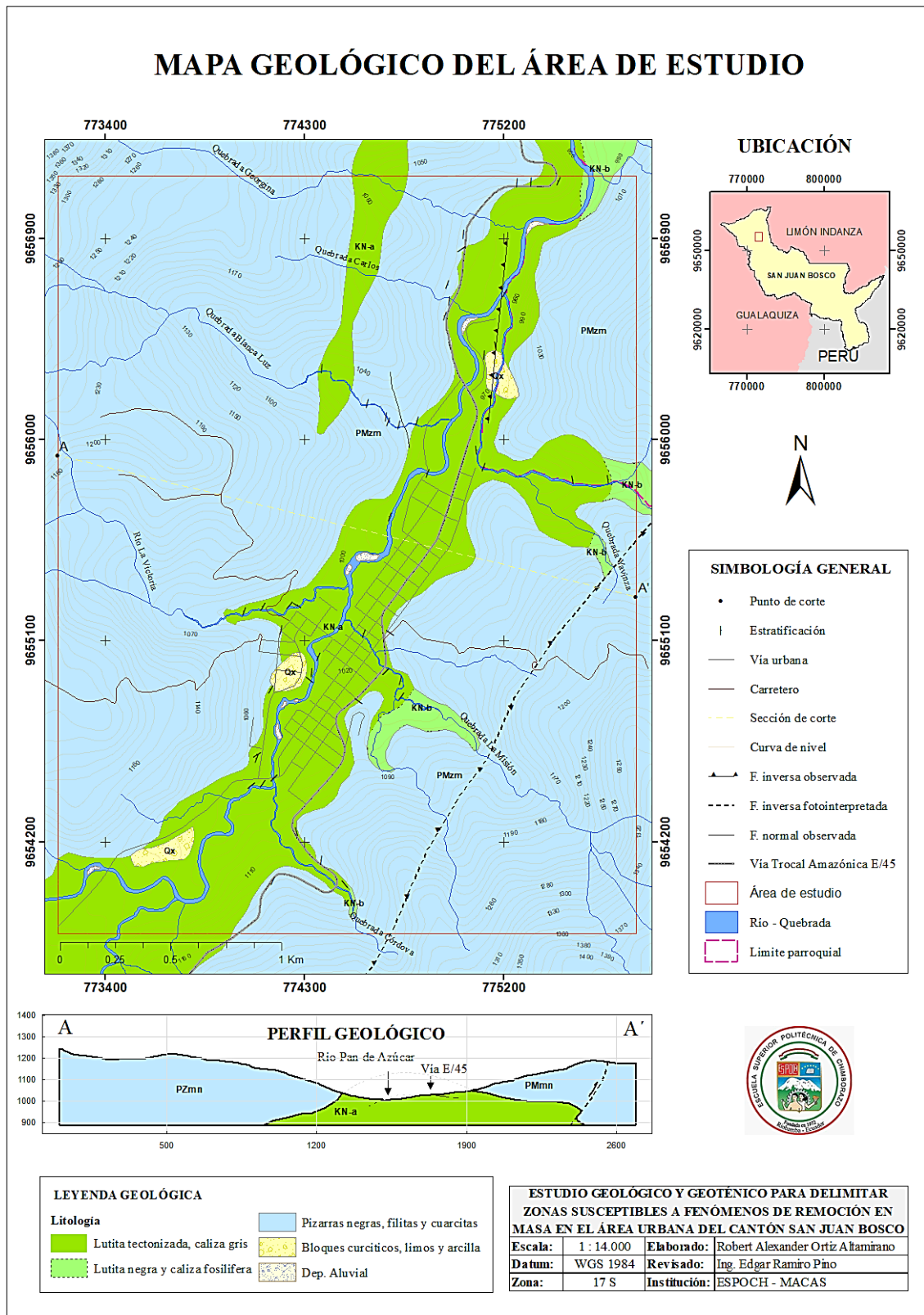


Figura 1-3. Mapa geológico del área urbana de San Juan Bosco.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

3.2. Movimientos en Masa del Área

Se ha levantado la información de cuatro deslizamientos de talud en el tramo de la vía Troncal Amazónica dentro del área de estudio, identificando y analizando las características que nos ayudaron en su respectiva clasificación.

Tabla 2-3: Movimientos en masa levantados en el área

Cód.	X	Y	Z	Tipo de movimiento
MM1	774444	9654040	1120	Rotacional en suelo y roca
MM2	774488	9654616	1083	Caída de roca y suelo
MM3	775204	9657136	995	Caída y Flujo de detritos
MM4	774281	9654343	1083	Rotacional en suelo y roca

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

De acuerdo con las características encontradas en campo relacionadas a los posibles factores que han ocasionado los movimientos en masa, el mayor factor activador son las fuertes lluvias, durante un periodo pronunciado de precipitación, esto ocasiona que las laderas y taludes sean erosionados por la escorrentía y otro porcentaje se infiltre mediante poros y grietas, mientras que taludes en mejores condiciones de estabilidad empiezan a meteorizarse, mediante la infiltración en planos de discontinuidades que ejercen empuje hidráulico haciendo que se produzca algún tipo movimiento en masa.

En base a la capa de la distribución de los movimientos en masa, se pudo correlacionar su ubicación en el mapa de susceptibilidad, pudiendo calcular la superficie afectada de unos 0.007047 km² por los movimientos en masa respecto al área de estudio

3.3. Resultados de Ensayos de Laboratorio en Muestras de Suelo

Con un total de ocho muestras tomadas en campo, de las cuales 4 son de puntos donde se han producido movimientos en masa, se han desarrollado ensayos de clasificación granulométrica, humedad natural y de límites Atterberg, de tal manera que se ha asignado una clasificación geotécnica a las muestras de suelo acorde con las normas AASHTO y SUCS.

Tabla 3-3: Resultados de ensayos a las muestras de suelo y su clasificación

Muestra	Coordenadas (X, Y)	Hum. (%)	L. Líqui. (%)	L. Plásti. (%)	Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS
MS-1	774463 9654055	35.45	61.74	40.24	A-6	CL
MS-2	774521 9654647	34.14	52.33	40.81	A-6	CL
MS-3	774894 9656257	55.27	66.67	46.11	A-6	CL
MS-4	775178 9657154	76.92	68.83	52.82	A-6	CL
MS-5	775131 9656368	34.45	60.68	40.24	A-4	ML
MS-6	774767 9655827	64.80	71.17	69.05	A-6	CL
MS-7	775085 9655827	72.19	79.29	57.68	A-6	CL
MS-8	774114 9655558	70.96	71.73	54.71	A-5	MH

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Con estos resultados se ha elaborado un mapa de la clasificación geotécnica de los suelos, conforme se realizaron los ensayos en laboratorio, donde se conocieron las propiedades físicas de estos.

MAPA DE LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

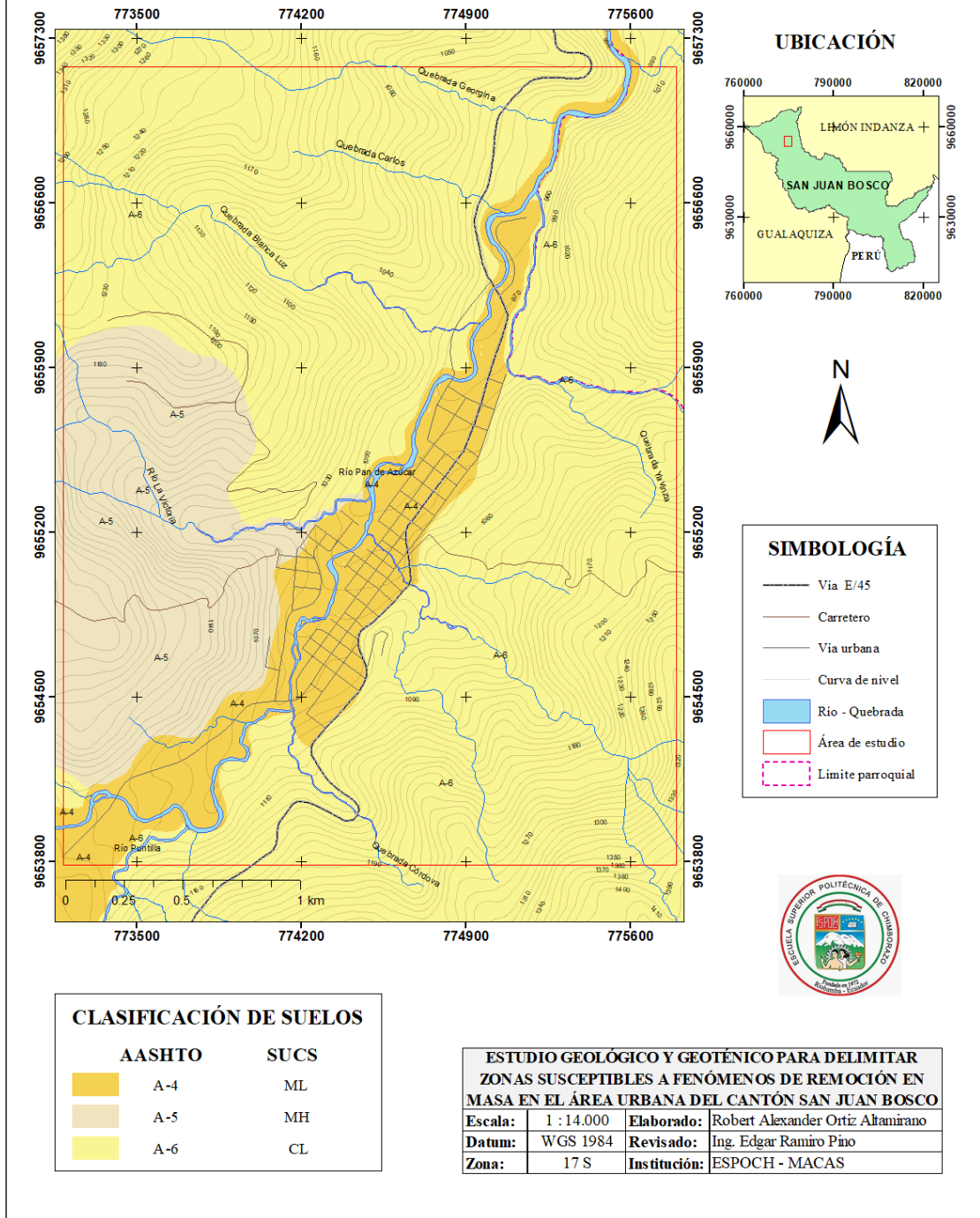


Figura 2-3. Mapa de la clasificación de los suelos (Normas AASHTO y SUCS).




Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

3.4. Mapa de Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa

La susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa se ha obtenido tomando en cuenta la información levantada de campo y la trabajada en oficina, aplicando la metodología Mora Vahrson modificada, donde a cada factor se le asignó un valor o peso, que mediante una serie de geo-procesos entre capas temáticas de factores se obtuvo y generó el mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa para el área urbana del cantón San Juan Bosco.

El mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa detalla los diferentes grados de vulnerabilidad de las zonas, representados mediante una trama de colores asignados cualitativamente a los valores obtenidos, los grados de vulnerabilidad obtenidos van en el orden de Muy bajo, Bajo y Moderado.

Tabla 4-3: Grados de vulnerabilidad acorde a las clases de susceptibilidad del área

Rango	Clase	Grado de vulnerabilidad	Color asignado
0 – 6	I	Muy bajo	
7 - 32	II	Bajo	
33 - 512	III	Moderado	

Realizado Por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Conforme con los valores de la tabla de susceptibilidad para la metodología aplicada, esta representa tres zonas:

Zonas de grado Muy Bajo: Representa sectores de condiciones favorables y estables, con pendientes de los 0 a 20 grados, estas zonas corresponden a llanuras de inundación, depósitos y terrazas aluviales. En estas zonas el agente desestabilizador es la erosión de taludes provocando caída o desplome de rocas y deslizamientos de tierra en las márgenes del río Pan de Azúcar y quebradas.

Zonas de grado Bajo: estas zonas están representadas por sectores estables pendientes medias de 20 a 35 grados, se localizan coluviales y coluvio-aluviales, pudiéndose generar deslizamientos rotacionales en suelo saturado por intensas lluvias, al igual la erosión puede generar flujos de detritos y lodos, en estas zonas son indispensables medidas correctivas menores.

Zonas de grado Moderado: Abarca en su mayoría el área estudiada, representa sectores con pendientes mayores a los 35 grados, en esta se han localizado movimientos en masa como deslizamientos rotacionales, caídas de roca y suelo en taludes de la Troncal Amazónica, la litología comprende rocas metamórficas alteradas estructuralmente que se vuelven poco competentes y vulnerables a agentes externos como lluvias y sismos, estos sectores requieren medidas correctivas al momento de establecer alguna obra civil.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

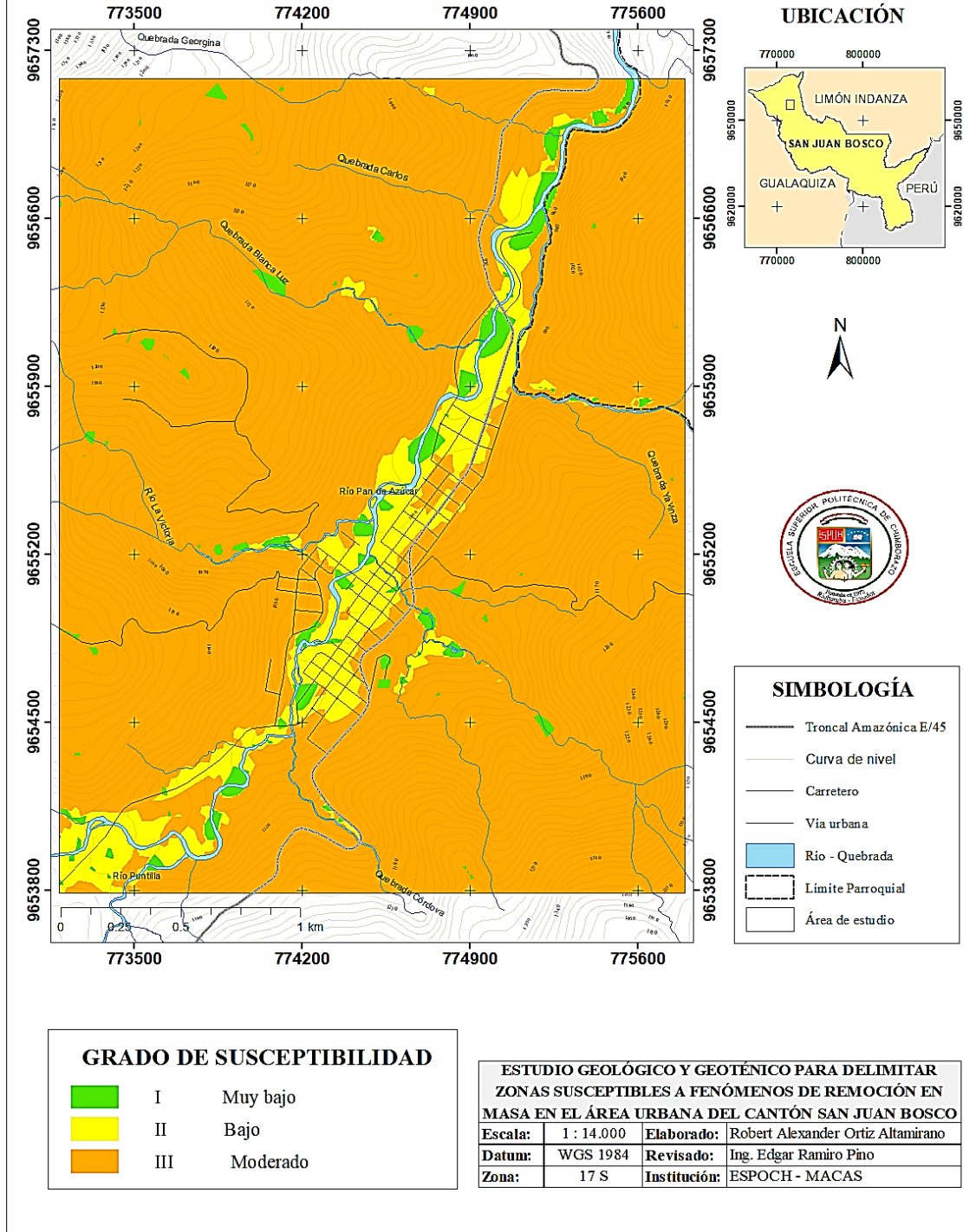


Figura 3-3. Mapa de susceptibilidad del área urbana de San Juan Bosco.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Tabla 5-3: Distribución de las zonas de susceptible del área estudiada

Susceptibilidad	Área (km ²)	% Respecto al área de estudio
Muy bajo	0.20061472	2.26
Bajo	0.70577129	7.96
Moderado	7.96160747	89.78

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

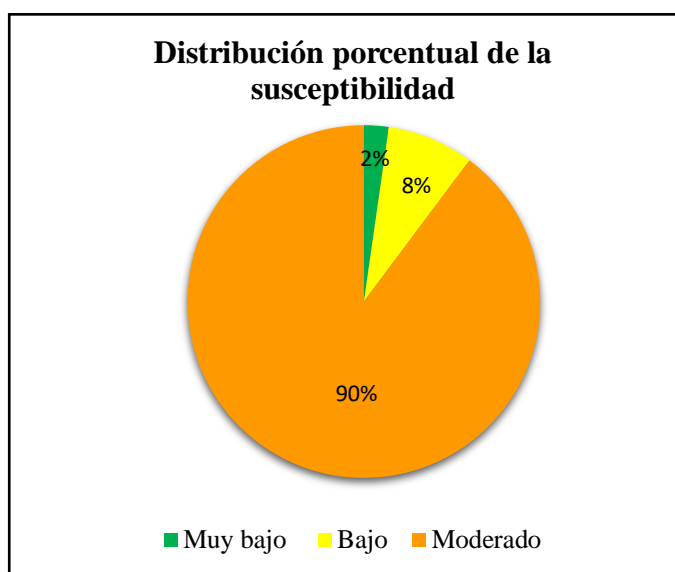


Gráfico 1-3. Distribución porcentual de los grados de susceptibilidad.

Realizado por: Ortiz A., Robert, 2020.

CONCLUSIONES

Luego del extenso estudio de campo para conocer condiciones y características geológicas y propiedades geotécnicas, con la aplicación de la metodología para la delimitación de las zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa se concluye lo siguiente:

- Se ha delimitado las zonas de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, siguiendo la metodología Mora Vahrson Modificado donde los factores se los ha valorado tomando en cuenta la información levantada de campo y manipulada en oficina.
- Se ha realizado el levantamiento en campo de las características y propiedades geológicas pudiendo generar el mapa geológico, mismo que plasma las unidades litológicas de rocas sedimentarias como Lutitas negras, Calizas grises y negras con contenido de fósiles pertenecientes a la Formación Napo, además de rocas metamórficas como Pizarras negras, Filitas calcáreas y de Cuarzitas bandeadas.
- Se ha realizado la caracterización de los movimientos en masa mediante empleo de fichas técnicas para la recopilación de datos que ayudaron a identificar las causas y el tipo de movimiento, además de la realización de muestreo de suelo con la que se obtuvo información sobre la granulometría, humedad natural y límites Atterberg, logrando obtener una clasificación geotécnica basada en las Normas AASHTO y SUCS.
- El mapa de las zonas de susceptibilidad se ha elaborado en función del análisis de los factores condicionantes y desencadenantes, con litología levantada en campo, relieve relativo obtenido del análisis y procesamiento de un Modelo de Elevación Digital, la humedad de suelo y precipitaciones adaptado a la metodología con datos de boletines publicados del INAMHI y de cartillas publicadas por el GADPMS; los factores como la sismicidad calculada para localidades cercanas y correlacionados con el mapa de zonificación de la peligrosidad sísmica de la NEC. Obteniendo tres tipos de zonas susceptibles, de las cuales están las zonas de grado Muy bajo, Medio y Moderado, que en base a la totalidad del área estudiada éstas representan un 2%, 8% y un 90% respectivamente, según el mapa final de la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.

RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar obras ingenieriles de mitigación como muros de contención, escolleras y cunetas, estos deben ser construidas en función del tipo de deslizamiento o movimiento, para que estos brinden la utilidad requerida.
- Realizar ensayos de corte directo de suelos, para poder conocer la resistencia al esfuerzo cortante que estos presenten con la finalidad de garantizar la estabilidad de obras como apertura de vías, que estén por dentro de la zona de grado Moderado de susceptibilidad.
- Realizar un análisis retrospectivo en los deslizamientos presentes y de otros taludes que presenten características de desplazamiento y generen inestabilidad, a fin de conocer la velocidad y magnitud de propagación del movimiento para tomar medidas preventivas o mitigantes.
- Realizar una caracterización de macizos rocosos en base sondeos, pudiendo conocer en profundidad la disposición y comportamiento de estructuras, y de esa forma clasificar la roca de base sobre la cual se sitúa la ciudad.
- Tomar en cuenta el mapa de susceptibilidad como una base de información para planes y proyectos más específicos dentro del área estudiada, por parte de instituciones de gobierno y en especial al GAD Municipal de San Juan Bosco.

GLOSARIO

Afloramiento: Todo tipo de roca, mineral (filones, vetas), agua, etc. que se observa en la superficie terrestre. Generalmente las rocas se hallan cubiertas por los materiales descompuestos y el trabajo de campo por la búsqueda de los afloramientos constituye una de las principales tareas de los geólogos (Dávila, 2011, p. 21).

Buzamiento: Es el ángulo de inclinación o ángulo diedro comprendido entre el plano de la roca o estructura y el plano horizontal. Buzamiento es la línea de máxima pendiente de un estrato.

Cizallamiento: Es el proceso de fracturamiento de las rocas debido a los esfuerzos tectónicos. El cizallamiento se produce mayormente en las rocas clásticas en las zonas de fallamiento, en las crestas de los anticlinales, etc. (Dávila, 2011, p.183).

Clivaje: Es la propiedad de los minerales de partirse o quebrarse siguiendo planos definidos como planos de clivaje (Dávila, 2011, p.186).

Coluvial: Material fragmentario transportado y acumulado por acción de la gravedad, generalmente se ubica en los taludes de los cerros, son heterogéneos, tanto en la forma como en el tamaño (Lugo, 2011, p.81).

Falla: Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado plano de falla (Dávila Burga, 2011, p.329).

Foliación: Propiedad de las rocas metamórficas de presentarse dando la apariencia de hojas, láminas o lamelas (Dávila, 2011, p.348).

Formación geológica: Es una secuencia de rocas, generalmente de características semejantes, en cuanto a litología, fósiles y edad. Por lo tanto, poseen una facies semejante, cuencas de deposición semejantes y cercanas, y fuentes de aportes de materiales también semejantes (Dávila Burga, 2011, p.349).

Freático (nivel): Dícese de la capa, manto o roca que contiene agua subterránea y que generalmente puede ser extraída mediante pozos. También se dice de la parte del subsuelo saturada de agua (Lugo, 2011, p.289).

Geoprocesamiento: Término que engloba tres aspectos fundamentales de un SIG: automatización de procedimientos, análisis geoespacial y modelado de aspectos de la vida real (Llopis, 2010, p.213).

Litología: Ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas. Se podría considerar como un sinónimo de petrología (Dávila, 2011, p.505).

BIBLIOGRAFÍA

ALCÁNTARA AYALA, Isarema. “Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología”, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, México : n° 4 (2000), pp. 7-12.

BALDOCK, J W. “Boletín de la Explicación del Mapa Geológico del la República del Ecuador, escala 1:1,000.000”. (D.G.G.M., Trad.) *Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos Dirección General de Geología y Minas*, Quito – Ecuador (1982), pp. 20 - 22.

BARRAGÁN, Roberto; et al. *La Cuenca del Oriente: Geología y Petróleo*, Quito - Ecuador, Instituto Francés de Estudios Andinos, 1999, pp. 48 - 60.

COROMINAS, J. “Tipos de Roturas en Laderas y Taludes”. *Universitat Politècnica de Catalunya* [En línea], 2015, (España), pp. 3 – 12. [Consulta: 20 Mayo 2019]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/260386631>

CRUDEN, David M.; & VARNES, David J. *Landslide: investigations and mitigation. Chapter 3 - Landslide Types and Processes* [En línea]. Washington D.C. – EE.UU: National Academy of Sciences, 1996. [Consulta: 18 Mayo 2019]. Disponible en: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr247/sr247-003.pdf>

DÁVILA BURGA, Jorge. *Diccionario Geológico* [En Línea]. Callao – Perú: INGEMMET, 2011. [Consulta: 19 de junio 2019]. Disponible en: <http://biblioteca.ismm.edu.cu/wp-content/uploads/2017/06/Diccionario-geologico.pdf>

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo. *Manual de Geología para Ingenieros* [En línea]. Manizales – Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consulta: 21 mayo 2019]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/53252/97/clasificaciondesuelos.pdf>

GADM SAN JUAN BOSCO. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. San Juan Bosco - Ecuador: 2016. pp. 46 - 48.

GARCÍA RODRÍGUEZ, Manuel. *Biología y Geología: La Investigación Geológica y sus Métodos* [En línea]. Madrid – España: Cenoposiciones, 2009. [Consulta: 21 mayo 2019]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/263925624_La_investigacion_geologica_y_sus_metodos_Fundamentos_y_utilidad_de_la_fotografia_aerea_del_mapa_topografico_del_mapa_geologico_y_de_otros_tipos_de_mapas_utilizados_en_el_trabajo_geologico_La_teledetec

GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis; & et al. *Ingeniería Geológica*. Madrid - España: Pearson Educación S.A., 2002. pp. 372 – 385.

LITHERLAND, Martin; & et al. *The Metamorphic Belts of Ecuador* [En línea]. Nottingham - Inglaterra : Overseas Memoir of The British Geological Survey, 1994. [Consulta: 21 Mayo 2019]. Disponible en: <http://pubs.bgs.ac.uk/publications.html?pubID=B04057>

LLOPIS PEÑA, Juan. *Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Gestión del Territorio*. San Vicente, Alicante - España: Editorial Club Universitario, 2010. [Consulta: 21 Mayo 2019]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=BFDuDQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

LUGO HUBP, José. *Diccionario Geomorfológico* [En línea]. Coyoacán – México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2011. [Consulta: 19 junio de 2019]. Disponible en: www.igeograf.unam.mx

LYNN M., Highland; & BOBROWSKY, Peter. *The landslide handbook - A guide to understanding landslides* [En línea]. Reston, Virginia – U.S.: Geological Survey Circular 1325, 2008. [Consulta: 21 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.usgs.gov/pubprod>

MORA CHINCHILLA, Sergio. “Evaluación de la Susceptibilidad al Deslizamiento del Cantón de San José, Provincia de San José, Costa Rica”. *Servicios Especializados de Laboratorio de Suelos y Rocas, FUNDEVI 0960*. [En línea]. San José – Costa Rica, 2004, pp. 2 – 12. [Consulta: 21 mayo 2019]. Disponible en: http://geologia.ucr.ac.cr/revista/revista/pdf_frameset.html

MORA CHINCHILLA, Rolando; & et al. “Mapa de amenaza de deslizamientos, Valle Central, Costa Rica. San José”. CEPREDENAC (1993), (Costa Rica), pp. 3 – 8.

RIVADENEIRA, Marco.; & et al. *La Cuenca Oriente Geología y Petróleo*. Quito – Ecuador: IFEA, IRD y PETROECUADOR 1986, pp. 14 – 27.

SUÁRES DÍAZ, Jaime. *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga – Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda., 1998, pp. 14 – 370.

SUÁREZ DÍAZ, Jaime. *Deslizamientos, Análisis geotécnico.* Bucaramanga – Colombia: División de Publicaciones UIS, 2009, pp. 450 – 457.

VARGAS CUERVO, G. “Criterios para la clasificación y descripción de movimientos en masa”. *Boletín de Geología UIS*, Vol. 22, n° 32 (2000), (Colombia) pp. 40 – 49.

VARNES, David J. “Slope Movement Types and Processes”. *National Academy of Science* [ed.] Robert L Schuster y Raymond J Krizek. Vol. 176 (1978), (United States), pp. 11 – 25.

ANEXOS

ANEXO A: TRABAJO DE CAMPO



Figura 1-A. Estratos de Lutita pizarrosa muy fracturados y meteorizados. (GL2).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

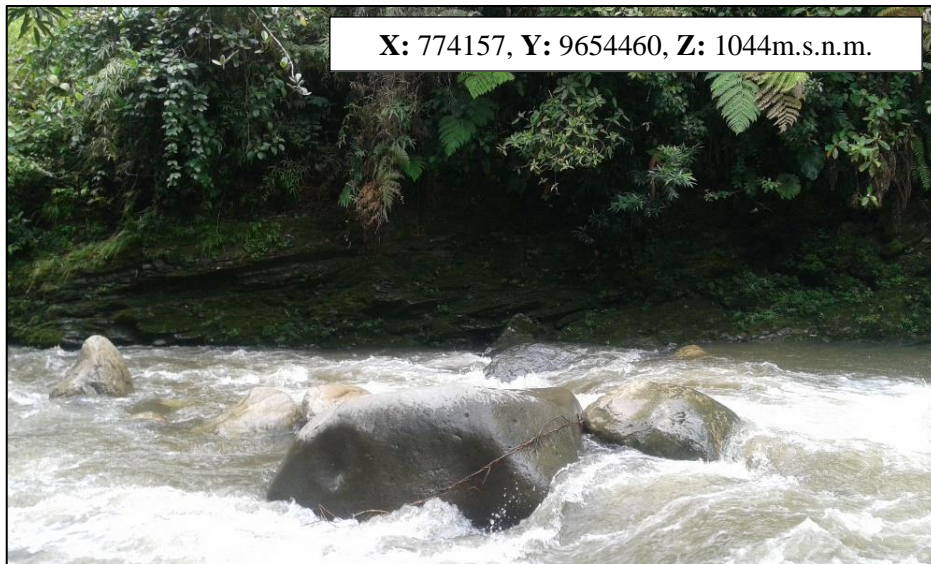


Figura 2-A. Lutita foliada, caliza gris y vetillas de calcita. (GL5)

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

X: 774083, Y: 9654570, Z: 1057 m.s.n.m.



Figura 3-A. Talud de Pizarras y Filitas muy meteorizadas. (GL7).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

X: 774806, Y: 9656083, Z: 990 m.s.n.m.



Figura 4-A. Estratos de Lutita altamente fracturada y meteorizada. (GL11).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 5-A. Lutita con vetillas de Calcita, clastos pizarrosos, arenas y limos. (GL13).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 6-A. Lutita negra fracturada con vetillas de Calcita. (GL22).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 7-A. Lutita intercalada con caliza y delgadas vetillas de calcita. (GL24).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 8-A. Estratos de Pizarras muy fracturadas y altamente meteorizadas. (GL27).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 9-A. Estratos de Pizarra y Filitas calcáreas muy meteorizadas. (GL28).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 10-A. Estratos de Pizarra negras, altamente fracturadas y meteorizadas. (GL30).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 11-A. Talud de estratos de Lutita muy meteorizada, intercalación de Pizarras y Filitas alteradas. (GL31).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 12-A. Estratos de Lutita muy fracturados y Pizarras y filitas meteorizadas. (GL33).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

X: 775111, Y: 9655877, Z: 997 m.s.n.m.



Figura 13-A. Capas delgadas e intercaladas de Lutita negra con caliza gris, con vetillas de calcita. (GL35).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

X: 775511, Y: 9655819, Z: 1016 m.s.n.m.

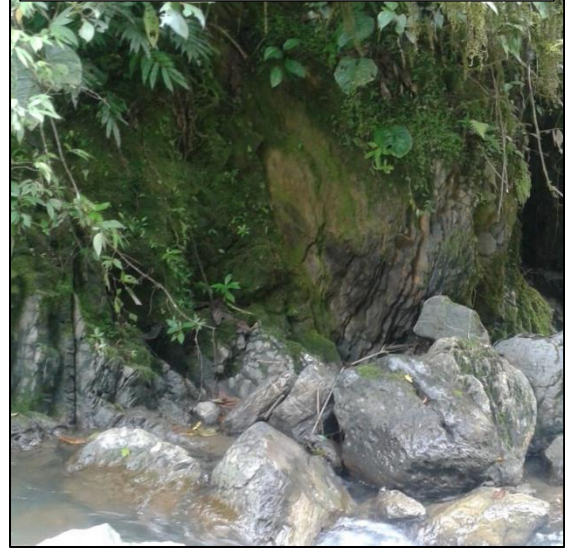


Figura 14-A. Caliza fosilífera tectonizada, con Lutitas en bandas estrechas. (GL36).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

X: 774368, Y: 9654116, Z: 1092 m.s.n.m.



Figura 15-A. Estratos de Lutita con vetillas de Calcita, muy meteorizada. (GL40).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 16-A. Estratos de Lutita alterados por la meteorización diferenciada. (GL41).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 17-A. Lutita con verillas de Calcita en la base y Caliza calcárea sobre la Lutita. (GL44).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 18-A. Bloque transportado de Caliza negra con fósiles, cercano a los puntos (GL36 – GL37).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 19-A. Bloque de Arenisca meteorizado de unos 3 m de diámetro, formando parte de un coluvio-aluvial antiguo. (GL49).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

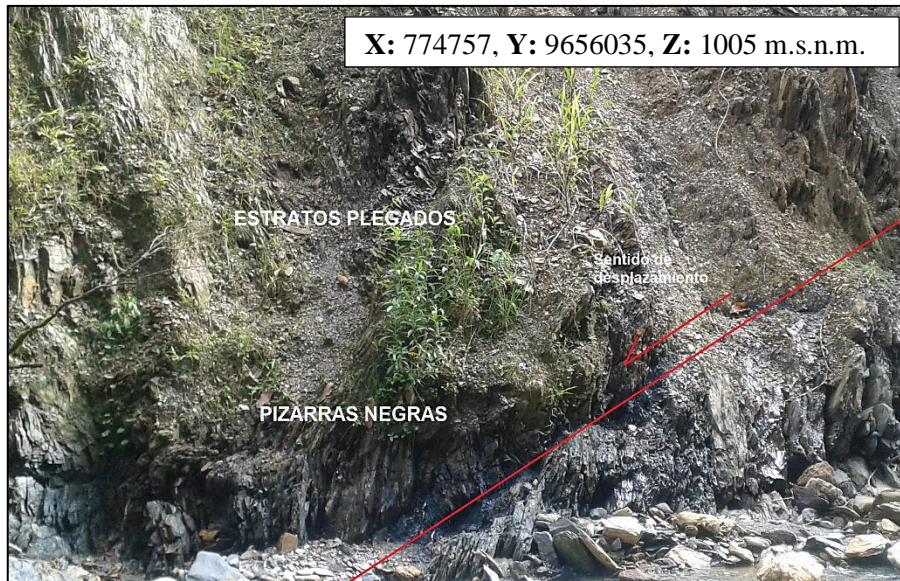


Figura 20-A. Falla normal en estratos de Pizarra muy fracturados y altamente meteorizados. (GL54).

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

ANEXO B: ENSAYOS DE SUELO EN LABORATORIO



Figura 1-B. Tamizado manual de muestra seca, ensayo de granulometría.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 2-B. toma de pesos en seco, ensayo de límite de plasticidad.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 3-B. Secado de muestras en el horno, ensayo de humedad natural.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



Figura 4-B. Muestras secas, ensayo de humedad natural.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

ANEXO C: PROCESAMIENTO DE DATOS Y CAPAS TEMÁTICAS

Tabla 1-C. Valores de precipitación media mensual de estaciones (mm), 2013-2015

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Méndez	158.0	210.3	221.2	173.0	142.5	283.4	167.6	107.0	107.8	125.4	151.9	96.9
Gualaquiza	157.6	161.5	146.1	123.2	250.2	314.1	234.7	114.9	156.9	101.1	51.2	100.2
Gualaceo	30.8	117.2	42.6	24.6	94.8	55.3	40.4	17.6	27.1	89.5	39.2	53.8

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

Fuente: Datos obtenidos del INAMHI y GADPMS.

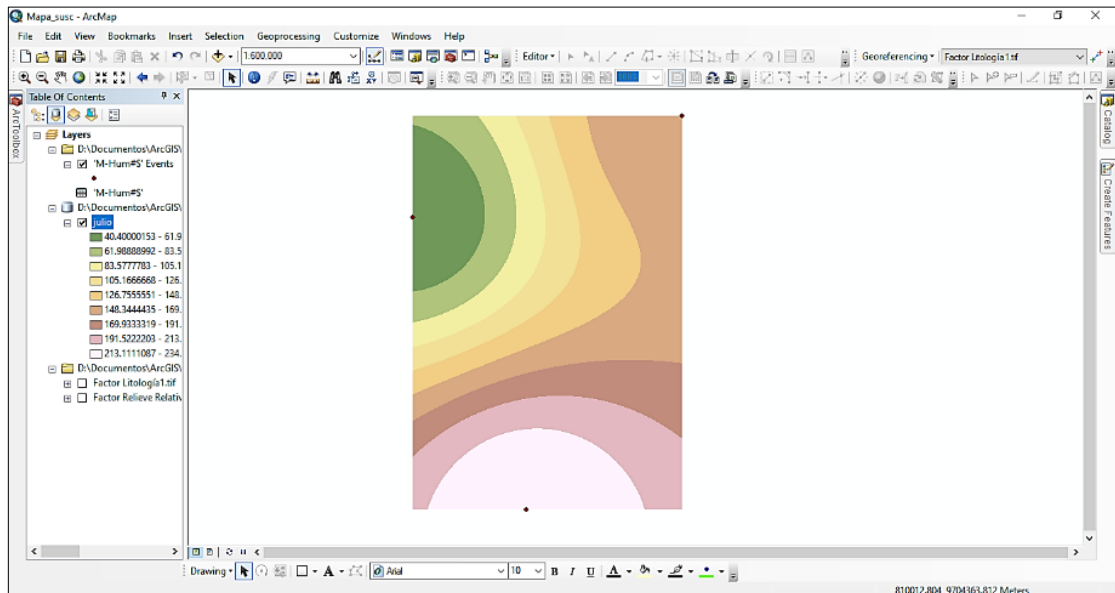


Figura 1-C. Isoyetas de precipitación, para la valoración del factor de humedad del suelo.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.

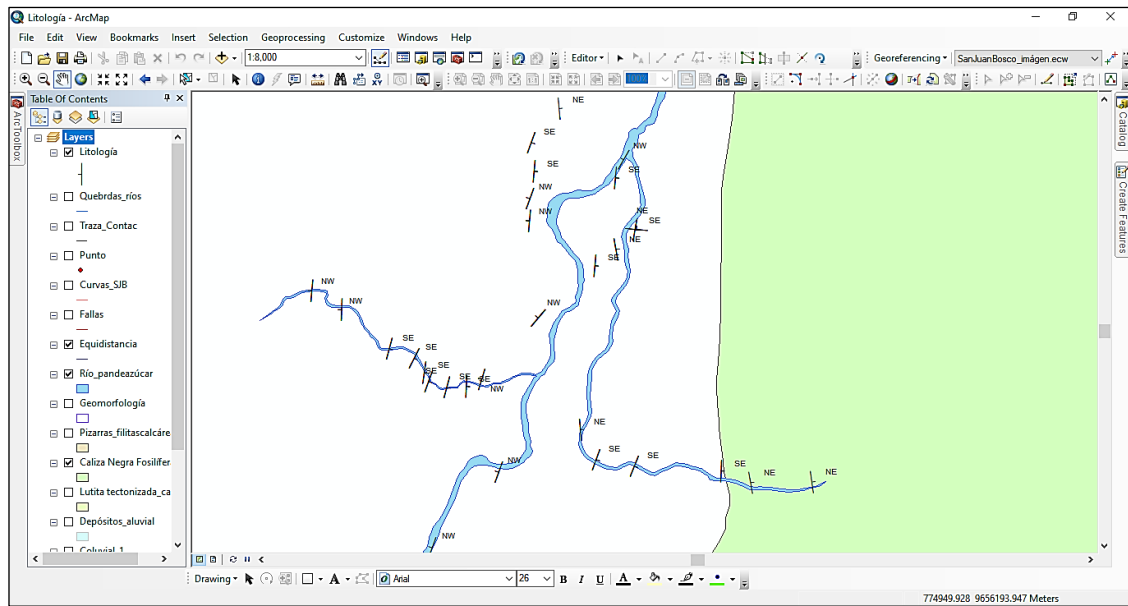


Figura 2-C. Modelamiento de la capa litológica.

Realizado por: Ortiz Altamirano, Robert, 2019.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y
BIBLIOGRAFÍA

FECHA DE ENTREGA: 06 / 07 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

NOMBRES – APELLIDOS: ROBERT ALEXANDER ORTIZ ALTAMIRANO

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

FACULTAD: RECURSOS NATURALES

CARRERA: INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y MINAS

TÍTULO A OPTAR: INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

F. ANALISTA DE BIBLIOTECA RESPONSABLE:

Lcda. INÉS ZAPATA ZUMÁRRAGA Mgtr.

**INES
ZAPAT
A
ZUMAR
RAGA**

Firmado digitalmente
por INES ZAPATA
ZUMARRAGA
DN: cn=INES ZAPATA
ZUMARRAGA gr=INES
o=EC IROBAMBA
ou=Certificado de Clase
2 de Persona Física EC
e=inezapata@hotmail.
com
Motivo: Aprobado este
documento
Ubicación:
Fecha: 2021-07-06
17:26:05.00



06-07-2021
1109-DBRA-UPT-2021