



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

**CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

TÍTULO:

**“ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA LA CONDUCCIÓN
PRINCIPAL DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CANAL ALTO SAN PEDRO DE
VILCABAMBA, COMPENDIDO EN EL TRAMO II: SECTOR LA
COFRADÍA, LONGITUD 2 KILÓMETROS, CANTÓN Y PROVINCIA DE
LOJA”**

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

AUTORA: DANIELA DEL CISNE SÁNCHEZ MOGROVEJO

DIRECTOR: ING. STALIN IVÁN PUGLLA ARÉVALO, MG.SC.

LOJA – ECUADOR

2019



II. CERTIFICACIÓN

Ingeniero.

Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

CERTIFICA:

Haber dirigido y asesorado el presente trabajo de tesis de grado realizado por la egresada Srta. **DANIELA DEL CISNE SÁNCHEZ MOGROVEJO**, con C.I. 1104648777, en su proceso de investigación denominado "**ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CANAL ALTO SAN PEDRO DE VILCABAMBA, COMPRENDIDO EN EL TRAMO II: SECTOR LA COFRADÍA, LONGITUD 2 KILÓMETROS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA**", previo a la obtención del título de: **INGENIERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**, mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, en consecuencia me permito autorizar su presentación, sustentación y defensa.

Loja, 03 de junio del 2019.

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS



III. AUTORÍA

Yo, **DANIELA DEL CISNE SÁNCHEZ MOGROVEJO**, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

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

Firma:

C.I.: 1104648777

Fecha: Loja, 13 de junio del 2019.



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

Yo, **DANIELA DEL CISNE SÁNCHEZ MOGROVEJO**, declaro ser la autora de la tesis titulada: **"ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CANAL ALTO SAN PEDRO DE VILCABAMBA, COMPRENDIDO EN EL TRAMO II: SECTOR LA COFRADÍA, LONGITUD 2 KILÓMETROS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"**, como requisito para optar el grado de: **INGENIERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

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

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

Para constancia de esta autorización, a los trece días del mes de junio del dos mil diecinueve, en la ciudad de Loja.

Firma:

Autora: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo.
Cédula: 1104648777.
Dirección: Loja, ciudadela La Pradera, álamos entre molles y arupos.
Correo electrónico: monikua_22@hotmail.com
Teléfono fijo: 07- 2103021 **Celular:** 0967449324

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg. Sc.
Tribunal de Grado: Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.
Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.
Ing. Alexander Fermín González Sisalima, Mg. Sc.



V. DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de tesis en primer lugar a la Santísima Misericordia y a la Virgen del Cisne quienes han sido guía espiritual en mi vida dandome fuerza necesarias para seguir adelante, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la fé, ni desfallecer en el intento.

A mis amados abuelitos Daniel (+) y Delia, ya que son mi pilar fundamental y apoyo en mi formación personal, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y sobre todo sus valiosos consejos y enseñanzas de vida.

A mi madre Diana, por su apoyo esmerado, por estar pendiente de mí en cada momento, por enseñarme que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue para triunfar en la vida y por ser un gran modelo de mujer luchadora.

A mis padres Javier y Gonzalo, por su eterno cariño, comprensión; y sus sabios consejos que día a día me brindan para formar en mí una persona con nobles sentimientos.

A mis tíos Martha, Pablo y Esthela, por estar a mi lado, por sus palabras de aliento en cada momento de mi vida. A mis primos Santiago, Wilson y Juliana por ser como mis hermanos por compartir una niñez feliz junto a ellos y toda mi familia.

A José Miguel, que durante este tiempo me ha brindado su amor incondicional y su agradable compañía, por estar a mi lado en los momentos felices y más tristes de mi vida, él que me ánimo a mantenerme fuerte para salir adelante, y sobre todo por sus sabios consejos durante este proyecto de tesis.

Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo.



VI. AGRADECIMIENTOS

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de mi tesis quiero agradecer primeramente a Dios y a la Virgen del Cisne quienes han sido mi guía durante toda mi vida y quienes me han permitido cumplir mis propósitos presentes.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial; representado por la planta docente y personal administrativo por haberme formado como estudiante universitaria y permitirme cumplir mi meta como profesional.

De manera especial al Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg. Sc, como director de tesis, quien supo guiarme, asesorarme y dedicar su tiempo y experiencia para que este proyecto de investigación tenga los resultados anhelados.

Agradezco a los Ingenieros; Julio Romero, Walter Tambo y Alexander González; por haberme orientado y brindado su asesoramiento técnico para el cumplimiento del presente proyecto de investigación, además a los responsables de los laboratorios de Mecánica de Rocas y Química: Ing. Hugo Orellana y el Dr. Luis Angamarca, por sus conocimientos y prácticas impartidas para finalizar con éxito los ensayos propuestos.

De la misma manera quiero agradecer aquellas amistadas que desde mi infancia me han acompañado, brindándome cariño, apoyo y sobre todo los buenos momentos vividos y siempre estarán en mi corazón. Así mismo, durante mi vida universitaria llegue a conocer personas valiosas, de las cuales aprendí el verdadero significado de la amistad.

Finalmente agradezco al GAP de San Pedro de Vilcabamba período (2016-2019) y a la Junta de Riego San Pedro de Vilcabamba; por haberme permitido involucrarme por medio del convenio institucional con la Universidad Nacional de Loja, ejecutando acciones conjuntas que permitieron el fortalecimiento de conocimientos técnicos y experiencias de los integrantes de las instituciones involucradas.

Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo.



VII. TABLA DE CONTENIDO

II. CERTIFICACIÓN	ii
III. AUTORÍA	iii
IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA	iv
V. DEDICATORIA	v
VI. AGRADECIMIENTOS	vi
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
3. INTRODUCCIÓN	4
3.1. Objetivo General	6
3.2. Objetivos Específicos	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1. Estudios Geológicos en Obras de Ingeniería	7
4.1.1. Fotogeología	7
4.1.2. Topografía	8
4.1.3. Geología	8
4.1.4. Geología Estructural	9
4.1.5. Geomorfología	10
4.1.6. Hidrogeología	10
4.1.7. Fenómenos de Remoción en Masa	10
4.2. Geotecnia en Obras de Ingeniería	11
4.3. Geotecnia para Macizos Rocosos	12
4.3.1. Caracterización de la Matriz Rocosa	12
4.3.2. Descripción de las discontinuidades	13
4.3.3. Caracterización del Macizo Rocoso	17
4.4. Mecánica de Rocas	19
4.4.1. Generalidades	19
4.4.2. Propiedades Físico - Mecánico de los Materiales Rocosos	20
4.4.3. Mecanismos de Rotura	21
4.5. Clasificación Geomecánica	22
4.6. Proyección Estereográfica en Geología	25
4.7. Análisis de la Resistencia del Macizo Rocoso	26
4.8. Canal de Riego	30



4.8.1.	Propiedades Físico – Hidráulicas de los Canales de Riego.	30
4.8.2.	Tipos de flujos en un canal de riego.....	32
4.9.	Software Geotécnico “Casa de Rocscience”	33
4.9.1.	Programa Dips.....	33
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
5.1.	Materiales y Equipos	34
5.2.	Metodología.....	35
5.2.1.	Base para la obtención de datos.....	35
5.2.2.	Metodología utilizada para la topografía.	36
5.2.3.	Metodología utilizada para la Geología parroquial y del tramo II.....	37
5.2.4.	Metodología utilizada para los Macizos Rocosos.....	39
5.2.5.	Metodología utilizada para la valoración de Macizos Rocosos.	40
5.2.6.	Metodología utilizada para los Fenómenos de Remoción en Masa.	52
5.2.7.	Metodología utilizada para el análisis cinemático del macizo rocoso.	53
5.2.8.	Ensayos y resultados.....	55
5.2.9.	Metodología utilizada para Medidas Técnicas.	57
6.	RESULTADOS.	58
6.1.	Descripción General del área de estudio.	58
6.1.1.	Historia General.....	58
6.1.2.	Generalidades.	59
6.1.3.	Acceso.....	60
6.1.4.	Ubicación Administrativa.....	60
6.1.5.	Localización Geográfica.	61
6.1.6.	Topografía.	61
6.1.7.	Geología Regional.....	64
6.1.8.	Geología Local	67
6.1.9.	Geomorfología.....	75
6.1.10.	Tectónica.....	76
6.1.11.	Geología Estructural	78
6.1.12.	Clima e Hidrología.....	79
6.1.13.	Cobertura vegetal y Uso actual del Suelo.	82
6.2.	ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO	84
6.2.1.	Antecedentes del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba.....	84
6.2.2.	Topografía.	89



6.2.3.	Pendientes	89
6.2.4.	Fotointerpretación.....	90
6.2.5.	Geología a detalle	91
6.3.	Descripción de las zonas de inestabilidad	96
6.3.1.	Inventario de deslizamientos	97
6.4.	Zonas de Inestabilidad.....	102
6.5.	Ensayos y Resultados	105
6.5.1.	Ensayos "in – situ"	105
6.5.2.	Ensayos en Laboratorio.....	107
6.6.	Mecánica de Rocas	112
6.6.1.	Caracterización del Macizo Rocoso.....	113
6.7.	Diagnóstico técnico del tramo II: Sector La Cofradía	132
6.7.1.	Desprendimientos en los muros de sostenimiento del canal.....	132
6.7.2.	Asentamientos sobre el canal.....	134
6.7.3.	Fallas Estructurales.....	136
6.7.4.	Agujeros en los muros de sostenimiento del canal	136
6.7.5.	Fisuras y grietas en los muros de sostenimiento del canal	138
6.7.6.	Volteo de los muros de sostenimiento del canal	139
6.7.7.	Compuerta de desfogue	140
6.7.8.	Infraestructura del tramo II.....	140
6.8.	Medidas Técnicas de estabilización y protección.....	155
6.8.1.	Sección N°1, 2, 4, 7, 9 y 13: "Canal completo de hormigón armado" ...	155
6.8.2.	Sección N° 3, 8 y 11: "Canal completo de roca y tierra"	155
6.8.3.	Sección N° 5: "Canal de paredes de hormigón y piso de roca"	156
6.8.4.	Sección N° 6 y 12: "Canal con pared de roca y piso de tierra"	157
6.8.5.	Medidas técnicas de corrección y/o control para un adecuado mantenimiento y rehabilitación del Tramo II: sector la Cofradía.....	158
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	161
8.	CONCLUSIONES	164
9.	RECOMENDACIONES	167
10.	BIBLIOGRAFÍA	168
11.	ANEXOS	172



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Clasificación de movimientos en masa. _____	11
Tabla 2. Clasificación del tamaño de grano de las rocas. _____	12
Tabla 3. Descripción del grado de meteorización. _____	12
Tabla 4. Clasificación en base a la resistencia de la roca. _____	13
Tabla 5. Descripción del espaciado. _____	14
Tabla 6. Descripción de la continuidad. _____	14
Tabla 7. Clasificación en base a la resistencia de la roca. _____	15
Tabla 8. Descripción de la abertura. _____	16
Tabla 9. Descripción de las filtraciones en discontinuidades. _____	16
Tabla 10. Clasificación de macizo rocoso por el número de familias de discontinuidades. _____	17
Tabla 11. Descripción del tamaño de bloque en función del número de discontinuidades. _____	18
Tabla 12. Tamaño y forma de los bloques. _____	18
Tabla 13. Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso. _____	18
Tabla 14. Clasificación Geomecánica RMR. _____	23
Tabla 15. Clasificación para la determinación de los buzamientos con respecto al efecto relativo con relación al eje de la obra. _____	24
Tabla 16. Rango RMR para obras de tipo Taludes en Roca. _____	24
Tabla 17. Características Geotécnicas. _____	24
Tabla 18. Índice de calidad Del RQD. _____	25
Tabla 19. Valores típicos de cohesión y ángulo de fricción para roca sana. _____	28
Tabla 20. Materiales de Campo y de Oficina para la ejecución del proyecto investigativo. _____	34
Tabla 21. Punto inicial y final del tramo II. _____	37
Tabla 22. Clasificación de las pendientes. _____	37
Tabla 23. Síntesis litoestratigráficas de la cuenca Malacatos – Vilcabamba. _____	64
Tabla 24. Clasificación geomorfológica de la parroquia San Pedro de Vilcabamba. _____	75
Tabla 25. Red Hídrica de la parroquia San Pedro de Vilcabamba. _____	81
Tabla 26. Uso actual del suelo de la parroquia San Pedro de Vilcabamba. _____	82
Tabla 27. Información Técnica del canal alto. _____	88



Tabla 28. Pendientes de la Zona de estudio del Tramo II. _____	90
Tabla 29. Ubicación geográfica de la Línea del S.E.V. _____	105
Tabla 30. Datos de resistividad. _____	105
Tabla 31. Descripción de las capas correspondientes al S.E.V. _____	106
Tabla 32. Ubicación geográfica de las muestras de roca. _____	108
Tabla 33. Pesos específicos de las cinco muestras del tramo II. _____	108
Tabla 34. Cálculos de humedad correspondiente al Tramo II. _____	109
Tabla 35. Cálculos de peso volumétrico correspondiente al tramo II. _____	110
Tabla 36. Cálculos de la porosidad correspondiente al tramo II. _____	110
Tabla 37. Resultados de las quince muestras de roca del Tramo II. _____	111
Tabla 38. Resultados del RQD. _____	113
Tabla 39. Resultados del "RQD" del tramo II. _____	115
Tabla 40. Resultados del martillo Schmidt, para determinar la RCS en los Macizos. _____	115
Tabla 41. Resultados reales de la valoración de la RCS a través del martillo Schmidt. _____	119
Tabla 42. Caracterización "RMR" del macizo rocoso N° 1. _____	120
Tabla 43. Caracterización "RMR" del macizo rocoso N° 2. _____	121
Tabla 44. Caracterización "RMR" del macizo rocoso N° 3. _____	122
Tabla 45. Caracterización del macizo N° 4. _____	123
Tabla 46. Caracterización "RMR" del macizo rocoso N° 5. _____	124
Tabla 47. Resumen de calidad de los macizos rocosos en el tramo II. _____	125
Tabla 48. Análisis de la resistencia de la matriz rocosa por el Criterio de Mohr – Coulomb. _____	131
Tabla 49. Análisis de la resistencia al corte de las discontinuidades, a través del Criterio Barton & Choubey (1997). _____	132
Tabla 50. Ubicación de los desprendimientos en los muros del canal. _____	133
Tabla 51. Ubicación de los asentamientos levantados a lo largo del tramo II. _____	135
Tabla 52. Ubicación de los agrietamientos levantados a lo largo del tramo II. _____	138
Tabla 53. Ubicación de los volcamiento del tramo II. _____	139
Tabla 54. Canal completo sección N°1, perteneciente al tramo II. _____	141
Tabla 55. Canal completo sección N°2, perteneciente al tramo II. _____	142
Tabla 56. Canal completo sección N°3, perteneciente al tramo II. _____	143
Tabla 57. Canal completo sección N°4, perteneciente al tramo II. _____	144



Tabla 58. Canal completo sección N°5 perteneciente al tramo II. _____	145
Tabla 59. Canal completo sección N°6 perteneciente al tramo II. _____	146
Tabla 60. Canal completo sección N°7 perteneciente al tramo II. _____	147
Tabla 61. Canal de roca y tierra sección N°8 perteneciente al tramo II. _____	148
Tabla 62. Canal completo sección N°9 perteneciente al tramo II. _____	149
Tabla 63. Canal de roca sección N° 11 perteneciente al tramo II. _____	151
Tabla 64. Canal de roca sección N° 12 perteneciente al tramo II. _____	152
Tabla 65. Canal de roca sección N° 13 perteneciente al tramo II. _____	153
Tabla 66. Resumen de los tipos de secciones levantadas en el tramo II. _____	154
Tabla 67. Medidas de Prevención de los secciones N° 1, 2, 4, 7,9 y 13. _____	155
Tabla 68. Medidas de Corrección de las secciones N° 3, 8 y 11. _____	156
Tabla 69. Medidas de corrección de las secciones N° 5. _____	157
Tabla 70. Medidas de Corrección de las secciones N° 6 y 12. _____	157
Tabla 71. Medidas técnicas de corrección y control para el mantenimiento y rehabilitación. _____	158



ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Perfiles de rugosidad entre los rangos 1 y 10 metros. _____	15
Figura 2. Tipos de ruptura por discontinuidades en Macizos Rocosos. _____	22
Figura 3. Perfiles normalizados para la obtención del JRC. _____	29
Figura 4. Propiedades físicas- hidráulicas de un canal de riego. _____	31
Figura 5. Ábaco Esclerómetro, con la resistencia a compresión simple, en función del peso específico de la roca. _____	42
Figura 6. Construcción del círculo máximo. _____	54
Figura 7. Accesos a la zona de implantamiento del tramo II, 2km. _____	60
Figura 8. Localización geográfica de San Pedro de Vilcabamba y el Tramo II. _____	61
Figura 9. Columna estratigráfica de la cuenca de Malacatos-Vilcabamba. _____	65
Figura 10. Evolución Tectono-sedimentaria de las cuencas Intramontañas ecuatorianas. _____	77
Figura 11. Precipitación media mensual plurianual de la parroquia. _____	80
Figura 12. Fotointerpretación del Tramo II. _____	90
Figura 13. Curva de la resistividad aparente del S.E.V. _____	106
Figura 14. Diagrama estereográfica y densidad de polos, macizo rocoso N°1. _____	126
Figura 15. Diagrama estereográfica y densidad de polos, macizo rocoso N°2. _____	127
Figura 16. Diagrama estereográfica y densidad de polos. Macizo rocoso N°3. _____	128
Figura 17. Diagrama estereográfica y densidad de polos, macizo rocoso N° 4. _____	129
Figura 18. Diagrama estereográfica y densidad de polos, macizo rocoso N°5. _____	130
Figura 19. Canal con túnel sección N° 10 perteneciente al tramo II. _____	150



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

Fotografía 1. Levantamiento geológico alrededor de la parroquia. _____	38
Fotografía 2. Levantamiento geológico del sector II: La Cofradía. _____	39
Fotografía 3. Levantamiento "in – situ" de los Macizos Rocosos. _____	40
Fotografía 4. Procedimiento del ensayo SEV en el tramo II. _____	43
Fotografía 5. Ensayos físicos (densidades) en el laboratorio de Química – UNL. ____	45
Fotografía 6. Ensayos físicos (contenido de humedad) en el laboratorio de Química – UNL. _____	47
Fotografía 7. Ensayos físicos (porosidad y peso volumétrico) en el laboratorio de Química – UNL. _____	48
Fotografía 8. Ensayos mecánicos (resistencia a comprensión simple) en el laboratorio de Química – UNL.. _____	50
Fotografía 9. Ensayo de comprensión simple en cubos de roca– UNL. _____	51
Fotografía 10. Procedimiento del ensayo RCS. _____	52
Fotografía 11. Levantamiento e inventario de los FRM, del sector II. _____	52
Fotografía 12. Procesión del santo patrono "San Pedro", centro de la parroquia. ____	58
Fotografía 13. Zona Montañosa, con elevaciones 3670 m s.n.m _____	62
Fotografía 14. Zona media, con elevaciones de 1885 m s.n.m. _____	62
Fotografía 15. Zona baja del valle, 1560 m s.n.m. _____	63
Fotografía 16. Contacto Litológico (Unidad Chigüinda y F. Cerro Mandango), Barrio Sacapo. _____	69
Fotografía 17. Unidad Chigüinda (Cuarцитas). _____	70
Fotografía 18. Formación Santo Domingo (Lutitas). _____	71
Fotografía 19. Formación Santo Domingo, grietas de desecación en el Barrio Cararango. _____	71
Fotografía 20. Infraestructura dañada por las arcillas expansivas. _____	72
Fotografía 21. Formación Santo Domingo, barrió Cararango. _____	72
Fotografía 22. Miembro Superior de la F. Cerro Mandango. _____	73
Fotografía 23. Miembro Inferior de la F. Cerro Mandango. _____	74
Fotografía 24. Riberas de los ríos Solanda. _____	75
Fotografía 25. Geomorfología valles tipo "U" y "V", Cerro La Cofradía. _____	76
Fotografía 26. Geología estructural vía Loja –San Pedro de Vilcabamba. _____	79
Fotografía 27. Uso actual del suelo de la parroquia San Pedro de V. _____	83
Fotografía 28. Habitantes de la parroquia en la construcción del canal alto. _____	84



Fotografía 29. Inicios de la construcción del canal Alto. _____	85
Fotografía 30. Construcción del canal Alto San Pedro de V. _____	85
Fotografía 31. Boca toma del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba. _____	86
Fotografía 32. Partes hidráulicas del Canal Alto. _____	87
Fotografía 33. Construcción mixta del Canal Alto. _____	87
Fotografía 34. Túneles pertenecientes al Canal Alto. _____	88
Fotografía 35. Rocas metamórficas (Filitas) del tramo II. _____	92
Fotografía 36. Rocas metamórficas (esquistos sericíticos) del tramoll. _____	93
Fotografía 37. Rocas metamórficas (esquistos grafitosos) del tramo II. _____	93
Fotografía 38. Rocas metamórficas (cuarcitas) del tramo II. _____	94
Fotografía 39. Deposito Coluvial con matriz limo – arcillosa del tramo II. _____	95
Fotografía 40. Deposito coluvial con matriz arcillosa del tramo II. _____	95
Fotografía 41. Familia de discontinuidades en afloramientos de roca del tramo II. ___	96
Fotografía 42. Deslizamiento N° 1 perteneciente al tramo II. _____	97
Fotografía 43. Deslizamiento N° 2 perteneciente al tramo II. _____	99
Fotografía 44. Deslizamiento N° 3 perteneciente al tramo II. _____	100
Fotografía 45. Deslizamiento N° 4 del tramo II. _____	101
Fotografía 46. Primera zona inestable del tramo II. _____	103
Fotografía 47. Segunda zona inestable del tramo II. _____	103
Fotografía 48. Tercera zona inestable del tramo II. _____	104
Fotografía 49. Aplicación del SEV en el Deslizamiento N° 1. _____	107
Fotografía 50. Desprendimientos a lo largo del tramo II. _____	133
Fotografía 51. Asentamientos en la infraestructura del tramo II. _____	135
Fotografía 52. Unión del canal a lo largo del tramo II. _____	136
Fotografía 53. Sector del canal donde hay agujeros. _____	137
Fotografía 54. Agujeros en la pared interna del canal. _____	137
Fotografía 55. Grietas a lo largo del tramo II. _____	138
Fotografía 56. Volcamiento de los muros del canal. _____	139
Fotografía 57. Compuerta de desfogue, en el tramo II. _____	140
Fotografía 59. Canal completo sección N°1, perteneciente al tramo II. _____	141
Fotografía 60. Canal completo sección N°2, perteneciente al tramo II. _____	142
Fotografía 61. Canal de roca y tierra sección N°3. _____	143
Fotografía 62. Canal completo sección N°4. _____	144
Fotografía 63. Canal completo sección N°4, perteneciente al tramo II. _____	145
Fotografía 64. Canal con pared lateral de roca y tierra sección N°6. _____	146



Fotografía 65. Canal completo perteneciente sección N°7. _____	147
Fotografía 66. Canal de roca y tierra sección N°8. _____	148
Fotografía 67. Canal completo sección N°9. _____	149
Fotografía 68. Túnel de hormigón armado sección N° 10 perteneciente al tramo II.	150
Fotografía 69. Canal de roca sección N°11. _____	151
Fotografía 70. Canal con la pared de roca en la sección N° 12. _____	152
Fotografía 71. Canal completo en la sección N° 13. _____	153



1. TÍTULO

“ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CANAL ALTO SAN PEDRO DE VILCABAMBA, COMPRENDIDO EN EL TRAMO II: SECTOR LA COFRADÍA, LONGITUD 2 KILÓMETROS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”



2. RESUMEN

El presente proyecto de investigación se lo ejecutó en la parroquia San Pedro de Vilcabamba, donde se realizó el **"ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CANAL ALTO SAN PEDRO DE VILCABAMBA, COMPRENDIDO EN EL TRAMO II: SECTOR LA COFRADÍA, LONGITUD 2 KILÓMETROS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"**. Investigación enfocada en conocer el comportamiento geológico del área realizando, un inventario de deslizamientos, un levantamiento geológico a detalle, con la aplicación de métodos indirectos como fue la fotointerpretación y un sondeo eléctrico vertical en una zona inestable significativa.

En función de los resultados obtenidos del levantamiento geológico se determinó una zona litológicamente predominante de roca metamórfica; y ante el desconocimiento de las propiedades físico – mecánicas de este complejo metamórfico. Se realizó un levantamiento geomecánico del que se identificó cinco macizos rocosos específicos los cuales se ensayaron de forma *"in – situ"* con la toma de la resistencia de la matriz rocosa, definición de las familias de discontinuidades mediante el uso del martillo Schmidt; y la aplicación de ensayos en laboratorio obteniendo datos como el peso específico, peso volumetrico, densidad, contenido de humedad, porosidad y resistencia a la matriz rocosa a través del ensayo de comprensión simple.

Esta infraestructura se la considera de gran envergadura con mas de 60 años, por lo que gran parte de la infraestructura principal y esencialmente en el tramo II: sector La Cofradia correspondiente a 2 km, presenta serios problemas que son consecuencia del cumplimiento de vida útil. Además de ser evidente que cuando se construyó no se consideraron los estudios geológicos y geotécnicos los cuales debieron aportar información necesaria para la correcta evaluación y ejecución de la obra, así como para la comprobación de la viabilidad de la misma y sobre todo la discusión de las distintas alternativas posibles.

Esencialmente se podría decir que **El Canal Alto San Pedro de Vilcabamba**, constituye una de las obras de mayor interés en la zona, ya que el servicio que presta en la actualidad genera el desarrollo agrícola y ganadero, beneficiando directamente a 483 usuarios e indirectamente 1208 usuarios de las parroquias de San Pedro de Vilcabamba, Malacatos y a sus alrededores.



ABSTRACT.

This research project was carried out in the parish of San Pedro de Vilcabamba, where a **"GEOGRAPHIC - GEOTECHNICAL STUDY FOR THE MAIN LINE OF THE IRRIGATION SYSTEM OF THE HIGH WATERWAY SAN PEDRO DE VILCABAMBA, INCLUDED IN SECTION II: LA COFRADÍA SECTOR, LENGTH 2 KILOMETERS, CANTON AND PROVINCE OF LOJA"**. Which is focused on knowing the geological field by performing an inventory of landslides and geological survey, in addition to the application of indirect methods such as photointerpretation and vertical electric sounding in a significant unstable area.

Based on the obtained results from the geological survey, a lithological predominant area of metamorphic rock was determined, but before no previous research considered to conduct rock mechanics studies in this area. For this reason, it was considered a geomechanic survey where five specific rock masses were identified, which were tested "*in situ*" with the samples of the resistance of the rock matrix, the families of discontinuities, and in the laboratory obtaining data such as specific weight, density, moisture content, porosity and resistance through the simple comprehension test.

This infrastructure is considered of great importance with more than 60 years, so much of the main infrastructure and essentially in the section II: La Cofradia sector which consists of a distance of 2 km, it presents serious problems that are a consequence of the fulfillment of the useful life. It is also evident that when it was built the geological and geotechnical studies were not considered, which had to provide necessary information for the correct evaluation and execution of the work, as well as for the verification of the viability of it, and mainly the discussion of the different possible alternatives.

Essentially it could be said that the **Canal Alto San Pedro de Vilcabamba**, is one of the most interesting works in the area, because the service that it provides currently generates agricultural and animal breeding development, it directly benefits 483 users and indirectly around of 1208 users of the parishes of San Pedro de Vilcabamba, Malacatos and its surroundings.



3. INTRODUCCIÓN

Desde la época prehispánica ya existían grandes sistemas hidráulicos, con funciones de drenaje y riego, así mismo en la época colonial los españoles rehabilitaron acequias y formaron grandes propiedades agrícolas. Para el año 1830 las políticas del estado ecuatoriano nacieron para reconocer los derechos al Agua, luego en el año 1944, se expidió la Ley de Riego y Saneamiento, lo cual otorgaba responsabilidades más específicas al Estado sobre el riego, es así que este período se creó la Caja Nacional de Riego, que subsistió hasta 1966, año en que se creó el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI). (MAGAP, Plan Nacional de Riego y Drenaje, 2011)

El INERHI construyó los primeros y más importantes sistemas de riego estatales, estando a cargo tanto de la ejecución de obras como de la definición de las políticas. A través de esta gestión, el estado ecuatoriano tuvo un importante rol en la conformación de una red pública de riego, como crear el riego privado y el comunitario asociativo, es así que llegó a controlar alrededor del 80% del área regada en el país. Conociendo las condiciones naturales y humanas para el desarrollo de la agricultura, la ganadería y la inmensa potencialidad que proporciona la incorporación sobre el riego para la producción agropecuaria a nivel nacional.

Para el año 2011, se creó el Plan Nacional de Riego y Drenaje 2011 - 2026, propuesto por la Subsecretaría de Riego anexa al Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP), entidad que señala que el 47% del recurso hídrico nacional se utiliza en unidades de producción agropecuaria es decir gran parte de la población depende de un buen suministro del recurso hídrico para su subsistencia. (MAGAP, Plan Nacional de Riego y Drenaje, 2011-2026)

El plan señala que existen diferentes tipos de problemas en los canales de riego a nivel nacional desde la parte social, el manejo del recurso hídrico como tal; y, sobre todo el nivel físico-técnico de la infraestructura, los problemas de infraestructura en los sistemas son muy diversos, en una aproximación en general sólo el 9% de la estructura de los sistemas de riego están en estado "Muy Bueno"; mientras que el 22% exige rehabilitación de las obras ejecutadas.

Según (ARCA, 2015), el 09 de septiembre de 2015 se entregó por parte de la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) un informe técnico sobre el "Estado Situacional del Canal Alto y la Junta de Riego de San Pedro de Vilcabamba", estableciendo dentro del carácter técnico que es una obra de captación que presenta una extensión de 12 km, en donde 9,6 km se hallan revestidos con hormigón armado y



2,4 km corresponde a un canal de roca y tierra. El afóro realizado por parte de los técnicos de ARCA, determinarán un caudal en la captación de 333 l/s. Actualmente el canal presenta grandes dificultades dentro de los cuales se destacan en la parte física técnica las siguientes:

- Es una obra civil rústica construida con tierra y rocas del sitio;
- Obra de conducción que se encuentra en mal estado (fisuras en los muros y pisos), lo que provoca pérdidas del recurso hídrico por filtraciones; y
- Reconstrucciones a lo largo del canal, sin conocimientos técnicos los mismos que fueron realizados por los pobladores y técnicos no especializados.

Además se evidencio la presencia de problemas a nivel geológico y geotécnico como: deslizamientos, caídas de roca, asentamientos, y presencia de arcillas expansivas asociados a los tipos de geomateriales presentes como rocas metamórficas con diaclasas a favor de la ladera, y fallas de contacto lo que genera una zona de inestabilidad que conjuntamente con algunos factores extrínsecos como la presencia de agua han llegado a generar grandes deslizamientos en los últimos cinco años. Igualmente, al momento de su construcción el canal conto con escasos estudios técnicos los cuales debieron aportar información necesaria para la correcta evaluación y ejecución de la obra, así como para la comprobación de la viabilidad de la misma y sobre todo la discusión de las distintas alternativas posibles.

La presente investigación toma en cuenta la vinculación con la comunidad Sanpedrense siendo de vital importancia, para la recolección de datos e información precisa. Actualmente algunas entidades gubernamentales y no gubernamentales, se encuentran uniendo esfuerzos para la reconstrucción del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, debido a la importancia para el ámbito socio-económico y productivo, ya que en las comunidades beneficiadas las principales actividades son la agricultura y ganadería.

Por lo cual se desarrollaron objetivos eminentemente prácticos con implicación a solucionar un problema real, en tal virtud esta investigación plantea los siguientes objetivos:



3.1. Objetivo General

- Realizar el Estudio Geológico-Geotécnico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba comprendido en el tramo II, sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento geológico a detalle en el Tramo II: Sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros de la Conducción Principal del Sistema de Riego del canal Alto San Pedro de Vilcabamba.
- Caracterizar el macizo rocoso y los principales fenómenos de remoción en masa que se encuentren a lo largo de la conducción principal del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba.
- Determinar las propiedades mecánicas de las zonas inestables identificadas y analizar su comportamiento cinemático con estereografía y de estabilidad mediante el uso del software geotécnico "Casa Rocscience".
- Proponer medidas técnicas de corrección, control o prevención para el correcto funcionamiento del canal alto San Pedro de Vilcabamba.



4. REVISIÓN DE LITERATURA

La finalidad central de este proyecto de investigación esta enfocada en realizar el Estudio Geológico - Geotécnico, como herramienta eficaz para la rehabilitación de la "Conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto de la parroquia San Pedro de Vilcabamba comprendido en el tramo II: sector La Cofradia", siendo necesario definir conceptos, metodologías y procedimientos permitiendo su correcta ejecución para el trabajo final.

4.1. Estudios Geológicos en Obras de Ingeniería

El conocimiento de la tierra es esencial para el desarrollo sostenible y la riqueza de los pueblos. Ecuador es un país montañoso caracterizado por una amplia diversidad de entornos geológicos. Sin embargo, la investigación geológica realizada en nuestro país es pequeña y generalmente ha tenido el carácter de reservado, por lo que no ha podido ser conocida con facilidad. (Paladines & Soto, 2010)

Inicialmente se debe señalar que desde los estudios geológicos preliminares de una obra ingenieril como es un canal de riego, se inicia con la consulta a la información geológica existente, siendo la base fundamental desde la cual se obtiene conclusiones geológicas muy importantes, en especial para este tipo de obras de gran costo y de valía en un territorio. Siendo los estudios geológicos el camino a la determinación de las características litológicas, estructurales y geomecánicas de los geomateriales existen en la zona de estudio.

4.1.1. Fotogeología

Se encarga de estudiar los sucesos geológicos a través de las fotografías aéreas, como objeto tiene es el estudio de la superficie terrestre, de los diversos materiales que la integran y de las huellas dejadas sobre ellos por la serie de procesos a los que han estado sometidos a lo largo de los tiempos geológicos. Abarcando la estratigrafía, litología, geología estructural, geomorfología, tectónica, hidrogeología en resumen, todas las ramas de la geología que admitan para su estudio una escala macroscópica. (Gutierrez, 2005)

Esta ciencia dentro de la geología facilita la generación de mapas temáticos como: topográficos, geológicos, estructurales, y geomorfológicos; etc., los cuales apoyan a la determinación de las características geológicas del terreno al momento de la



construcción de obras ingenieriles, considerándola una herramienta importante además su utilización disminuye los costos de un estudio permitiendo hacer más eficiente el trabajo de campo dentro de los estudios Geológicos.

4.1.2. Topografía

Como (Montes de Oca, 1996), señala lo siguiente: "Ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación."

Uno de los pasos iniciales en este proyecto de investigación es dar una idea clara de las condiciones actuales del terreno, sirviendo de base para el estudio geológico-geotécnico, permitiendo la eficacia de las zonas y sus características de los terrenos en donde está asentado el canal de riego.

4.1.2.1. Levantamiento Topográfico

Se lo determina como el conjunto de actividades que se realizan en campo con el objeto de capturar la información necesaria que determinan las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera; resumiéndola. (Pachas L, 2009)

4.1.3. Geología

Según (Gorshkov G, 1970), define a la Geología como un tratado de la tierra (griego; geo, "tierra" y logos, "tratado"), se puede entender que es la ciencia que trata la Tierra, su constitución, estructura y desarrollo, y de los procesos que tienen lugar en ella, en sus envolturas aéreas, hídrica y pétreas.

Siendo una ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico. En fin, se asegura que los factores geológicos condicionantes de las obras de ingeniería sean tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos. (Gonzalez de Vallejo L. I., Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2004)



Dentro de esta investigación la geología constituye uno de los parámetros más relevantes al analizar como el inventario de deslizamientos, y sobre todo la caracterización geológica a detalle del tramo II con su respectiva litología, estructuras, estratificación, pliegues, fallas y/o discontinuidades presentes. Obteniendo información geología base, la cual servirá para una rehabilitación futura.

4.1.3.1. Levantamiento Geológico

Para la base de la geología es importante el trabajo de campo, y el resultado de este proceso es el mapa geológico. En el cual se evidencia tipos de roca que se encuentran en la superficie terrestre y las relaciones de contacto entre ellos. También se ubican los rasgos estructurales que presentan las rocas. (Rodríguez Ocampo, 2017)

Así mismo (González de Vallejo, 2004), indica que los datos obtenidos en campo son incluidos en los mapas geológicos como: topografía, relieve, litología, estructuras básicas, entre otras los cuales permiten deducir información valiosa sobre las propiedades de los materiales existentes en la zona de estudio, pero no las descripciones de ingeniería geológica.

Es, por ende, que lo primordial de este levantamiento geológico de esta zona de estudio fue la obtención de los mapas geológico local y puntual del tramo II, el cual muestra en evidencia el tipo de material existente en la zona de estudio, como también las condiciones y procesos geológicos que han intervenido durante su existencia, constituyendo una base para alcanzar el estudio geomecánico y geotécnico.

4.1.4. Geología Estructural

Según (Allmendinger, 1987), indica que la geología estructural, dentro del espectro de las ciencias geológicas, "Es la disciplina consagrada al estudio de las deformaciones de la corteza terrestre a toda escala de observación, además consiste en diferenciar en la arquitectura actual, lo que va ligado a las propiedades y relaciones originales de las rocas y lo que es debido a sus deformaciones posteriores".

La geología Estructural es una parte de la Geotectónica, es decir, de esta asignatura geológica que estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionada a los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que tiene lugar en ella. (Belousov, 1979)



4.1.5. Geomorfología

La geomorfología desde un punto de vista práctico detalla definiciones dadas por varios autores; por ejemplo según (Viers, 1983) expone literalmente "La geomorfología es una ciencia de síntesis que tiene por objeto clasificar y explicar las formas del relieve". Así mismo para (Derruau, 1991), la define como "Como el estudio de las formas del relieve terrestre y se propone describir las formas y explicar el relieve, su evolución y los procesos del modelado".

4.1.6. Hidrogeología

Según (Mijailov, 1989) define "La hidrogeología como la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación".

La hidrogeología trata sobre las características, el comportamiento del agua subterránea y su relación con el ambiente. Dado que al ambiente lo componen los recursos naturales y el hombre, en el análisis ambiental del agua subterránea, deben considerarse las vinculaciones e incidencias mutuas entre esta el suelo, el aire, el agua superficial, el agua meteórica y la biota (Auge, 2008).

4.1.7. Fenómenos de Remoción en Masa

Según (Vargas Cuervo, 2000), los términos más utilizados para denominar globalmente los movimientos en masa son los siguientes: Remoción en masa, movimientos de terreno, deslizamientos de terreno, movimientos de ladera y deslizamientos de vertiente.

Crozier (1986), considera que un deslizamiento "Es un movimiento externo que tiene por agente de transporte el agua que impregna y dirige el material litológico pendiente abajo". Además, Foucault & Raoult (1992) definen el deslizamiento de terreno como un término global que designa todo movimiento más o menos rápido, de material sobre una pendiente. Pero, Fageollet (1988) considera que los términos movimientos de terreno y landslides hacen parte de los movimientos en masa. Remoción en masa es un término más latino, que concierne a todo aquel movimiento de terreno en el cual ha ocurrido transporte de material, sin incluir los procesos erosivos.

Los movimientos en masa han sido clasificados por una gran variedad de características. Los diversos sistemas de clasificación de los movimientos en masa, han sido propuestos por varios autores entre ellos Sharpe (1938); Terzaghi (1950); Varnes (1958 – 1978a); Crozier (1973); Carrara et al. (1977); Coates (1977); Hoek & Bray (1977); Maltrait (1977); Millies – Lacroix (1981); Crozier (1986); Romana (1988); Cooke & Doorkamp (1990); Yagi (1993); Rijitema (1969) Ritchie (1958) y Vargas (1999).

Independientemente de los sistemas de clasificación propuestos se escogió la clasificación según Varnes (1978), en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Clasificación de movimientos en masa.

Tipo de Movimiento	Rocas	Suelos Ingenieriles	
		Gruesos	Finos
Caídas	Caída de rocas	Caída de detritos	Caída de tierra
Volcamientos	Volcamiento de rocas	Volcamiento de detritos	Volcamiento de tierra
Deslizamiento Rotacional	Hundimiento de rocas	Hundimiento de detritos	Hundimiento de tierra
Transnacional	Deslizamiento de bloques de roca	Desliz. De bloques	Desliz. De bloques de tierra
		Desliz. De detritos	Desliz. De tierra
Propagación lateral	De rocas	De detritos	De tierras
Flujos	Flujo de rocas (Deep creep)	Flujos de detritos	Flujos de tierras
		Reptación	
Movimientos complejos	Combinación de dos o más tipos de movimientos		

Fuente. (Varnes, 1978)

4.2. Geotecnia en Obras de Ingeniería

Para (Jimenez Saritama, 2018), la rama de la ingeniería geológica se encarga del “Estudio de las propiedades mecánicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico”. Permitiendo entender completamente los principios de la mecánica puesto que es importante conocer las condiciones bajo las cuales los materiales fueron creados o depositados y los posteriores procesos estructurales o diagenéticos que han sufrido.

El estudio geotécnico es de carácter importante para la presente investigación debido al conjunto de datos “*in – situ*”, y de laboratorio los cuales ayudaron a la indagación de los materiales rocosos al determinar sus propiedades físico – mecánico y poder proponer posibles medidas de control, prevención y rehabilitación futura del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba correspondiente al Tramo II: Sector La Cofradía.

4.3. Geotecnia para Macizos Rocosos

Para la descripción y caracterización de los macizos rocosos en afloramientos, consta de una labor relevante para este estudio geológico cuyo objetivo es el conocimiento de las propiedades y características geotécnicas de los materiales rocosos. Debido que este tipo de trabajos, son aquellos que se realizan durante las primeras etapas de investigación "in – situ".

4.3.1. Caracterización de la Matriz Rocosa

De acuerdo con (Gonzales de Vallejo, Ferrer, & Ortuño, 2004), en su capítulo IV sobre la Caracterización de la Matriz Rocosa, define las siguientes características:

➤ **Identificación:**

La identificación de una roca se establece a partir de su composición y de su textura o relaciones geométricas de sus minerales. Las observaciones más prácticas en campo son: forma y tamaño de los granos y color.

Tabla 2. Clasificación del tamaño de grano de las rocas.

Descripción	Tamaño del grano
Grano grueso	>2 mm
Grano medio	0,06 – 2 mm
Grano fino	<0,06 mm

Fuente. (Gonzales de Vallejo, 2004).

➤ **Meteorización:**

El grado de meteorización de la roca es una observación importante en cuanto que condiciona de forma definitiva sus propiedades mecánicas. Según avanza el proceso de meteorización aumenta la porosidad, permeabilidad y deformabilidad del material rocoso, al tiempo que disminuye su resistencia.

Tabla 3. Descripción del grado de meteorización.

Termino	Descripción
Fresca	No se observa signos de meteorización en la matriz rocosa.
Decolorada	Se observa cambios el color original de la matriz rocosa. Es conveniente indicar el grado de cambio. Si se observa que el cambio de color se restringe a uno o algunos minerales se deben mencionar.
Desintegrada	La roca se ha alterado al estado de un suelo, manteniéndose la fábrica original. La roca es friable, pero los granos minerales o están descompuestos.
Descompuesta	La roca se ha alterado al estado de un suelo, alguno o todos los minerales están descompuestos.

Fuente. (Gonzales de Vallejo, 2004).



➤ **Resistencia:**

La resistencia de la matriz rocosa puede ser estimada en el afloramiento mediante índices "in – situ" y de correlaciones con datos proporcionados por sencillos ensayos "in – situ". Mediante la aplicación del martillo Schmidt o esclerómetro se mide la resistencia al rebote de una superficie rocosa, que se correlaciona con la resistencia a compresión simple.

Tabla 4. Clasificación en base a la resistencia de la roca.

Resistencia (Mpa)	Descripción
1-5	Muy blanda
5-25	Blanda
25-50	Moderadamente dura
50-100	Dura
100-250	Muy dura
>250	Extremadamente dura

Fuente. (Gonzales de Vallejo, 2004).

4.3.2. Descripción de las discontinuidades

La resistencia al corte de las discontinuidades es el aspecto más importante en la determinación de la resistencia de los macizos duros fracturados, y para su estimación es necesario definir las características y propiedades de los planos de discontinuidad¹.

➤ **Orientación:**

El termino orientación lo describe según (Ragan, 1980) como la posición de un plano o línea estructural en el espacio, por lo general relacionando con coordenadas geográficas y con la horizontal, siendo componentes de la orientación tanto el rumbo como la inclinación. De la misma manera se define el Rumbo (ángulo horizontal), medido entre una línea y la dirección norte – sur de un sistema de coordenadas geográficas; este ángulo adquiere valores de 0° a 90°.

Para la Inclinación viene definido por el ángulo vertical medido entre la horizontal y plano inclinada; este ángulo se mide hacia abajo varía entre 0° y 90°. Y el Azimut viene siendo el ángulo horizontal entre la línea y la dirección norte de un sistema de coordenadas geográficas, barrido en dirección de las manecillas del reloj; este ángulo toma los valores entre 0° y 360°. (Camargo, 2004)

¹ González de Vallejo, L & Ferrer, M & Ortuño, L & Oteo, C. 2004. Ingeniería Geológica. Capítulo IV. Descripción – Descripción de las Discontinuidades. Madrid, España. PERSON EDUCACION, S.A. p, 246, 255.

➤ **Espaciado:**

El espaciado se define como la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, medida de la dirección perpendicular a dichos planos. Normalmente este valor se refiere al espacio medio de los valores medidos para las discontinuidades de una misma familia. La medida del espaciado se realizó con una cinta métrica en una longitud suficiente representativa de la frecuencia de discontinuidades.

Como norma general la longitud de medida debe ser unas diez veces superior al espaciado, la cinta se colocó perpendicularmente a los planos, registrando la distancia entre discontinuidades adyacentes.

Tabla 5. Descripción del espaciado.

Descripción	Espaciado
Extremadamente junto	<20 mm
Muy junto	20 – 60 mm
Junto	60 – 200 mm
Moderadamente junto	200 – 600 mm
Separado	600 – 2.000 mm
Muy separado	2.000 – 6.000 mm
Extremadamente separado	>6.000 mm

Fuente. (Gonzales de Vallejo, 2004).

➤ **Continuidad:**

La continuidad o persistencia de un plano de discontinuidad es su extensión superficial, medida por la longitud según la dirección del plano y según su buzamiento. Para la medida de la continuidad se realizó con una cinta métrica. Si el afloramiento permite la observación tridimensional de los planos de discontinuidad, debe medirse las longitudes a lo largo de la dirección y del buzamiento.

Tabla 6. Descripción de la continuidad.

Continuidad	Longitud
Muy baja continuidad	<1 m
Baja continuidad	1 – 3 m
Continuidad media	3 – 10 m
Alta continuidad	10 – 20 m
Muy alta continuidad	>20 m

Fuente. (Gonzales de Vallejo, 2004).

➤ **Rugosidad:**

Es un parámetro importante en este tipo de investigación, puesto que permite determinar la resistencia al corte de la continuidad analizada, es decir la continuidad o persistencia de un plano, es su extensión superficial, medida por la longitud según la dirección del

plano. A mayor rugosidad mayor es la resistencia de los planos de discontinuidad, aunque su influencia disminuye con el aumento de la abertura, con el espesor del relleno y con el desplazamiento experimentado entre las paredes.

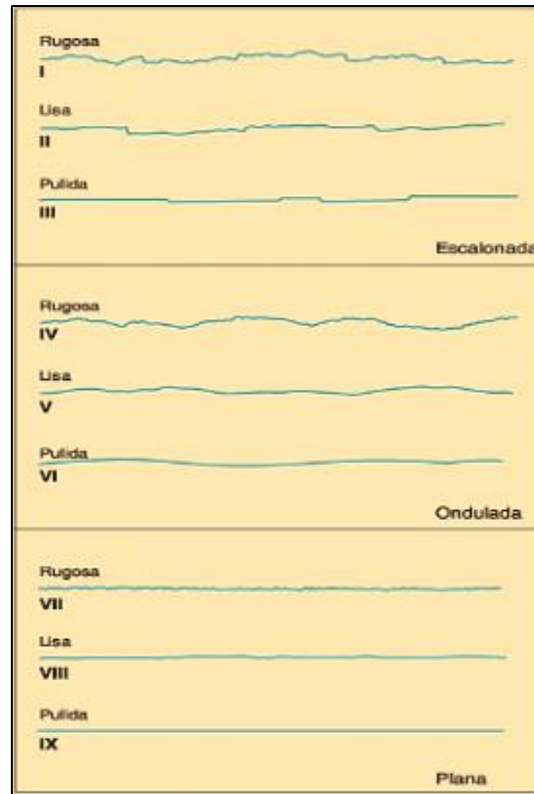


Figura 1.Perfiles de rugosidad entre los rangos 1 y 10 metros.
Fuente. (ISRM, 1981)

Para (ISRM, 1981) la distancia de medida depende de la escala de las rugosidades, desde algunos decímetros para la rugosidad a pequeña escala hasta algunos metros para las de escala métrica como se observa en la **Figura 3**.

➤ **Resistencia en las paredes de la discontinuidad:**

En discontinuidades sanas y limpias, la resistencia sería la misma de la matriz rocosa, pero generalmente es menor debido a la meteorización de las paredes los procesos de alteración afectan en mayor grado a los planos de discontinuidades que a la matriz rocosa. La resistencia se estimó en “*in – situ*” a través del método del martillo Schmidt, aplicándolo directamente en la discontinuidad.

Tabla 7.Clasificación en base a la resistencia de la roca.

Resistencia a compresión simple (Mpa)	Descripción
1-5	Muy blanda
5-25	Blanda
25-50	Moderadamente dura

50-100	Dura
100-250	Muy dura
>250	Extremadamente dura

Fuente. (Gonzales de Vallejo, 2004).

➤ **Abertura:**

La abertura es la distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad cuando no existe relleno. Este parámetro puede ser muy variable en diferentes zonas de un mismo macizo rocoso mientras que en superficie la abertura puede ser alta, esta se reduce con la profundidad, pudiendo llegar a cerrarse. Las medidas fueron realizadas para cada familia de discontinuidades, adoptan los valores medios más representativos de cada una de ellas.

Tabla 8. Descripción de la abertura.

Abertura	Descripción
<0,1 mm	Muy cerrada
0,1 – 0,25 mm	Cerrada
0,25 -0,5 mm	Parcialmente abierta
0,5 – 2,5	Abierta
2,5 – 10 mm	Moderadamente ancha
>10 mm	Ancha
1 – 10 mm	Muy ancha
10 – 100 cm	Extremadamente ancha
>1 m	Cavernosa

Fuente. (ISRM, 1981).

➤ **Relleno:**

Las discontinuidades pueden aparecer rellenas de un material de naturaleza distinta a la roca de las paredes. Existen gran variedad de materiales de relleno con propiedades físicas y mecánicas muy variable. La presencia de relleno gobierna el comportamiento de la discontinuidad. Si se trata de materiales blandos o alterados, estos pueden sufrir variaciones importantes en sus propiedades resistentes a corto plazo si cambia su contenido en humedad o si tiene lugar algún movimiento a lo largo de las juntas.

➤ **Filtraciones:**

El agua al interior de un macizo rocoso procede generalmente del flujo que circula por las discontinuidades, aunque en ciertas rocas permeables las filtraciones a través de la matriz rocosa pueden ser también importantes.

Tabla 9. Descripción de las filtraciones en discontinuidades.

Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno
I	Junta muy plana y cerrada. Aparece seca y no parece posible que circule agua.	Relleno muy consolidado y seco. No es posible el flujo de agua.
II	Junta seca sin evidencia de flujo de	Relleno húmedo pero sin agua libre.



	agua.	
III	Junta seca pero con evidencia de haber circulado agua.	Relleno mojado con goteo ocasional.
IV	Junta húmeda, pero sin agua libre.	Relleno que muestra señales de lavado, flujo de agua continuo (estimar el caudal en litros/min.)
V	Junta con rezume, ocasionalmente goteo pero sin flujo continuo.	Relleno localmente lavado, flujo considerable según canales preferentes (estimar caudal y presión).
VI	Junta con flujo continuo de agua (estimar el caudal en litro/min. y la presión).	Rellenos completamente lavados, presiones de agua elevadas.

Fuente. (ISRM, 1981)

4.3.3. Caracterización del Macizo Rocoso

En la caracterización global del macizo rocoso a partir de los datos de afloramientos, y sus componentes, la matriz rocosa y las discontinuidades, deben ser consideradas otros factores representativos del conjunto, como son²:

➤ **Número y orientación de familias de discontinuidades:**

El comportamiento mecánico del macizo rocoso, su modelo de deformación y sus mecanismos de rotura están condicionados por el número de familias de discontinuidades.

La orientación de las diferentes familias con respecto al canal de riego sobre el terreno puede determinar, además, la estabilidad de la misma. En la orientación media de una familia se evalúa mediante la proyección estereográfica con los datos de las orientaciones medidas para cada discontinuidad.

Tabla 10. Clasificación de macizo rocoso por el número de familias de discontinuidades.

Tipo	Número de familias
I	Masivo, discontinuidades ocasionales.
II	Una familia de discontinuidades.
III	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales.
IV	Dos familias de discontinuidades.
V	Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales.
VI	Tres familias de discontinuidades.
VII	Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales.
VIII	Cuatro o más familias de discontinuidades.
IX	Brechificado.

Fuente. (ISRM, 1981).

² González de Vallejo, L & Ferrer, M & Ortuño, L & Oteo, C. 2004. Ingeniería Geológica. Capítulo IV. Descripción – Caracterización del Macizo Rocoso Madrid, España. PERSON EDUCACION, S.A. p, 256, 259.

➤ **Tamaño de bloque y grado de fracturación:**

El tamaño de los bloques que forman el macizo rocoso condiciona de forma definitiva su comportamiento y sus propiedades resistentes y deformacionales. La dimensión y la forma de los bloques están definidas por el número de familias de discontinuidades, su orientación, su espaciado y su continuidad.

Tabla 11. Descripción del tamaño de bloque en función del número de discontinuidades.

Descripción	J_v (discontinuidades / m ³)
Bloques muy grandes	<1
Bloques grandes	1 – 3
Bloques de tamaño medio	3 – 10
Bloques pequeños	10 – 30
Bloques muy pequeños	>30

Fuente. (ISRM, 1981).

La fracturación del macizo rocoso está definido por el número, espaciado y condiciones de las discontinuidades, cualquiera que sea su origen y clase. El grado de fracturación se expresó habitualmente por el valor del Índice RQD (rock quality designation), parámetro del cual se encuentra descrito más adelante.

Tabla 12. Tamaño y forma de los bloques.

Clase	Tipo	Descripción
I	Masivo	Pocas discontinuidades o con espaciado muy grande.
II	Cubico	Bloques aproximadamente equidimensionales.
III	Tabular	Bloques con una dimensión considerablemente menor que las otras dos.
IV	Columnar	Bloques con una dimensión considerablemente mayor que las otras dos.
V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques.
VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado.

Fuente. (ISRM, 1981).

➤ **Grado de meteorización:**

La evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso se realizó por observaciones directas de los afloramientos y con la comparación con los índices de la siguiente tabla.

Tabla 13. Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso.

Grado	Tipo	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización.
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada



		aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.

Fuente. (Gonzales de Vallejo, 2004).

4.4. Mecánica de Rocas

Es la ciencia teórica y aplicada que estudia el comportamiento de la mecánica de las rocas y de los macizos rocosos. Siendo la rama de la ingeniería dedicada al estudio de la respuesta de las rocas y macizos rocosos al campo de fuerzas que actúan en su entorno. (Ramirez Oyanguren & Alejano Monge, 2009).

Finalmente, (Gonzales de Vallejo L. , 2004) la define como "La ciencia que estudia el comportamiento de las masas de roca bajo la acción de las fuerzas producidas, ya sean por fenómenos naturales, eso como resultado de excavaciones o construcciones hechas por el hombre.

Para lograr este fin se requiere determinar las propiedades mecánicas del macizo rocoso, mediante ensayos "in – situ" y/o de laboratorio, cuyos resultados cuantitativos son utilizados en fórmulas matemáticas, y en modelos mecánicos a escala o en correlaciones empíricas que permitan evaluar las condiciones pertinentes en un problema específico.

4.4.1. Generalidades

➤ Roca:

Son agregados naturales duros y compactos de partículas minerales con fuertes uniones cohesivos permanentes que habitualmente se consideran un sistema continuo. La proporción de diferentes minerales, la estructura granular, la textura y el origen de la roca sirven para su clasificación geológica.

➤ Matriz Rocosa:

Es el material rocoso exento de discontinuidades, o los bloques de "roca intacta" que quedan entre ellas. La matriz rocosa, a pesar de considerarse continua, presenta un comportamiento heterogéneo y anisótropo ligado a sus fabrica y a su micro-estructura



mineral. Mecánicamente queda caracterizada por el peso específico, resistencia y deformabilidad.

➤ **Discontinuidad:**

Es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza o separa los bloques de la matriz rocosa en un macizo rocoso. Generalmente la resistencia a la tracción de los planos de discontinuidades es muy baja o nula. Su comportamiento mecánico queda caracterizado por su resistencia al corte.

➤ **Macizo Rocosos:**

Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades de diverso tipo que afectan al medio rocoso. Mecánicamente los macizos rocosos son medios discontinuos, anisótropos y heterogéneos.

4.4.2. Propiedades Físico - Mecánico de los Materiales Rocosos

Existen una serie de parámetros que se emplean para la identificación y descripción cuantitativa de las propiedades básicas para los materiales rocosos permitiendo, así mismo, establecer que³:

➤ **Propiedades Físicas:**

Son el resultado de una composición mineralógica, fábrica e historia geológica, deformabilidad y ambiental, incluyendo los procesos de alteración y meteorización. La gran variabilidad de estas propiedades se refleja en comportamientos mecánicos diferentes frente a las fuerzas que se aplican sobre los materiales rocosos, comportamiento que queda definidos por la resistencia del material y por su modelo de deformación.

➤ **Propiedades Mecánicas:**

Son las que describen el comportamiento de un material ante las fuerzas aplicadas sobre él, por eso son especialmente importantes al elegir el material del que debe estar construido un determinado objeto.

³ González de Vallejo, L & Ferrer, M & Ortuño, L & Oteo, C. 2004. Ingeniería Geológica. Capítulo III. Propiedades Físico- Mecánico de los materiales rocosos. Madrid, España. PERSON EDUCACION, S.A. p, 125.



4.4.3. Mecanismos de Rotura

Según (Gonzalez de Vallejo L. , Ingenieria Geologica, 2004) mencionan en sus literaturas que los estudios de taludes en macizos rocosos suelen ser muy útil la determinación de las discontinuidades existentes para su posterior representación estereográfica junto con la representación del propio talud.

➤ **Rotura Planar:**

Es aquella que se produce cuando el bloque que desliza y se apoya sobre un solo plano de discontinuidad, en contraposición a la rotura en cuña en la que la masa de roca inestable fricciona sobre dos caras.

➤ **Rotura en cuña:**

Genéricamente se produce una cuña inestable cuando dos planos intersectan según una línea que corta al plano del talud por encima de su base. De forma similar a como hemos señalado en deslizamiento plano, se requieren varias condiciones en relación con la línea de intersección de los dos planos que forman la cuña, para que el deslizamiento en cuña sea cinemáticamente posible.

➤ **Rotura en Vuelco de Estratos:**

Son bloques con cierta forma de columnas que sus movimientos tienden a una rotación o caída por efectos de fuerzas ejercidas o presencia de agua en las discontinuidades y bajo la acción de la gravedad.

➤ **Rotura en Caída de Bloques:**

Son macizos rocosos que tienen unos sistemas de discontinuidades ortogonales que tienen como resultado a una geometría dividida en bloques.

➤ **Rotura Circular:**

Aquella que la superficie de deslizamiento es una superficie con similitud cilíndrica cuya sección transversal tiene forma de arco. La rotura se produce en terrenos que no sean heterogéneos, en rocas y suelos que sean bien fracturados sin direcciones preferenciales de deslizamiento.

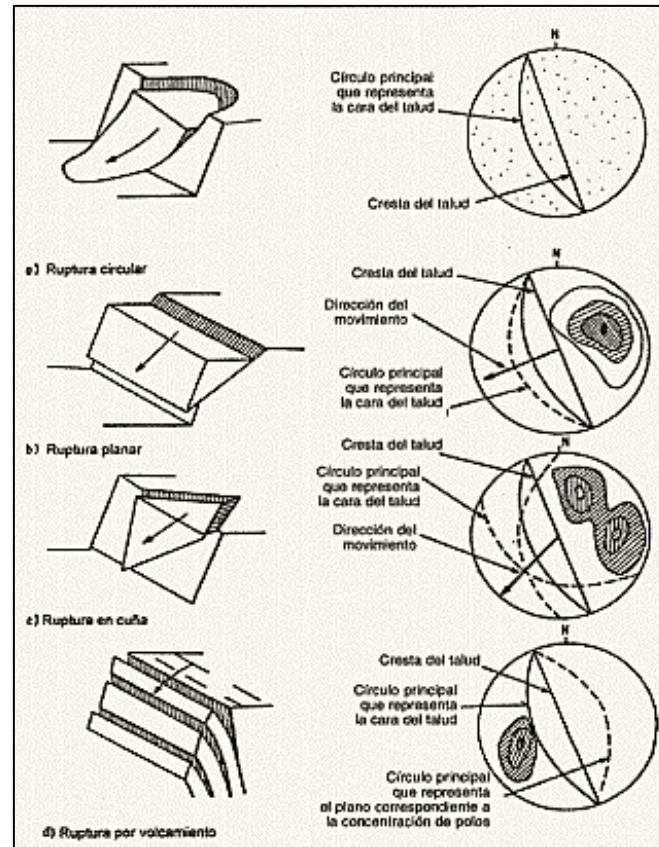


Figura 2. Tipos de ruptura por discontinuidades en Macizos Rocosos.

Fuente. Hoek & Bray, 1977.

4.5. Clasificación Geomecánica

El macizo rocoso como medio discontinuo, presentan un comportamiento geomecánico complejo, con el fin geotécnico tiene la finalidad de obtener parámetros geomecánicos para su empleo en la rehabilitación del tramo II: sector La Cofradía. Con esta iniciativa surge la necesidad de utilizar las clasificaciones geomecánicas, que aportan, mediante la observación directa de las características de los macizos rocosos levantados, para la realización de ensayos "in – situ" y de laboratorio, índices de calidad relacionados con los parámetros geomecánicos del macizo y sus características propias.

➤ Rock Mass Rating (RMR):

Desarrollada por (Bieniawski, 1978), con actualizaciones en 1979 y 1989, constituyendo un sistema de clasificaciones para macizos rocosos permitiendo a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo rocoso. Esta clasificación toma en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa;
- Grado de fracturación en términos del RQD;

- Espaciado de las discontinuidades;
- Condiciones de las discontinuidades;
- Condiciones hidrogeológicas; y
- Orientación de las discontinuidades.

La incidencia de estos parámetros en el comportamiento geomecánico de un macizo se expresa por medio del índice de calidad RMR (rock mass rating), que varía de 0 a 100. La principal ventaja que se consideró de las clasificaciones geomecánicas es que proporciona una estimación inicial de los parámetros mecánicos del macizo a bajo coste de forma rápida y sencilla.

Para calcular el índice RMR para cada macizo rocoso es necesario referirse a la siguiente tabla 14, en donde con la toma de datos en "in – situ" (medidas) se podrá dar referencia a las propiedades y características de la matriz rocosa y las discontinuidades que se encuentren.

Tabla 14. Clasificación Geomecánica RMR.

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión simple (Mpa)			
		Compresión simple	>250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25-5	5-1	<1	
	PUNTUACIÓN		15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25%			
	PUNTUACIÓN		20	17	13	6	3			
3	Separación entre juntas		>2	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2 m	<0,06 m			
	PUNTUACIÓN		20	15	10	8	5			
4	Discontinuidades	Longitud	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		PUNTUACIÓN		6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm			
		PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			
		PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm			
		PUNTUACIÓN		6	4	2	2	0		
		Meteorización	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
		PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Relación: presión de agua/tensión principal mayor	0	0 – 0.1	0.1 – 0.2	0.2 -0.5	> 0.5			
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
		PUNTUACIÓN		15	10	7	4	0		

Fuente. Bieniawski, 1989.



Con los cinco primeros parámetros obtenidos con sus puntuaciones de clasificación, se procedió a la corrección en función de sus orientaciones de discontinuidad y finalmente se obtuvo un valor el cual ayudara a su clasificación final.

Tabla 15. Clasificación para la determinación de los buzamientos con respecto al efecto relativo con relación al eje de la obra.

Rumbo Perpendicular al Eje del obra				Rumbo Paralelo al Eje de la Obra		Buzamiento 0° - 20° Independiente del Rumbo
Dirección según Buzamiento		Dirección contra Buzamiento		Buzam.	Buzam.	
Buzam. 45°-90	Buzam. 20°-45°	Buzam. 45°-90°	Buzam. 20°-45°	Buzam. 45°-90°	Buzam. 20°-45°	
Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable	Regular	Desfavorable

Fuente. Modificado de Gonzales de Vallejo, 2004.

Cuando se obtuvo la calificación del rumbo y buzamiento de la roca con respecto al eje de la obra, se procede a calcular con ese calificativo, el Rango RMR, dependiendo del tipo de obra civil a ejecutar.

Tabla 16. Rango RMR para obras de tipo Taludes en Roca.

Calificativo	Rango RMR
Muy Favorable	0
Favorable	-5
Regular	-25
Desfavorable	-50
Muy Desfavorable	-60

Fuente. Modificado de Gonzales de Vallejo, 2004.

En función de la respuesta el parámetro 6 se le resta a la suma de los otros 5 parámetros descritos anteriormente y el resultado siendo el **ÍNDICE RMR** general del macizo rocoso.

Tabla 17. Características Geotécnicas.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Tiempo de Mantenimiento	Cohesión	Ángulo de Rozamiento
I	Muy buena	100-81	10 años para 5 metros	>4 kg/cm ²	>45°
II	Buena	80-61	6 meses para 4 metros	3-4 kg/cm ²	35°-45°
III	Media	60-41	1 semana para 3 metros	2 - 3 kg/cm ²	25°-35°
IV	Mala	40-21	5 horas para 1.5 metros	1- 2 kg/cm ²	15-25°
V	Muy mala	<20	10 mint. para 0.5 metros	<1 kg/cm ²	<15°

Fuente. Modificado de Gonzales de Vallejo, 2004.

➤ **Rock Quality Index (RQD):**

Según (Deere. D. U, 1989), indica que al no disponer de núcleos de perforación, se podrá estimar el RQD por la cantidad de fisuras contenidas en la unidad de volumen, en la que la cantidad de juntas por metro cuadrado, en cada sistema de juntas se suman. Una simple relación podrá usarse para convertir esta cantidad en RQD para una roca sin arcilla⁴, usando la siguiente ecuación dada por (Palmstrom, 1982):

$$\text{Ecuación 1. RQD (\%)} = 115 - 3.3 * (J_v), \text{ para } (J_v) > 4.5$$

$$\text{RQD (\%)} = 100 \text{ para } (J_v), \text{ para } (J_v) \leq 4.5$$

En donde:

- J_v = Cantidad total de juntas o familias por m³.

Tabla 18. Índice de calidad Del RQD.

RQD (%)	Calidad de la Roca
< 25	Muy Mala
25 – 50	Mala
50 – 75	Regular
75 – 90	Buena
90 – 100	Excelente

Fuente. (Deere. D. U, 1989).

4.6. Proyección Estereográfica en Geología

La proyección estereográfica es una herramienta fundamental en el campo de la ingeniería geológica estructural. Su principal interés estriba en el hecho de que con ella podemos representar orientaciones (dirección) e inclinación (buzamiento) preferentes de elementos que en la naturaleza no se presenten con desarrollos geométricos perfectos. Además, este tipo de representación permite medir los ángulos de forma directa. Entre sus aplicaciones más importantes y que nos afecta en este estudio se encuentra el reconocimiento de familias de discontinuidades en un afloramiento rocoso.

La proyección estereográfica permite la representación en elementos de geología estructural. Los datos empleados se toman en el campo, de forma directa, mediante el empleo de la brújula de geólogo, que nos permite tomar las direcciones de los diferentes elementos tomando como referencia el norte magnético y un clinómetro que facilita el ángulo que forma el elemento a medir con respecto al plano horizontal (Gonzalez, 2016).

⁴ Deere, D. U., & Deere, D. W. (1989). Rock Quality Designation (RQD) After Twenty Years. Gainesville, Florida: US Army Engineer Waterways.



4.7. Análisis de la Resistencia del Macizo Rocoso

La resistencia de los macizos rocos es función de la resistencia de la matriz rocosa y de las discontinuidades, siendo ambas resistencias variables.

➤ Resistencia para la matriz rocosa

La resistencia, como se la ha venido definiendo anteriormente, es el esfuerzo que soporta una roca para determinadas deformaciones. Este parámetro se lo obtuvo mediante el ensayo de resistencia uniaxial o de comprensión simple (descrito anteriormente) la resistencia es función de las fuerza cohesivas y friccionales del material además de otros factores extrínsecos al material rocoso.

La cohesión (c), es la fuerza de unión entre las partículas minerales que forman la roca. El ángulo de fricción interna (ϕ), es el ángulo de rozamiento entre dos planos de la misma roca; para la mayoría de las rocas este ángulo varía entre 25° y 45° . La fuerza friccional depende del ángulo de fricción y del esfuerzo normal (σ_n), actuando sobre el plano considerado. El resultado de estos parámetros se los obtuvo, a través de datos teóricos y de campo.

a) Criterio de Mohr – Coulomb⁵

Según Coulomb (1773), este criterio expresa la resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado Triaxial de tensiones, obteniéndose la relación entre los esfuerzos normal y tangencial actuantes en el momento de la rotura mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{Ecuación 2. } \tau = c + \sigma_n \times \tan \phi$$

En donde:

- τ y σ_n son las tensiones tangenciales y normal sobre el plano de rotura; y
- c y ϕ son la cohesión y ángulo de rozamientos de la matriz rocosa.

➤ Resistencia al corte de los planos de discontinuidad.

La resistencia al corte de los planos de discontinuidades viene siendo el aspecto más importante en la determinación de la resistencia de los macizos rocosos duros fracturados, y para su estimación es necesario describir las características físicas y geométricas de los planos, ya que no siempre es posible determinarla adecuadamente

⁵ González de Vallejo, L & Ferrer, M & Ortuño, L & Oteo, C. 2004. Ingeniería Geológica. Capítulo III, Resistencia y Deformabilidad de la matriz rocosa – Criterio de Mohr-Culomb. Madrid, España. PERSON EDUCACION, S.A. p, 160.

en el campo o en laboratorio.

a) Criterio Barton & Choubey

Para la evaluación de la resistencia al corte en las discontinuidades a partir de los datos de campo obtenidos en esta investigación se consideró el criterio de Barton & Choubey (1977), se trata de un criterio empírico, deducido a partir del análisis del comportamiento de las discontinuidades en ensayos de laboratorio, que permitió estimar la resistencia al corte en las discontinuidades rugosas⁶.

Se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Ecuación 3. } \tau = \sigma'_n \operatorname{tag} \left[JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma'_n} \right) + \phi_r \right]$$

En donde:

- τ y σ'_n son los esfuerzos tangencial y normal efectivo sobre el plano de discontinuidad;
- ϕ_r es el ángulo de rozamiento residual;
- **JRC** es el coeficiente de rugosidad de la discontinuidad; y
- **JCS** es la resistencia a la compresión de las paredes de la discontinuidad.

➤ Estimación del ángulo de rozamiento residual (ϕ_r):

Por lo general la pared de la junta esta alterada y por lo tanto el ángulo de rozamiento residual será inferior al ángulo de la roca sana (ϕ_b). Para su correcta evaluación se aplicó la fórmula:

$$\text{Ecuación 4. } \phi_r = (\phi_b - 20^\circ) + 20 \frac{r}{R}$$

En donde:

- **R** = es el valor del rebote del esclerómetro o Martillo Schmidt, sobre una superficie del material sano y seco;
- **r** = es el valor del rebote del esclerómetro sobre la superficie de la pared de la junta en estado natural, húmedo o seco; y
- ϕ_b = es el ángulo de resistencia básico de la roca, y se obtuvo por medio de la siguiente tabla bibliográfica.

⁶ González de Vallejo, L & Ferrer, M & Ortuño, L & Oteo, C. 2004. Ingeniería Geológica. Capítulo III, Resistencia al corte de los planos de discontinuidad – Criterio de Barton & Choubey. Madrid, España. PERSON EDUCACION, S.A. p, 185.

Tabla 19. Valores típicos de cohesión y ángulo de fricción para roca sana.

Roca	Cohesión c (kp/cm^2)	Ángulo de fricción básico ϕ_b (<i>grados</i>)
Andesita	280	45
Arenisca	80-350	30-50
Basalto	200-600	48-55
Caliza	50-400	35-50
Caliza margosa	10-60	30
Cuarcita	250-700	40-55
Diabasa	900-1.200	40-50
Diorita	150	50-55
Dolomía	220-600	25-35
Esquisto	250 20-150*	25-30* 20-30*
Gabro	300	35
Gneises	150-400	30-40
Granito	150-500	45-58
Grauvaca	60-100	45-50
Mármol	150-350	35-45
Lutita	30-350	40-60 15-25*
Pizarra	100-500 < 100°	40-55 15-30*
Toba	7	----
Yeso	---	30

(*) En superficie de laminación o esquistosidad.

Fuente. Datos seleccionados a partir de Walthan (1999), Rahn (1986), Goodman (1989), Farmer (1968), Jiménez Salas y Justo Alpañes (1975).

Si las paredes de la discontinuidad están sanas ($\phi_r = \phi_b$). Los valores típicos del ángulo de fricción (ϕ_b) en discontinuidades planas sin meteorizar son del orden de 25° a 37° para rocas metamórficas entre 21° a 30°.

- **Resistencia de la pared de la junta (JCS):**

Si las paredes de la junta no están alteradas o meteorizadas se toma el valor de la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa, utilizando el martillo Schmidt. Si la pared esta alterada, como ocurre habitualmente, el valor de *JCS* se obtiene a partir de los resultados del esclerómetro sobre la pared de la junta, mediante la siguiente forma:

$$\text{Ecuación 5. } \log_{10} JCS = 0,00088_{y\text{ roca}} * r + 1,01$$

- **Coefficiente de Rugosidad de la junta (JRC):**

El coeficiente *JRC* depende de la rugosidad de las paredes de la discontinuidad, y varía entre 1 y 20. Se obtiene a partir de un perfil de rugosidad estándar. Nótese que la escala es de 10 cm.

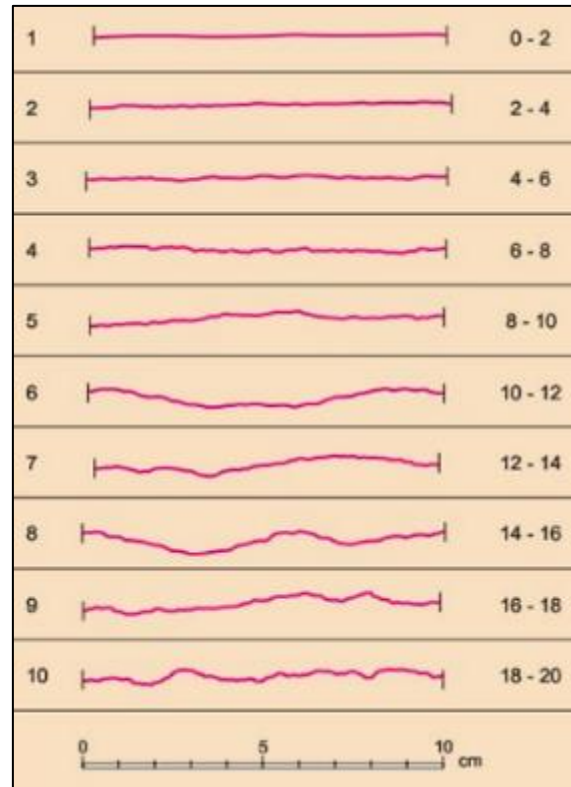


Figura 3. Perfiles normalizados para la obtención del JRC.

Fuente. Barton & Choubey, 1977. Tomado de Gonzales de V. et al (2002).

- Influencia de la escala *JRC* y *JCS*:

Los parámetros *JRC* y *JCS* depende de la escala que se considere en función de la magnitud y amplitud de las ondulaciones o irregulares. Al aumentar la escala el valor de (i) es menor (al influir las ondulaciones del plano además de las rugosidades a pequeña escala), y si se permite la dilatancia de la discontinuidad (para bajos esfuerzos normales), el valor de del ángulo de rozamiento constante (ϕ_p) decrece; si no tiene lugar de dilatancia, efecto de la escala es menos importante. Según Barton (1990), menciona que los valores de *JRC* obtenidos empíricamente corresponden a juntas de 10 cm de longitud.

Para el análisis del comportamiento de las juntas de mayor longitud es necesario corregir los valores para otras escalas. El valor de la resistencia a compresión *JCS*, y por tanto de la componente (JCS/σ'_n) disminuye al aumentar la escala. Para contrarrestar estos efectos según Bandis (1981), han establecido las siguientes relaciones para obtener los parámetros en juntas de longitud real $L_n (L_o = 10 \text{ cm})$.



4.8. Canal de Riego

Los canales de riego tienen la función de transportar el agua desde la captación hasta el campo donde será aplicado a la agricultura y ganadería (WIKIPEDIA COMMONS, 2004).

Es decir, son obras de ingeniería importantes, que deben ser cuidadosamente diseñados para no provocar daños al ambiente; además están estrechamente vinculados a las características del terreno, generalmente siguen aproximados a las curvas de nivel, descendiendo suavemente hacia cotas más bajas. (Berlijn, 2008)

4.8.1. Propiedades Físico – Hidráulicas de los Canales de Riego

De acuerdo con (Estrada Gutierrez, 2000), el cual menciona en su informe de laboratorio para el estudio hidráulico de los canales de riego que las propiedades físicas e hidráulicas son las siguientes:

➤ **Caudal (Q):**

Volumen hidráulico de la escorrentía de una cuenca hidrográfica concentrada en el río principal de la misma, se lo calcula en l/s.

➤ **Coefficiente de rugosidad (n):**

Viene siendo la rugosidad de la pared del canal.

➤ **Pendiente del fondo del canal (s):**

Representa la línea piezométrica del escurrimiento, se lo calcula en porcentaje (%).

➤ **Ancho de plantilla o solera (b):**

Es el ancho de la sección del canal, medido al nivel de la superficie libre.

➤ **Tirante de agua (Y):**

Es la distancia vertical a la plantilla o solera, medida desde la superficie libre del agua al punto más bajo de la sección transversal.

➤ **Borde libre (BL):**

Espacio libre de la altura total del canal menos el tirante de agua.

➤ **Altura total del canal (h).**

Es la altura total del canal, tanto este vacío o con agua.

➤ **Área hidráulica (A):**

Se refiere siempre a la sección transversal ocupada por el flujo en un canal, se la calcula con el ancho de la plantilla o solera por el tirante de agua.

➤ **Perímetro mojado (P):**

Es la longitud de la línea de contacto entre el agua y la superficie mojada del canal, (m), el cual se lo calcula por el ancho de la plantilla o solera mas dos veces el tirante de agua.

➤ **Radio Hidráulico (R):**

Es el parametro utilizado para medir el efecto de la forma del canal y es el cociente del area hidraulica y su perimetro mojado.

➤ **Velocidad media de la sección (V):**

Viene dada por la función del tirante hidráulico.

➤ **Energía específica (E):**

La energía específica se define como la cantidad de energía por unidad de peso en cualquier sección, medida siempre con respecto al fondo de un canal abierto. La energía específica solo depende de la profundidad de flujo.

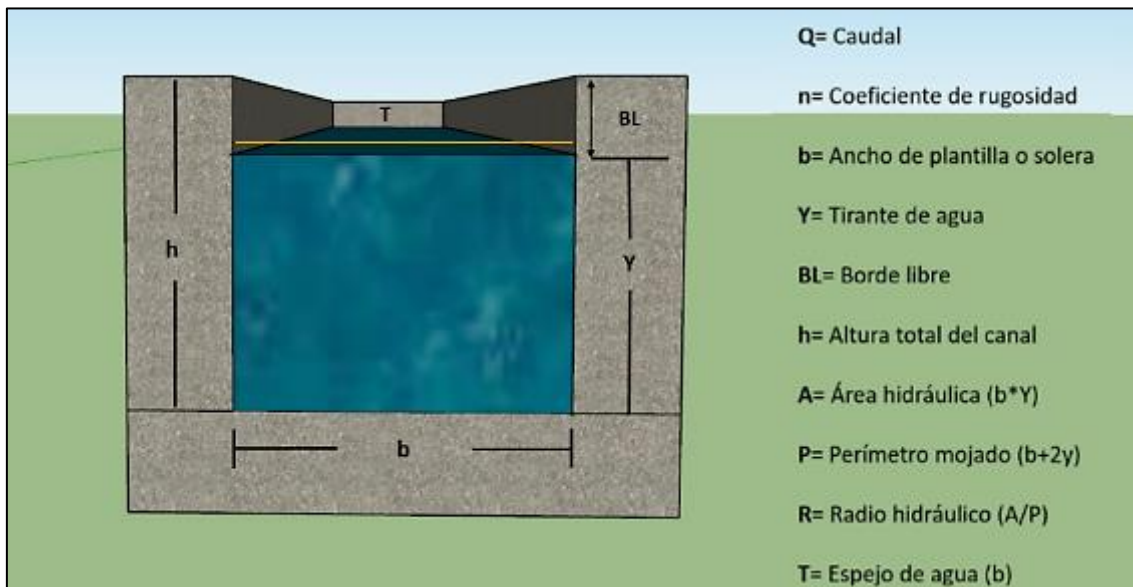


Figura 4. Propiedades físicas- hidráulicas de un canal de riego. Fuente. La Autora, 2019.



4.8.2. Tipos de flujos en un canal de riego

Según (Duque Fernande, Zarate Areavalo, & Sanchez Macias, 2015), en sus practicas de laboratorio indican que los estados de flujo en canales abiertos está gobernado por los efectos de viscosidad y gravedad relativa a las fuerzas de inercia del flujo. El efecto de la gravedad se representa por una relación de las fuerzas de inercia a las fuerzas de gravedad. Esta relación se establece por el número de Froude, que viene siendo el cociente entre la velocidad media y la velocidad relativa de un onda dinámica.

El cálculo del número de Froude y el estado en que se encuentra el flujo se considera aplicar la siguiente relación: $F = V/\sqrt{g * h}$; en donde se relaciona la velocidad (v), gravedad (g), y la profundidad hidraulica (h), esta ultima esta definida como el cociente entre el area mojada y el ancho de la superficie del canal.

➤ **Flujo subcrítico:**

Para este régimen de flujo las fuerzas inerciales son sobrepasadas en importancia por las gravitacionales; en el flujo se tienen velocidades y pendientes bajas. Pero las profundidades de la lámina del agua. Por el contrario, son mayores que las que se presentan en el flujo supercrítico. Para este tipo de flujo, un aumento en la energía se traduce en un aumento en la profundidad de la lámina de agua.

➤ **Flujo supercrítico:**

En este tipo de flujo las fuerzas inerciales presentan una influencia mucha mayor que las gravitacionales. Además de esto, el flujo se presenta a velocidades y pendientes altas, y a profundidades más pequeñas. Cuando existe un flujo de este tipo en un canal un aumento en la cantidad de energía provoca una disminución de la profundidad de la lámina de agua. Este tipo de flujos propicia la formación de resaltos hidráulicas.

➤ **Flujo crítico:**

Este tipo de flujo presenta una combinación de fuerzas inerciales y gravitacionales que lo hacen inestable, convirtiéndolo en cierta manera en un estado intermedio y cambiante entre los dos tipos de flujo. Debido a esto es poco aceptable y recomendable usarlo en el diseño de estructuras hidráulicas.



4.9. Software Geotécnico “Casa de Rocscience”

La Casa de Rocscience fue fundada en 1996, es un líder mundial en el desarrollo de software 2D y 3D para estudios civiles, mineros y geológicos - geotécnicos.

4.9.1. Programa Dips

Dips v5.103 es un programa diseñado para realizar análisis y visualizar información estructural de igual modo que si se usa una red estereográfica, permite definir el elemento de yacencia del agrietamiento para determinar si la prevalencia es favorable o no a la falla.

Permitiendo al usuario analizar y visualizar los datos estructurales siguiendo las mismas técnicas utilizadas en stereonets manuales. Además, tiene muchas características computacionales, tales como contorno estadístico de agrupación de orientación, significa la orientación y la confianza de cálculo, la variabilidad del clúster, y el análisis de atributos de entidad cualitativa y cuantitativa.

También está diseñado para el análisis de las características relacionadas con el análisis de ingeniería de estructuras de roca, sin embargo, el formato libre del archivo de datos Dips permite el análisis de los datos basados en la orientación. La medición del elemento de yacencia del agrietamiento se procesa con el programa Dips para determinar su orientación favorable o no al sistema de taludes de la cantera y obtener la formación de la cuña y su prevalencia a la falla. (Rocscience, 2009)

Para este análisis se suele trabajar con los polos de los planos, es decir, con la proyección estereográfica de la recta normal al plano, de manera de facilitar la definición de sets estructurales (orientaciones preferenciales de estructuras y planos), el software se encarga de proyectar planos y estructuras tomando como base los datos de sus orientaciones respectivas.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales y Equipos

Los materiales que se llevaron a cabo para la ejecución del proyecto de investigación se detallan en la tabla 20 a continuación:

Tabla 20. Materiales de Campo y de Oficina para la ejecución del proyecto investigativo.

PRE-CAMPO			
<ul style="list-style-type: none"> - Hoja Geológica 57 – Gonzanamá 1:100000 edición 1975 y 2017. - Carta Topográfica Vilcabamba 1:50000. - Orto-imágenes desde la NVII-B4a-E1 hasta la NVII-B4a-E4 edición 2009. - Informes técnicos 2015. 			
CAMPO			
Geología		Geofísica	
1 GPS Garmin 65x		1 Equipo de Sondeo Eléctrico Vertical – Psyscal Iris	
1 Brújula SVBONY		12 electrodos de cobre	
1 Navaja		2 Carretes con cables de corriente de 500 metros	
1 Cinta métrica 30 metros		1 Piqueta geológica	
1 Fichas de campo		1 Combo	
1 Martillo geológico Estwing 22oz		1 Cinta métrica de 50 metros.	
Mecánica de Rocas		Muestreo de rocas	
1 Esclerómetro tipo N		1 Martillo geológico Estwing 22oz.	
1 GPS Garmin 65x		10 Fundas ziploc.	
1 Brújula SVBONY		1 Rollo de embalaje.	
1 Fichas de campo		5 muestras de rocas trituradas de 80 (c/u).	
1 Regla milimétrica.		15 Cubos de rocas (5 cm x 5 cm).	
LABORATORIO			
Peso Específico y/o Densidades	Humedad	Porosidad	Resistencia a la Compresión Simple
3 Picnómetros (mL),	1 Desecador.	5 Vasos de precipitación.	1 Prensa marca CONTROLS.
1 Agua destilada,	5 Muestras de rocas.	5 muestras de rocas natrual.	2 alzas de 10 cm.
5 Muestra de rocas	1 Balanza analítica.	1 Agua de grifo.	2 alzas de 7 cm.
1 Mortero,	1 Reloj de vidrio.	5 capsulas de porcela.	1 alza de 4 cm.
1 Balanza de precisión.	2 Cápsulas.	1 Balanza analítica.	1 aceite para encerar.
1 Estufa.			15 Cubos de rocas
5 Cápsulas.			
OFICINA			
Suministros de oficina		Softwares libres	
1 Lápiz, borrador, esferos.		1 Dips 5.0.	
1 Computadora DELL.		1 IPI2Win.	
1 Impresora EPSON (láser).		1 ArcGis 10.3.	
1 Copiadora.		1 AutoCAD.	
		1 Word (2018) y Power Point (2018).	

Fuente. La Autora, 2019.



5.2. Metodología

En el siguiente apartado se estableció de forma detallada las metodologías utilizadas durante el proceso de investigación, las cuales ayudaron alcanzar los objetivos planteados en este estudio geológico – geotécnico del tramo II: sector la Cofradía.

➤ **Método Científico:**

Funcionó como un estudio sistemático de la naturaleza que incluye técnicas de observación, reglas para el razonamiento y la predicción de sucesos, además otorgo ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados experimentales y teóricos.

➤ **Método de Campo:**

Consiste en la recolección de datos en campo mediante el levantamiento geológico, que implica la descripción de rocas, estructuras metamórficas, datos geológicos y recolección de muestras. Conjuntamente con la técnica de verificación como son las fichas de campo lo cual facilito al procesamiento de las metodologías propuestas.

➤ **Método Analítico:**

Dio lugar a una interpretación de los datos utilizando los principios geológicos enunciados de la zona estudiada y las condiciones bajo las que se desarrolló el proceso geológico – geotécnico estudiado.

➤ **Método Experimental:**

Este método interviene sobre el objeto de estudio modificándolo directa o indirectamente para crear las condiciones necesarias que permitan revelar sus características fundamentales y sus relaciones esenciales. Este método será utilizado en los ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales rocosos de la zona de estudio.

5.2.1. Base para la obtención de datos

Previo al levantamiento "*in – situ*" se procedió a la investigación bibliográfica existente de la zona en estudio. Estos resultados fueron un complemento para la etapa en campo siendo conocimiento previo al estudio geológico – geotécnico. La información secundaria recopilada fue la siguiente:

- Recopilación, análisis e interpretación bibliografía de la literatura geología y técnica - científica (páginas webs, tesis de grado, plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia, consultorías técnicas e informes



técnicos como: "Estado Situacional de la Junta de Riego de San Pedro De Vilcabamba 2015"), entre otros;

- Recolección de datos base para el levantamiento de la fotointerpretación geológica mediante orto-imágenes desde la NVII-B4a-E1 hasta la NVII-B4a-E4 del año 2009, descargadas desde SINAT;
- Información geográfica como: cartas topográficas y geológicas (geología regional del mapa Geológico NVII-B Gonzanamá 3781 escala 1:1000.000); y
- Socializaciones entre el GAD parroquial, técnicos de la Prefectura de Loja, Consultora (CONSULSUR), Sectoriales del canal como: Sacapo, Ullaguanga, Cararango, Amala, Chaupi, Santa Ana, El Vergel, Cabianga, y El Prado – Naranjo - Tariana; tesista y público en general.
- Visitas técnicas para el reconocimiento de la zona de estudio.

5.2.2. Metodología utilizada para la topografía

La topografía base de la parroquia fue generada con información secundaria mediante Información Geocartografía básica del IGM de libre acceso (Codificación UTF-8) escala 1: 50.00 y el Sistema Nacional de Administración de Tierras (SINAT)⁷, perteneciente al programa SIGTIERRAS del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obteniendo modelos de elevación digital denominado MDT con una resolución espacial de 30 metros.

Como se indicó al principio de esta investigación existen entidades gubernamentales y no gubernamentales que hasta el momento están implicadas en la rehabilitación del **Canal Alto San Pedro de Vilcabamba**, es por ello que la Prefectura de Loja otorgo el levantamiento topográfico de la línea de conducción principal, con curvas de nivel de 1 metro.

Con esta información finalmente fueron insertados en el software libre ArcGIS 10.3 donde se procedió con la generación final del mapa topográfico de la parroquia a escala 1: 60.000 (**Ver Anexo 4.1.** Topografía de la parroquia San Pedro de Vilcabamba); y del tramo II a escala 1:5 000 (**Ver Anexo 4.2.** Mapa Topográfico del Tramo II: Sector La

⁷Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. 2017. SIGTIERRAS. Sistema Nacional para la administración de Tierras.



Cofradía), con una separación de curvas de nivel cada cinco metros las primarias y a un metro para las secundarias; diseñado en formato A3; con Datum UTM (WGS84) zona 17 Sur.

A continuación en la tabla 21, se muestra las coordenadas UTM pertenecientes al tramo II: sector la Cofradía.

Tabla 21. Punto inicial y final del tramo II.
Coordenadas UTM (Datum WGS84)

Punto de Inicio	Punto Final
X: 700534	X: 698996
Y: 9531924	Y: 9532477

Fuente. La Autora, 2019.

En base al mapa topografico de la parroquia se procedió a la generación del mapa de pendientes del tramo II, utilizando la clasificación según Demek 1972, donde mediante el software ArcGis 10.3, se creó un modelo de elevación digital del terreno, obteniendo varias clases de intervalos a los cuales se los clasificó, luego mediante la opción "reclasificar" se categorizó las clases de pendientes (**Ver Anexo 4.3.** Mapa de Pendientes del Tramo II: Sector La Cofradía).

Tabla 22. Clasificación de las pendientes.

Clases	Pendiente	Categoría (°)
I	Muy Baja	0 – 5
II	Baja	5 – 15
III	Media	15 – 35
IV	Alta	35 – 45
V	Muy Alta	>45

Fuente. (Demek, 1972).

5.2.3. Metodología utilizada para la Geología parroquial y del tramo II

Con el levantamiento topográfico base de la zona de estudio se procedió a realizar el levantamiento geológico "in – situ"; el cual permitió la interpretación y correlación entre las diferentes unidades litoestratigráficas de la zona de estudio a través de las visitas técnicas.

5.2.3.1. Levantamiento Geológico Local.

El levantamiento "in – situ" se basó en la descripción de doce afloramientos tanto naturales y artificiales; de los cuales se pudo corroborar, interpretar y correlacionar las unidades litoestratigráficas existentes. Estos afloramientos están dispuestos en los cortes de los márgenes de las vías, que se enlazan a los diferentes barrios de Cararango, Amala, Sacapo, Chaupi, y a orillas del río Uchima y Solanda de la parroquia.

Para el levantamiento de la información se aplicó una ficha técnica (**Ver Anexo 1.1** Ficha descripción de afloramientos), que permitió tener información relevante sobre estructuras falladas y contactos litológicos presentes.



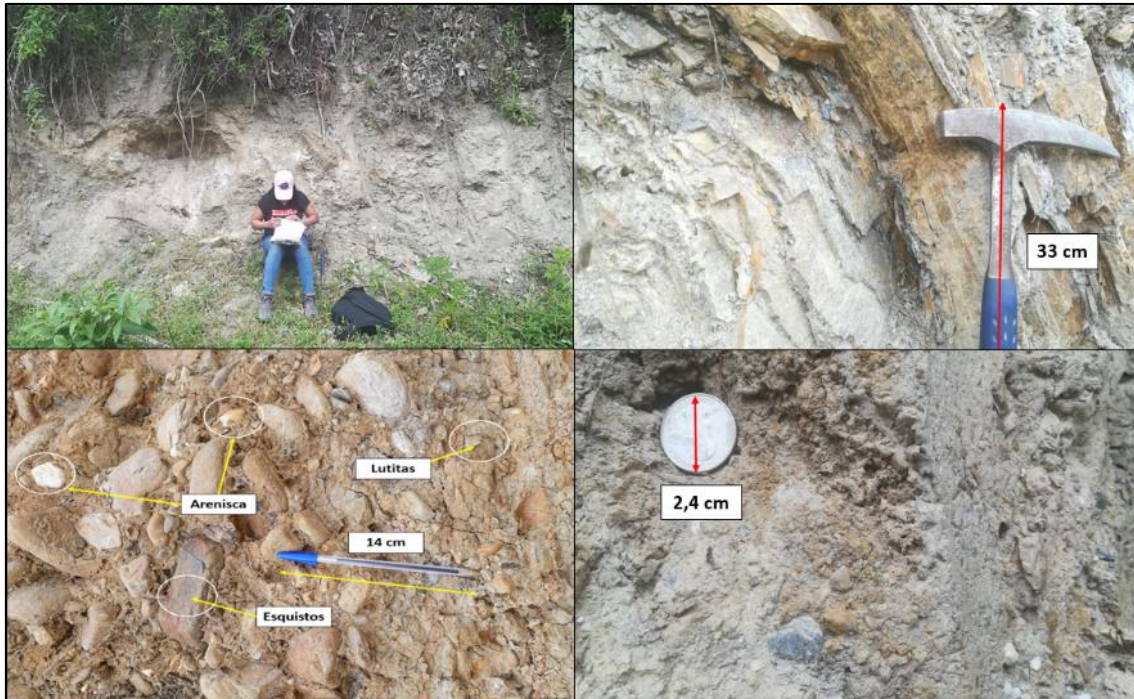
Fotografía 1. Levantamiento geológico alrededor de la parroquia. **Fuente.** La Autora, 2019.

Finalmente, la etapa de gabinete se trató la información levantada cuyos datos se ingresaron en el software ArcGIS 10.3, obteniendo un mapa a escala 1: 80 000, en formato A3, con Datum UTM (WGS84) perteneciente a la zona 17 Sur (**Ver Anexo 4.4.** Geología de la parroquia San Pedro de Vilcabamba).

5.2.3.2. Levantamiento Geológico del tramo II: Sector la Cofradía

Para el levantamiento geológico a detalle se realizó la descripción de afloramientos naturales y antrópicos dentro del área perteneciente del tramo II: sector La Cofradía; con la aplicación de la misma ficha (**Ver Anexo 1.2**), que más ha permitido corroborar, interpretar y correlacionar las unidades litoestratigráficas que afloran en el tramo II.

La información levantada fue procesada a través del software ArcGIS 10.3, sobre la base topográfica, generando el proyecto y su representación litológica correspondiente. Finalmente, el resultado de los datos levantados se ingresaron en el software ArcGIS 10.3, obteniendo un mapa a escala 1:5 000, en formato A3, con el Datum UTM (WGS84) zona 17 Sur (**Ver Anexo 4.5.** Mapa Geológico a detalle del Tramo II: Sector La Cofradía).



Fotografía 2. Levantamiento geológico del sector II: La Cofradía. **Fuente.** La Autora, 2019.

5.2.4. Metodología utilizada para los Macizos Rocosos

Para el levantamiento de los macizos rocosos se realizó la descripción de afloramientos de roca a lo largo del tramo II: sector La Cofradía, utilizando principalmente una ficha técnica (**Ver Anexo 1.3** Ficha de Levantamiento de Macizos Rocosos), tomada y modificada del Libro de Gonzales de Vallejo, 2004, Capítulo 4 – Descripción de Macizos Rocosos, el cual permitió detallar de manera minuciosa las condiciones ambientales, geológicas y estructurales en campo de los afloramientos de roca levantados.

5.2.4.1. Levantamiento de Macizos Rocosos

Primeramente, se describió las características generales de los afloramientos de roca: ubicación de coordenadas UTM, localización geográfica, y datos generales. Luego se caracterizó de manera detallada los parámetros de la matriz rocosa: identificación del tipo de roca, tamaño del grano, color, el reconocimiento de meteorización y la aplicación del martillo Schmidt para obtener la resistencia del material “in-situ”.

Seguidamente de la descripción detallada de los parámetros de las discontinuidades como: separación de las familias de discontinuidades (en este caso se encontraron hasta 2 tipos de familias), medición con brújula geológica de las orientaciones para cada familia de discontinuidades, mediciones del espaciamiento, continuidad y abertura, reconocimiento de grietas, material de relleno, tipo de rugosidad, presencia de agua

considerando las condiciones de humedad que se observaron en campo, y aplicación del esclerómetro obteniendo la resistencia de las familias de discontinuidades.



Fotografía 3. Levantamiento "in - situ" de los Macizos Rocosos. **Fuente.** La Autora, 2019.

Finalmente se realizó la descripción global de los parámetros del macizo rocoso como: medición de los elementos de yacencia (azimut, buzamiento y dirección), descripción del número y orientación de las familias de discontinuidades, tamaño, forma del bloque y el grado de meteorización global. Del levantamiento de macizos rocosos se evaluó 5 afloramientos de roca tipo natural, significativos para el previo al estudio en laboratorio. (Ver Anexo 4.6. Mapa de ubicación de los Macizos Rocosos, escala 1: 5 000).

5.2.5. Metodología utilizada para la valoración de Macizos Rocosos

Para la valoración de los parámetros geomecánicos de los macizos rocosos exige un mayor grado de interpretación y por lo tanto su subjetividad a partir de los datos obtenidos en "in - situ", es por ende que se consideró las clasificaciones más útiles en mecánica de rocas como son RMR de Bieniawski y el "RQD":

5.2.5.1. Valoración "RQD":

Al no disponer de núcleos de perforación, se estimó el "RQD" por la cantidad de fisuras contenidas en una unidad de volumen, con la aplicación de la ecuación N° 1 (Ver página 25) en la que la cantidad de juntas por metro cuadrado de cada sistema de juntas se



suman. El resultado obtenido se lo puede corroborar a través (**Ver tabla 18.** Índice de calidad Del RQD), anteriormente descrita en la página 25.

5.2.5.2. Valoración "RMR":

Para la obtención del índice "RMR" de Bieniawski se realizó la suma de los 5 parámetros calculados, eso dio un resultado como valor índice, al parámetro 6 que se refirió a la orientación de las discontinuidades, esta clasificación considero que este parámetro es desfavorable, por lo tanto cuando se obtiene este valor índice se le sustrae al valor índice obtenido de la suma de los 5 primeros parámetros al realizar dicha operación se obtuvo el Índice "RMR" a través de las tablas 14, 15, 16 y 17 anteriormente descritas.

5.2.5.3. Ensayos "in - situ"

➤ Esclerómetro o martillo Schmidt:

Este ensayo permitió aproximar la resistencia a compresión simple mediante la fácil y sencilla medición del índice de rebote en la matriz rocosa, y las discontinuidades. El martillo que se utilizo fue para clasificación de rocas, estilo Tipo L (Martillo Schmidt – Modelo de Bajo Impacto de Energía); cuya aplicación implica el siguiente modo de empleo:

Para eliminar la pátina de roca meteorizada; se debe alisar la superficie de ensayo utilizando una piedra de amolar, la cual viene en el esclerómetro; después se dibuja una cuadrilla para posicionar el martillo de forma perpendicular a la superficie de la roca ensayada, se dispara el vástago o punzón de impacto, empujando el martillo hacia la superficie del ensayo hasta que el botón salte hacia afuera; el nivel de impacto de energía promedio es de 0.74 Nm.

Después se pulsa el botón para bloquear el vástago de impacto luego de cada impacto, se debe leer y anotar los valores de cada rebote. Con los valores medidos del ensayo se procedió a ordenar en forma descendente y se separaron los valores mínimos y máximos. Este promedio se lo multiplicó por el factor de corrección mediante la siguiente expresión:

$$\text{Ecuación 6. } FC = \frac{\text{Valor patron especifico del yunque}}{\text{Promedio de 10 lecturas sobre el yunque de calibración}}$$

Finalmente, con los valores corregidos se realizó la comprobación a través del método gráfico (**Figura 5**), para el cual se tomó las densidades de cada macizo rocoso obtenidas

a través de los ensayos de laboratorio y así obtener la Resistencia a la Compresión Simple (RCS).

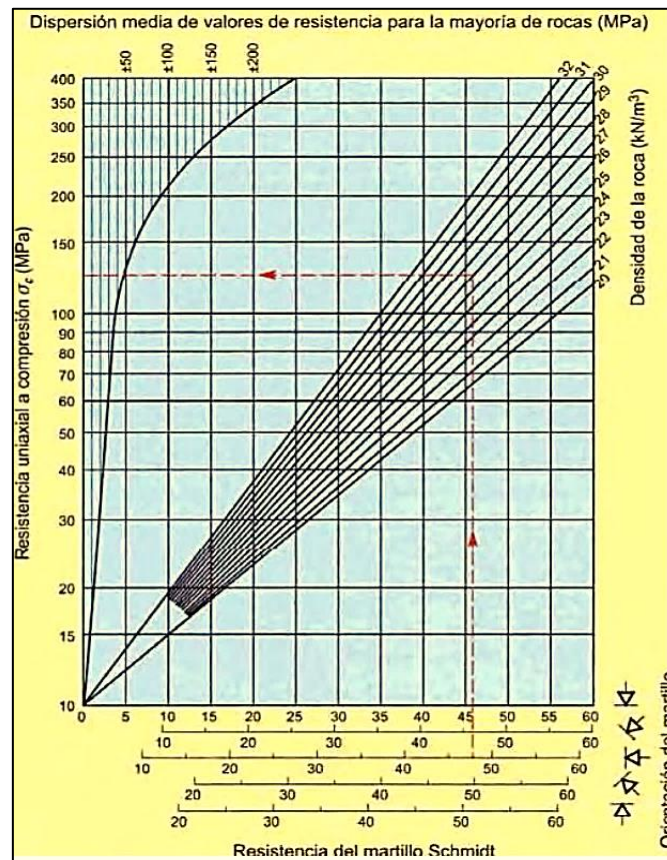


Figura 5. Ábaco Esclerómetro, con la resistencia a compresión simple, en función del peso específico de la roca.

Fuente. Gonzales de Vallejo. 2004.

➤ Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V)

Como un ensayo más de comprobación se realizó el ensayo del método eléctrico de resistencia, en su modalidad de Sondeo Eléctrico Vertical denominado comumente (S.E.V) mediante la configuración de Schlumberger, el cual se expande sucesivamente cuatro electrodos de corriente en A y B; permitiendo determinar estratos de la litología y la posible existencia de saturación en la profundidad del sitio en estudio.

Durante el desarrollo "*in-situ*", se utilizó un equipo y instrumentos necesarios para llevar a cabo la siguiente metodología propuesta como:

Materiales y equipos utilizados:

- 1 Equipo de Sondeo Eléctrico Vertical – Psyscal Iris,
- 12 electrodos de cobre,
- 2 Carretes con cables de corriente de 500 metros,

- 1 Piqueta geológica,
- 1 Combo, y 1 Cinta métrica de 50 metros.

Primero, se realizó la ubicación y limpieza de la zona de estudio, para luego realizar el alineamiento del equipo procediendo a introducir los electrodos con ayuda de un combo hasta el subsuelo con las distancia establecida de acuerdo al arreglo Schlumberger; luego se instalo el equipo SEV – Psyscal Iris, con sus dos carretes para su configuracion inicial; luego se comenzó con los dos electrodos de corriente A y B colocando inicialmente a 1 metro y los de potencia M y N a 0,20 metros de distancia desde el valor "0" el cual represento la posicion del resistivimetro.

La abertura de A,B y de M,N se empleo según las abertura establecidas del arreglo Schlumberger; en la toma de datos se recomienda tomar la medida despues que el equipo haya dado la lectura de 5 mediciones.

Fue necesario verificar que la desviación estándar no supere el 1%, de ser este el caso aumenta la potencia; se dibujaron las curvas de los valores del SEV en una hoja bilogarítmico, con mudolo 62,5 milímetros, la representación grafica de la resistividad aparente contra la separación de los electrodos de corriente $AB/2$, con el fin de verificar que no exista puentes con separaciones grandes entre cada curva y errores.



Fotografía 4. Procedimiento del ensayo SEV en el tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.



Este ensayo se lo aplicó en el deslizamiento N° 1 (**Ver Anexo 3.4.** Ficha N ° 1), el cual fue el deslizamiento más significativo que ha venido causando daños en la estructura del canal perteneciente al tramo II. (**Ver Anexo 4.7.** Mapa de ubicación del S.E.V)

5.2.5.4. Ensayos en Laboratorio

Estos ensayos de laboratorio se los realizó en el Universidad Nacional de Loja, de la Facultad de Energía las Industrias, y los Recursos Naturales no Renovables del laboratorio de Química de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

En donde se siguió los procedimientos y protocolos establecidos para realizar los ensayos de peso específico o densidad relativa los cuales se los obtuvieron por el método del picnómetro; y para por el método de absorción se obtuvo la porosidad, peso volumétrico y la humedad. Estos ensayos fueron dirigidos por el técnico encargado Dr. Luis Angamarca.

➤ **Ensayo para el Peso específico o densidad relativa**

De acuerdo al Manual de Mineralogía de Dana (Hurlbut, 1960), peso específico o densidad relativa de una muestra dada es su peso unitario dividido por el peso unitario del agua cuando se destila a una temperatura de 4°C. Este valor se lo puede usar para la predicción del peso unitario de un suelo y/o roca. Por lo tanto esta relación de pesos es un valor adimensional.

Materiales y equipos utilizados:

- 3 Picnómetros (10, 25, 50 y 100 mL),
- 1 Agua destilada (4°C),
- 5 Muestra de rocas (1000 gr c/u),
- 1 Mortero,
- 1 Cuchareta,
- 1 Balanza de precisión,
- 1 Estufa.

Primero, se trituró y pulverizo el material en el mortero obteniendo una cantidad aproximada de 70 a 80 gr de muestra. Luego se la homogenizó y se lo cuarteo el material triturado y pulverizado para colocarlo en un recipiente limpio y seco (cuartear cuando la cantidad del material sea de 80 gr y se requiera guardar cierta cantidad extra como muestra referencial).

Seguidamente se pesaron los picnómetros vacíos, limpios y secos con su tapón incluido. Estas masas las denominamos con la letra **P**, luego se colocó una cierta cantidad de la muestra en el picnómetro utilizando una cuchareta especial en una cantidad de un tercio ($\frac{1}{3}$) del volumen de la botella, lo limpiamos y luego se lo tapó para pesarlo. Esta masa la denominamos con la letra **M**.

Con el picnómetro y el contenido de muestra se colocó agua destilada hasta las ($\frac{3}{4}$) del volumen del picnómetro, luego se tapó con el dedo índice y se lo agito fuertemente para que todo el material se moje y luego de comprobar que se encuentre la masa homogénea y húmeda, para destapar se desliza suavemente el dedo para que no explote y/o se derrame la muestra, se lavo las paredes internas del pico del picnómetro con chorros de agua destilada cuidando que no se pierda ni una sola partícula de la muestra.

Lo dejamos por un tiempo de 10 a 15 minutos hasta que se decante el sólido y una vez que el agua esté lo más clara posible lo llenamos de agua destilada hasta el borde, se lo tapo, observando que suba el agua por el capilar, lo secamos cuidadosamente con papel secante o franela. Enseguida pesamos y este valor lo representamos con la letra **S**.



Fotografía 5. Ensayos físicos (densidades). **Fuente.** La Autora, 2019.



Finalmente se evacúa el contenido de los picnómetros, en un recipiente aparte, lavándolo cuidadosamente con agua de llave para eliminar partículas de la muestra que quedan dentro del picnómetro. Lo enjuagamos con agua destilada y llenamos solo de agua destilada, se lo tapó y se lo seco exteriormente con todo cuidado especialmente en la unión del picnómetro con el tapón y lo pesamos. Este valor lo representamos por la letra **W**.

$$\text{Ecuación 7. } Pe = \frac{M-P}{M+W-P-S}$$

En dónde;

- Pe = peso específico o masa específica de cualquier mineral,
- P = masa del picnómetro vacío limpio y seco,
- M = masa del picnómetro con el mineral triturado dentro,
- S = masa del picnómetro con el mineral dentro y lleno de agua destilada,
- W = masa del picnómetro lleno solamente de agua destilada.

Para obtener un valor exacto del peso específico de las cinco muestras fue necesario realizar tres veces los ensayos y el resultado final fue la media aritmética de los tres valores obtenidos.

➤ **Ensayo para determinar el contenido de humedad de la roca:**

Para determinar el contenido de humedad de la muestra de roca se aplicó la metodología siguiente:

Materiales y equipos utilizados:

- 1 Desecador,
- 5 Muestra de rocas (1 kg c/u),
- 1 Balanza analítica,
- 5 Cápsulas de porcelana para secado de las muestras.
- 1 Estufa.

Primeramente, se prepararon las cinco muestras pequeñas representativas. Luego se pesaron las muestras frescas (recién extraídas de los macizos) en la balanza analítica, se anotaron los valos, las muestras no pesaron más de 25 a 30 gr.

Después se colocaron las muestras en la estufa a una temperatura de 105° C por un tiempo considerado de 24 horas. Luego de secar las muestras se las enfriaron en el desecador por un tiempo de 20 minutos, para luego pesarlas y anotar el valor.

Seguidamente se colocaron las muestras nuevamente a la estufa por un tiempo de unas dos horas, luego se sacaron las muestras, se las enfriaron nuevamente en el desecador y se pesaron; para comparar con el peso anterior, si hay diferencia de pesos, se coloca nuevamente en la estufa por un tiempo de otras dos horas. Este pequeño procedimiento se lo puede repetir hasta que las muestras tengan sus masas constantes.

Finalmente, con las masas constantes obtenidas se determinó el porcentaje de humedad de cada una de las cinco muestras con la expresión siguiente:

$$\text{Ecuación 8. } H = \frac{(M_{rmh} - M_r) - (M_{rms} - M_r)}{M_{rmh} - M_r}$$

En donde,

- H = porcentaje de humedad (%),
- Mr = masa del recipiente,
- M_{rmh} = masa del recipiente más la muestra húmeda,
- M_{rms} = masa del recipiente más la muestra seca.



Fotografía 6. Ensayos físicos (contenido de humedad). **Fuente.** La Autora, 2019.

➤ **Ensayo para determinar la porosidad y el peso volumétrico de la roca**

Para determinar la porosidad y el peso volumétrico se aplicó el método de absorción, el cual se describe a continuación:

Materiales y equipos utilizados:

- 5 muestras,
- 5 vaso de precipitación,
- Agua de llave,
- 5 capsulas de porcelana,
- Pesa analítica.



Fotografía 7. Ensayos físicos (porosidad y peso volumétrico) en el laboratorio de Química – UNL. **Fuente.** La Autora, 2019.

Primero se colocó las muestras en cada vaso de precipitación con agua de llave por el tiempo de 3 días hasta la saturación total, es decir hasta que todos los poros, fisuras y grietas se llenen totalmente de agua. Luego se las secaron y sacudieron del agua superficial con ayuda de una franela seca, se las pesaron dentro de una capsula de porcelana en la pesa analítica, se anotaron todos los valores obtenidos.

Después se colocaron las muestras en agua por unos dos días más. Y se repite el mismo procedimiento anterior, luego se comprobo los valores, si es que aumentó el peso, se la colocara nuevamente en agua. Este proceso se lo realizo hasta que las muestras tuvieran masas constantes pero con agua absorbida. Anotar el valor constante.



Determinar la cantidad en masa de agua absorbida en los poros de las rocas con la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 9. } \text{Masa de } H_2O \text{ en la roca} = \text{Masa saturada} - \text{Masa seca}$$

Para determinar el volumen del agua absorbida en los poros de las muestras, se tomó en consideración la densidad del agua $0,98 \text{ gr/cm}^3$ a temperatura ambiente ($18-24^\circ \text{ C}$).

$$\text{Ecuación 10. } \text{Volumen de } H_2O = \frac{\text{Masa de } H_2O}{0,98 \text{ gr/cm}^3}$$

Luego adicionalmente con el peso específico y la densidad de la parte sólida de las rocas por el método del picnómetro. Se determinó el volumen de la parte sólida de las muestras (esqueleto de la roca).

$$\text{Ecuación 11. } \text{Volumen del esqueleto de la roca seca} = \frac{\text{Masa de la roca seca}}{\text{Densidad de la roca seca}}$$

Así mismo para calcular el volumen total de las muestras se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 12. } \text{Volumen total} = \text{Volumen de } H_2O + \text{Volumen del esqueleto de la roca.}$$

Se puede afirmar que el volumen del agua es el volumen de los poros y grietas de las muestras de roca. En donde se determinó la porosidad de la roca (n) con la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 13. } n = \frac{V.\text{poros}}{VT} * 100 \%$$

$$\text{Ecuación 14. } V.T = V.\text{esq} + V.\text{poros.}$$

En donde:

- n = porosidad de la roca.
- $V.\text{poros}$ = volumen de los poros.
- VT = volumen total de la muestra rocosa.

Para el cálculo del peso volumétrico o masa volumétrica de la roca se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 15. } Pv = Pe - n * Pe$$

En donde:

- Pv = Peso volumétrico.
- Pe = Peso específico.
- n = porosidad de la roca.

➤ **Ensayo uniaxial o de compresión simple:**

Para determinar la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa se la realizó en el laboratorio de Mecánica de Rocas de la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad de Loja de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

Materiales y equipos utilizados:

- 1 Prensa (CONTROLS / Modelo C52C04 / Serial 13001947 / Capacidad 3000KN).
- 15 muestras cúbicas de rocas (5 cm x 5cm x 5cm).
- 2 Alzas de acero de 10 cm.
- 2 alzas de acero de 7 cm.
- 1 alza de acero de 3 cm.



Fotografía 8. Ensayos mecánicos (resistencia a compresión simple). **Fuente.** La Autora, 2019.

Al no contar con probetas cilíndricas, se consideró el protocolo del laboratorio adecuando las muestras en cortes cúbicos con sus caras pulidas logrando mejorar las superficies al momento de ejecutar el ensayo. El espacio de la cámara apropiable de la prensa tubo una altura de promedio de 37 cm, en donde se colocaron 5 alzas como: 2 alzas de acero de 9 cm, 1 alza de 5 cm, 1 alza de 2,5 cm, y finalmente 1 alza de 6 cm.



Fotografía 9. Ensayo de compresión simple en cubos de roca– UNL. Fuente. La Autora, 2019.

Luego se realizó la configuración del equipo, optando por la opción “cúbica” para la muestra, en donde se ingresaron sus medidas como largo (mm), ancho (mm) y altura (mm). En la base de la última alza se colocó la muestra cúbica de roca, en donde se aplicó una velocidad de carga constante de 0.25 Mpa/s. Enseguida se realizó el ensayo sobre las muestras cúbicas de roca.

Este ensayo se lo realizó sobre un cubo de 5 cm x 5 cm x 5 cm de roca, el cual se aplicó gradualmente una fuerza uniaxial hasta que se produzca la rotura, la deformación uniaxial que se va produciendo en la probeta. Durante el ensayo se va registrando las curvas esfuerzo – deformación axial σ - ϵ_{ax} de la muestra.

La resistencia a la compresión simple o resistencia uniaxial, viene siendo el máximo esfuerzo que soporta la roca sometida a esta compresión uniaxial, determinada sobre una probeta cúbica sin confinar en el laboratorio, y viene dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 16. } T_c = \frac{F_c}{A}$$

En donde:

- F_c = fuerza compresiva aplicada,
- A = área de aplicación.



Fotografía 10. Procedimiento del ensayo RCS. Fuente. La Autora, 2019.

5.2.6. Metodología utilizada para los Fenómenos de Remoción en Masa

Una vez realizado la base topográfica, geológica y la caracterización de los macizos rocosos del sector de estudio, se realizó el levantamiento e inventario de los movimientos en masa más significativos, realizando la comprobación del proceso de fotointerpretación realizada en la fase de gabinete lo que permitió efectuar las visitas técnicas a alrededor del tramo II: sector La Cofradía correspondiente a 2 km.



Fotografía 11. Levantamiento e inventario de los FRM, del sector II. Fuente. La Autora, 2019.



Como técnica de verificación se utilizó la ficha técnica, obtenida del libro Boletín de Geología⁸ (**Ver Anexos 1.4** Ficha de descripción de movimientos en masa). Con los resultados obtenidos fueron interpretados y georeferenciados obteniendo el mapa de ubicación de los diferentes FRM, ingresados y tratados con software ArcGIS 10.3, obteniendo un mapa a escala 1: 1 000, formato A3, georeferenciado con el Datum (WGS84) en la zona 17 Sur. (**Ver Anexo. 4.8.** Mapa de ubicación de los FRM)

5.2.7. Metodología utilizada para el análisis cinemático del macizo rocoso

Con los datos geomecánicos y geotécnicos levantados, se procedió aplicar la proyección estereográfica, en el cual se utilizó la Falsilla de Schmidt con los elementos básicos como las orientaciones de los macizos rocosos con sus familias de discontinuidades.

El procedimiento para dibujar un plano y su polo en proyección estereográfica equiareal se muestra en la **Figura 6**, donde se representan las cuatro etapas del procedimiento.

Primeramente se dispuso de una hoja de papel ingeniero (trasparente), que se colocó sobre la estereograma, en el que están dibujadas las proyecciones estereográficas de paralelos y meridianos de una esfera, en dicha hoja se marcó la circunferencia de la falsilla, su centro y el Norte. Luego se mide la dirección de buzamiento del plano desde el Norte en sentido dextrógiro. Para girar el papel hasta que coincida la dirección de buzamiento con el eje E – O del estereograma.

Finalmente, en esa posición, se lleva el buzamiento del plano desde la circunferencia exterior, señalando el círculo máximo que pasa por dicho punto. El polo se sitúa en la dirección de la línea de máxima pendiente del plano, pero en sentido opuesto, hasta formar 90° con el plano. También se puede llegar al mismo resultado tomando el ángulo de buzamiento desde el centro del estereograma en sentido contrario de la dirección de buzamiento del plano.

⁸ Vargas Cuervo, G. 2000. Boletín de Geología. Criterios para la clasificación y Descripción de Movimientos en Masa. Vol. 22, N° 37. Ediciones UIS. Bucaramanga-Colombia. p, 60-62.

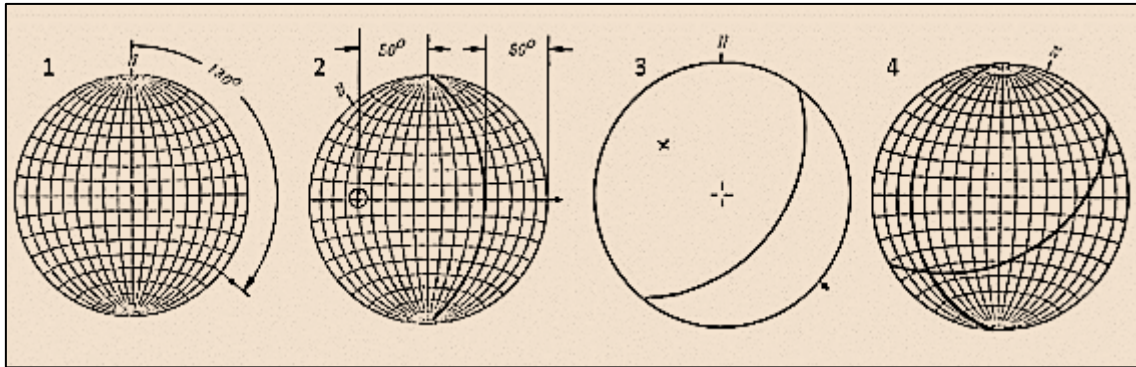


Figura 6. Construcción del círculo máximo. Fuente. (Hoek & Bray, 1974).

Con los resultados obtenidos de cada proyección de los macizos se lo corroboró con la aplicación del software Dips 5.0 permitiendo el análisis cinemático, sigue las mismas técnicas estereográficas manuales realizadas, pero con los datos ingenieriles y estructuras rocosas levantadas "in – situ", permitieron verificar la visualización de fallas, planos y familias de discontinuidades.

Para el análisis de la resistencia del macizo rocoso, se requirió obtener la resistencia de la matriz rocosa, aplicando el Criterio de Mohr – Coulomb a través del dato obtenido en laboratorio de la resistencia uniaxial o comprensión simple. Para el análisis de la resistencia al corte de los planos de discontinuidad, se empleó el Criterio de Barton & Choubey, este valor se lo obtuvo calculando los valores como **JRC** que es el coeficiente de rugosidad de la discontinuidad; y **JCS** es la resistencia a la compresión de las paredes de la discontinuidad, a través del Martillo Schmidt.

Para contrarrestar estos efectos se aplicó el modelo de Bandis (Bandis Lumsden & Barton, 1981), que estableció las siguientes relaciones para obtener los parámetros en juntas de longitud real $L_n (L_o = 10 \text{ cm})$.

Los datos como el ángulo de fricción residual se pueden encontrar alterados lo que significa que disminuye el ángulo de fricción básico del material. Es por ello que se empleó la formula basada en los criterios de Barton & Choubey (1977) que se describió al inicio del marco teórico. Estos dos autores sugieren que el ángulo de fricción residual (ϕ_r), se lo obtenga por la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 17. } \phi_r = (\phi_b - 20^\circ) + 20 \frac{r}{R}$$

En donde:

- R = valor del rebote del martillo Schmidt, sobre la superficie del material sano y seco;
- r = valor del rebote del martillo sobre la superficie de la pared de la familia de discontinuidades en estado natural (húmedo o seco);
- ϕ_b = es el ángulo de resistencia básico de la roca y se lo obtiene por tablas bibliográficas como se mostró en la página 28, (**Tabla 19**. Valores típicos de cohesión y ángulo de fricción para roca sana).

5.2.8. Ensayos y resultados

Los ensayos “*in – situ*” y laboratorio determinaron el comportamiento físico - mecánico de los materiales rocosos; los cuales fueron determinadas en los Laboratorios de Química y Mecánica de Rocas de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, de la Facultad de la Energía las Industrias, y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

5.2.8.1. Ensayos en “*in – situ*”

➤ Esclerómetro o martillo Schmidt:

Este ensayo permitió estimar de forma aproximada la resistencia a compresión simple mediante la sencilla correlación, siendo aplicable fundamentalmente a la matriz rocosa, y a las discontinuidades.

El esclerómetro conste en un pequeño aparato metálico de geometría cilíndrica que dispone de un vástago en su interior y de un punta retráctil, la cual, al ser disparada contra la roca hace que el vástago se dispare.

Primeramente se limpia la zona a ensayar, que debe estar libre de fisuras o grietas, eliminando la pátina de roca meteorizada, para luego aplicar el martillo de forma perpendicular al plano de ensayo presionando hasta que salte el vástago. En función de la resistencia de la roca, el vástago sufre mayor o menor rebote, en donde se obtiene el valor.

Se realizaron 10 percusiones con el martillo, eliminando los 5 valores mas bajos y se tomo el valor promedio de los restantes; los valores obtenidos de los rebotes se correlacionaron mediante el abaco con la resistencia a compresión simple, en función de la densidad de la roca y de la inclinacion del martillo y del plano ensayado.



➤ **Sondeo Eléctrico Vertical (SEV):**

El Sondeo Eléctrico Vertical fue una herramienta ampliamente útil por su sencillez en esta investigación. El objetivo de este procedimiento fue delimitar capas del subsuelo obteniendo sus espesores y resistividades; y finalmente tratar de identificar el tipo de roca de acuerdo con su resistividad.

El método consistió en inducir corriente continua al terreno mediante los electrodos emisores A y B formando un campo eléctrico cuyas señales son recepcionadas y medidas por los electrodos receptores M y N obteniendo de esta manera el potencial inducido y la resistividad de las capas atravesadas.

La disposición de electrodos fue mediante la configuración de Schlumberger, en la cuál a mayor separación de electrodos A – B es también mayor la profundidad de la zona ensayada.

5.2.8.2. Ensayos de laboratorio

➤ **Ensayo para determinar pesos y densidades específicas:**

La densidad corresponde a la relación entre la masa y el volumen de la sustancia, midiéndose en unidades de masa/unidades de volumen. En cambio el peso específico es la relación numérica entre el peso de un cuerpo y el peso de igual volumen de agua a 4° C, esto es la relación entre las densidades del cuerpo y la del agua. Esta propiedad es adimensional ya que es la relación entre dos cantidades con la misma dimensión. Dado que el valor de volumen del agua varía con la temperatura, se tomó con referencia de la densidad del agua a 4°C.

Para este ensayo se aplicó el método del picnómetro, para cada muestra se efectuaron tres ensayos para obtener un valor exacto del peso y/o densidad específica; y el resultado final fue la media aritmética de los tres valores obtenidos.

➤ **Ensayo para determinar el contenido de humedad:**

El contenido de agua del material se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o "agua libre", en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material. Este ensayo se lo realizó a través del método de absorción.

➤ **Ensayo para determinar la porosidad y peso volumétrico:**

La porosidad de las muestras de roca vienen siendo el volumen de espacios abiertos que contiene relativo a su volumen total. Los poros son pequeños espacios abiertos existentes en los materiales rellenos por soluciones acuosas y/o gaseosas. Los poros



podieron estar abiertos o cerrados; y ser grandes o pequeños. El tamaño de poros medio y el grado de intercomunicación entre los poros determina el tipo y grado de movimiento de soluciones líquidas y gaseosas por el interior de las muestras.

Para el cálculo de la porosidad y el peso volumétrico de las rocas se requirió que las muestras no sean terrosas, es decir, que tengan una consistencia dura para la aplicación del método de absorción.

➤ **Ensayo para determinar la resistencia de la roca:**

El ensayo uniaxial o de compresión simple se lo realizó utilizando una prensa de marca CONTROLS, Modelo C52C04, Serial 13001947, con una capacidad 3000 KN y con un Voltaje de 110. En el cual se adaptó muestras cúbicas de 5 x 5 x 5 cm de roca, al que se aplicó gradualmente una fuerza uniaxial hasta que se produzca su rotura, las deformaciones uniaxiales que se van produciendo en la muestra.

Durante cada ensayo se observó las curvas esfuerzo – deformación axial de la muestra, demostrando el máximo esfuerzo que soportó la roca sometida a compresión uniaxial, determinada sobre la muestra cúbica sin confinar en el laboratorio.

5.2.9. Metodología utilizada para Medidas Técnicas

Con los datos obtenidos de los análisis anteriores, se procedió a formular posibles medidas técnicas de prevención, corrección y control para evitar los problemas geológicos y de infraestructura críticos que se han presentado a lo largo del tramo II: Sector La Cofradía.

- Mapas de zonas críticas a lo largo del tramo II,
- Inventario de los eventos más frecuentes,
- Posibles medidas técnicas de estabilización y de protección,
- Capacitación técnica al personal de Junta de Riego, GAB parroquial y la comunidad Sanpedrense.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción General del área de estudio

6.1.1. Historia General

Hay algunas versiones sobre el nombre de San Pedro de Vilcabamba, considerando la versión que los conquistadores cuando fundaban las poblaciones dedicaban como advocación a algún santo, a la Virgen o a Dios, así dedicaron a San Pedro y para diferenciar de otras comunidades con el mismo nombre le agregaron "de Vilcabamba"

Este territorio fue propiedad de don Fernando de la Vega, y en el año de 1756, el abogado de la Real Audiencia de Quito Corregidor y de justicia General Joseph Gabriel de Piedrahita en su sentencia daba que las tierras de "Uchima, Amala y Cararango" sea para los indios que se encontraban ocupándolas, esto es lo que actualmente se conoce como San Pedro de Vilcabamba.

San Pedro de Vilcabamba fue elevada a la categoría de Parroquia un 5 de agosto de 1987, mediante Acuerdo Ministerial emitido en Quito y el 19 de agosto de 1987 finalmente fue publicado por medio del Registro Oficial Nro. 752, a su vez se subdivide en nueve barrios como son: Central, El Panecillo, El Dorado, Sacapo, Chaupi, Uchima, Amala, Cararango, y Quesera. (Cosme, Narvaez , & Sanchez, 2010)



Fotografía 12. Procesión del santo patrono "San Pedro", centro de la parroquia. **Fuente.** Segundo Erazo, 1990.



6.1.2. Generalidades

Conforme se cita en el Registro Oficial de 1998 los límites de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba se definen:

➤ **Al Norte, con la afluencia:**

Del río Malacatos y el río Palanda, con una alineación al Sur – Este hasta alcanzar la cumbre del cerro Uchima, presentando un ramal orográfico que separa las cuencas de los ríos Malacatos al norte de Vilcabamba; al sur que pasa por los cerros Minas (1985 m s.n.m) con el filo de la Congoya (1749 m s.n.m), Tucu – Tucu (1786 m s.n.m). Además, el cerro Cararango, continua la división de aguas que separa las cuencas de los ríos Malacatos y Campana hacia el norte y Uchima (Colanuma) al sur que pasa por el cruce de la acequia que bordea el cerro Cararango vía Vilcabamba – Loja, aproximadamente 5 km. De la cabecera parroquial de Malacatos con 2 km de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, así como las lomas de Ullaguanga (1872 m s.n.m), Cangas (2115 m s.n.m), Villano (2311 m s.n.m), Dudal (2365 m s.n.m). El vértice Geodésico Zambaloma (3332 m s.n.m) se encuentra ubicado en el mismo cerro hasta la unión orográfica con la Cordillera de los Andes donde se encuentra el Vértice Geodésico Paco (3857 m s.n.m).

➤ **Al Sur, desde la cumbre:**

Del cerro Solomaco (3692 m s.n.m), el divisorio de aguas de las quebradas Banderillas y Solomaco, conocido como el filo de Yamburara que pasa por el cerro S/N (3042 m s.n.m); continuando por el ramal orográfico que pasa por el cerro Díctamo (2645 m s.n.m) y nacientes de las quebradas Uruchi y Sunungu hasta alcanzar la cumbre del cerro Laguarango (1885 m s.n.m) de este cerro una alineación hasta la confluencia de los ríos Chamba y Uchima, formadores del río Vilcabamba aguas abajo hasta su afluencia con el río Solanda.

➤ **Al Este, desde:**

El vértice Geodésico Paco (3857 m s.n.m), la línea de cumbre de la Cordillera de los Andes que pasa por los cerros S/N (3597 m s.n.m) y S/N (3601 m s.n.m) y el vértice geodésico (3693 m s.n.m) hasta alcanzar la cumbre del cerro Solomaco (3692 m s.n.m);

➤ **Al Oeste, con la afluencia:**

Del río Vilcabamba en el río Solanda y en el trascurso aguas abajo hasta la afluencia del río Malacatos.

6.1.3. Acceso

Desde la ciudad de Quito se puede acceder por vía aérea y terrestre. Por la vía terrestre existen tres rutas, la primera por la vía hacia la Costa, la segunda por la vía hacia el Oriente y la tercera por la vía hacia la Sierra; por la cual se toma la carretera de primer orden denominada Panamericana o Troncal de la Sierra E35, aproximadamente 698 kilómetros pasando las ciudades de Ambato, Riobamba y Cuenca, hacia la avenida Manuel Carrión Pinzano E682 de la ciudad de Loja, con un tiempo máximo de 11 horas 30 minutos.

Una vez en la ciudad de la ciudad de Loja, se puede acceder por la carretera de primer orden Loja – Vilcabamba E682 con una distancia aproximada de 36,4 kilómetros pasando los centros poblados de Tres Leguas, Landagui, Malacatos y Taxiche hacia la parroquia de San Pedro de Vilcabamba, con un tiempo máximo de 50 minutos.

En la parroquia se toma el lado izquierdo con dirección al barrio Sacapo por una vía de segundo orden para dirigirse al sector "Las Truchas de Sacapo" que corresponde a una vía de tercer orden, aproximadamente 4 km; desde este sector se desplaza por un camino de herradura, exactamente se camina 1.5 km hasta arribar a la implantamiento del tramo II: sector La Cofradía que cubre la zona de estudio.



Figura 7. Accesos a la zona de implantamiento del tramo II, 2km. Fuente. Google Earth, modificado por la autora, 2019.

6.1.4. Ubicación Administrativa

De acuerdo con la división política-administrativa, el presente proyecto se encuentra en

ubicado al Sur – Oriente de la provincia de Loja, cantón y ciudad del mismo nombre, en la parroquia rural San Pedro de Vilcabamba, barrio Sacapo sector La Cofradía.

6.1.5. Localización Geográfica.

La zona de estudio se encuentra localizada en el cerro La Cofradía de la parroquia San Pedro de Vilcabamba; en las coordenadas geográficas 4°13'33.2" Latitud Sur y 79°12'05.4" Longitud Oeste. (Ver Anexo. 4.9. Mapa de localización geográfica de la parroquia San Pedro de Vilcabamba y el tramo II: Sector La Cofradía, escala 1: 60 000.)

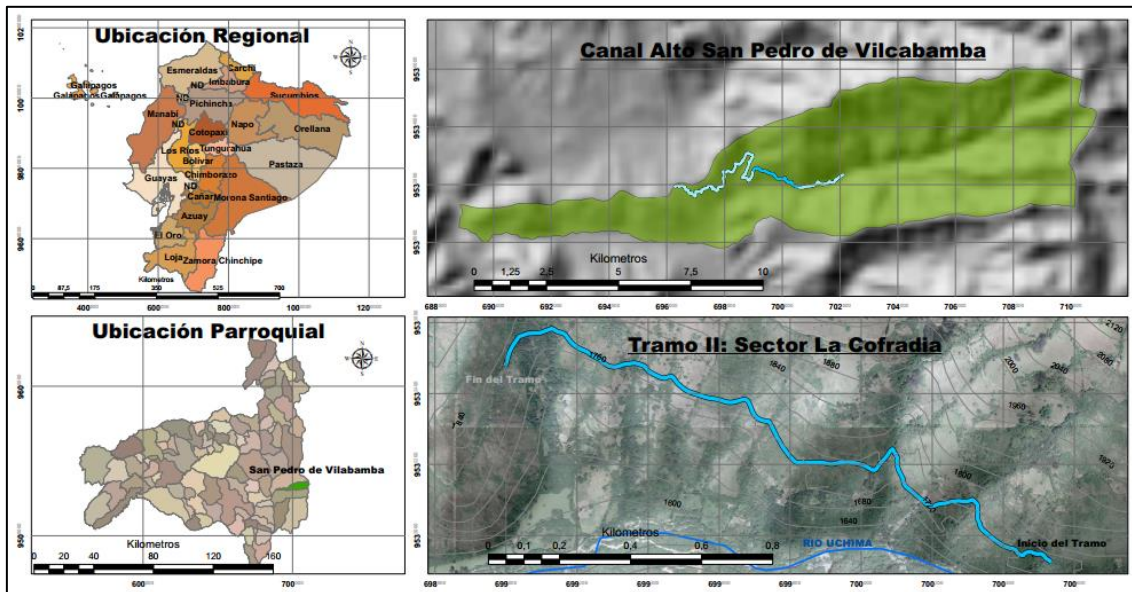


Figura 8. Localización geográfica de San Pedro de Vilcabamba y el Tramo II.
Fuente. La Autora, 2019.

6.1.6. Topografía

La parroquia San Pedro de Vilcabamba, presenta una topografía y conforma parte de la estribación de la Cordillera Oriental de los Andes. De acuerdo con (Mosquera Romo, 2019) menciona que la parroquia se despliega tres tipos de zonas topográficas como:

➤ **La primera zona, constituye:**

La parte más alta de la parroquia con elevaciones de 3670 m s.n.m en el cerro Solomaco y 3655 m s.n.m en el cerro El Toronche, elevaciones que pertenecen al parque nacional Podocarpus y en donde nace el principal curso hídrico de la parroquia denominado Río Uchima. Esta zona se caracteriza por presencia de fuertes pendientes, grandes escarpes al margen del río y presencia de cauces hídricos con grandes saltos de altura.



Fotografía 13. Zona Montañosa, con elevaciones 3670 m s.n.m. **Fuente.** La Autora, 2019.

➤ **La segunda zona, constituye:**

La parte media alta del territorio parroquial, presenta elevaciones con alturas entre los 1800 y 2600 m s.n.m, definida por un relieve montañoso. Actualmente esta zona es accesible para los vehículos por las aperturas de vías de tierra que se han realizado en los últimos años.



Fotografía 14. Zona media, con elevaciones de 1885 m s.n.m. **Fuente.** La Autora, 2019.

Esta zona se caracteriza por la presencia de pendientes medias, aunque en algunos sectores aún se encuentran fuertes pendientes, además en ciertas fracciones podemos encontrar pequeñas planicies producto de deslizamientos antiguos.

Ejemplos característicos de esta zona son las elevaciones que rodean al centro urbano como la loma Ullaguanga con 1872 m s.n.m, loma Laguarango con 1885 m s.n.m, loma Alizal con 2200 m s.n.m, la loma El Trigal con 2400 m s.n.m.

➤ **La tercera zona, constituye:**

La parte baja del valle, se caracteriza por la presencia de pendientes leves, y grandes extensiones planas, esta zona se extiende hacia el oeste de la parroquia con dirección a Vilcabamba donde el valle se acentúa más. Predominantemente la zona está destinada a la agricultura principalmente de caña de azúcar, y otros cultivos de ciclo corto. Esta zona puede ser evidenciada en el barrio el Chaupi y la parte baja del barrio Amala y sobre todo en el Río Uchima el cual tiene la altura más baja con 1560 m s.n.m.



Fotografía 15. Zona baja del valle, 1560 m s.n.m. **Fuente.** Junta Parroquial, 2017.

De forma general el territorio está delimitado por los filos de montaña que descienden desde la Cordillera Real, el filo de Yamburara. Demarca la parroquia por el sur del territorio y por el norte la parroquia está delimitada por el filo Campana, quedando en medio de estas formaciones todo el territorio parroquial, mientras que en la parte suroeste el centro urbano irónicamente se encuentra asentado en una zona irregular con presencia de planicies, pero también de laderas con cierta pendiente.

6.1.7. Geología Regional

La zona de estudio se ubica al sur-orientado de la ciudad de Loja, y emplazada dentro de la Cuenca de Malacatos-Vilcabamba, relacionada con la cuenca de Loja y Zumba; dentro de la cuenca de Malacatos-Vilcabamba, y al Este de la misma se encuentra la parroquia San Pedro de Vilcabamba.

Tabla23. Síntesis litoestratigráficas de la cuenca Malacatos – Vilcabamba.

Edad		Kennerley (1973)	Kennerley & Almeida (1975)	Hungerbuhler (1997)	Corrochano (2014)
Relleno Sedimentario	Ta	Cerro Mandango	Quillollaco	Cerro Mandango	Cerro Mandango San Francisco
	Mioceno	Cabalera	San Cayetano	Santo Domingo	Santo Domingo
		M	Algarrobilllo	Trigal	San José
	Te	Loma Blanca	Loma Blanca	Quinara	Quinara
	Basamento	Oligoceno Eoceno	Loma Blanca	Loma Blanca	Loma Blanca
Paleoceno					
Cretácico					
Pre-Cretácico		Zamora	Zamora	Tres Lagunas Chigüinda	Tres Lagunas Chigüinda

Fuente. INIGEMN, 2015.

(Solis Alulima, Sedimentología y Estratigrafía del norte de la Cuenca Malacatos - Vilcabamba. Mioceno, provincia de Loja - Sur del Ecuador., 2015), menciona que la geología de la Cuenca Malacatos – Vilcabamba ha sido estudiada por un sin número de autores por ende ha evolucionado en función del tiempo por cada autor, según Kennerly (1973), realizó uno de los primeros estudios de geología a detalle para la provincia de Loja, definiendo las Formaciones: Algarrobilllo, Cabalera y Cerro Mandango para el relleno sedimentario la Serie Zamora para el basamento metamórfico; y Loma Blanca.

Según Almeida (1975), dentro del programa de Cartografía Geológica, establecieron que las formaciones situadas dentro de la cuenca de Loja y Malacatos – Vilcabamba están correlacionadas entre sí, evidenciándolo en las Hojas Geológicas 1:50.000 de Gonzanamá y Loja; donde se establece que los depósitos de la era Terciario Superior están bien preservados en estas dos cuencas, que son depresiones falladas que se hallan casi enteramente dentro del terreno metamórfico de la serie Zamora.

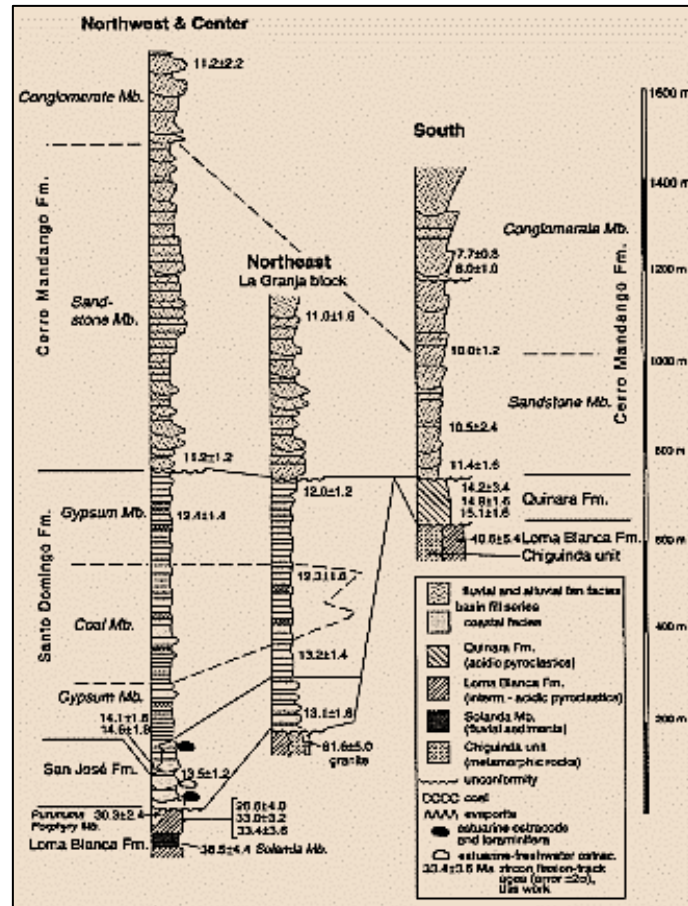


Figura 9. Columna estratigráfica de la cuenca de Malacatos-Vilcabamba.
Fuente: (Hungerbuhler D. , 1997)

➤ **Unidad Chigüinda:**

Según (Litherland y otros, 1994) definen a la Unidad Chigüinda como parte del terreno metamórfico Loja, en la Cordillera Real, que se caracteriza por la asociación de meta sedimentos pelíticos de edad paleozoica y el granitoide tipo S de edad triásica Tres Lagunas. La unidad Chigüinda se caracteriza principalmente por rocas metamórficas de grado bajo a medio, desde filitas y cuarcita hasta esquisto, el protolito es pelítico.

Las filitas de color negro a gris oscuro, con una textura lepidoblástica y estructura foliada. Se caracterizan principalmente por sericita y grafito en cantidades menores, materiales arcillosos aciculares y cristales pequeños de cuarzo generalmente recrystalizado, estas rocas se asocian a un metamorfismo regional.

➤ **Formación Quinara:**

Según (Kennerley, Geology of Loja Province, southern Ecuador, 1973), la defino en ese año, luego (Kennerley & Almeida, Mapa geologico del Ecuador, hoja de Loja (56), escala



1:100 000., 1975), la incluyen en la Formación Loma Blanca. Correlacionada con la parte joven de la Formación Saraguro por (Hungerbuhler D. , 1997), toma el verdadero nombre de la población de Quinara por estar ubicada al Sur de Vilcabamba.

Esta formación está distribuida al suroeste de la cuenca Malacatos – Vilcabamba, entre Tumianuma y Quinara. Siendo expuesta al sur de Vilcabamba a lo largo de la vía a Masanamaca y entre el Cerro Collana y la Loma Yamalacapo. Conformada por rocas piroclásticas ácidas de color amarillo lancuzco, con clastos volcánicos de composición intermedia. Siendo parte del basamento ígneo de la cuenca Malacatos – Vilcabamba. con respecto a las Unidades Chinguinda y Tres Leguas tiene contacto discordante y subyace discordantemente a la Formación Cerro Mandango.

➤ **Formación San José:**

Constituye la secuencia basal del relleno sedimentario de la cuenca Malacatos – Vilcabamba. Kennerley (1973) la denominó Formación Algarrobillo. Según Kennerley & Almeida (1975) la relacionó con la cuenca de Loja renombrándola como Formación Trigal, pero finalmente, Hungerbü (1997) le da el nombre actual de Formación San José que equivale a la parte baja de la antes conocida como Formación Algarrobillo. Esta distribuida en dos bloques, Noroccidental y La Granja.

En el bloque La Granja, esta compuesta por afloramientos dispersos; en la parte baja de la formación con intercalaciones de arcillas, limolitas, grawacas feldespáticas y brechas volcánicas con matriz litarenítica. La parte media con intercalaciones de areniscas y conglomerados de espesores métricos. En el bloque Noroccidental, esta compuesta por afloramientos que en la base incluyen lutitas, conglomerados masivos con clastos volcánicos, areniscas y estratos de limos con nódulos calcáreos. En la parte media se tiene secuencias de lutitas con abundantes vetas de yeso fibrosa secundaria y restos vegetales y raíces.

➤ **Formación Santo Domingo:**

Constituye la secuencia media baja del relleno sedimentario de la cuenca Malacatos – Vilcabamba. La presente formación está conformada por la secuencia de lutitas "Chocolate" que alteran cíclicamente con limos blanquecinos y estratos de areniscas de grano fino a grueso, con restos de vegetales y raíces. Los estratos no superan el metro de espesor a diferencia y sobresale la pátina de azufre, de color amarillenta en la parte Nor-este de la parroquia San Pedro de Vilcabamba hasta el sur de la parroquia Vilcabamba.



➤ **Formación San Francisco:**

Constituye la secuencia media – alta del relleno sedimentario de la cuenca Malacatos – Vilcabamba en donde Kennerley (1973) la denominó Formación Cerro Mandango y después según Kennerley & Almeida (1975) la relacionan con la cuenca de Loja renombrándola como Formación Quillollaco, mientras Hungerbühler (1997) la incluyó dentro de la Formación Cerro Mandango como el miembro Arenisca.

Presenta a la base secuencias grano y estratocrecientes de alteraciones de areniscas y limos de color marrón a gris – azulado, que a techo presenta intercalaciones canaliformes de areniscas y conglomerados con bases erosivas. Esta formación presenta un contacto fallado respecto a la Unidad Tres Leguas. Respecto a la subyacente Santo Domingo tiene contacto fallado y se infiere contacto concordante en varias zonas.

➤ **Formación Cerro Mandango:**

Conforma la secuencia alta del relleno sedimentario de la cuenca Malacatos – Vilcabamba. (Kennerley, Geology of Loja Province, southern Ecuador, 1973), la denominó Formación Cerro Mandango, después con Almeida en 1975 la relaciona con la cuenca de Loja renombrándola Formación Quillollaco, (Hungerbühler, 1997) retoma el nombre y planteando como Formación San Francisco al miembro Arenisca y dejando al miembro Conglomerado como Formación Cerro Mandango.

Esta Formación se caracteriza por el predominio de ortoconglomerados masivos y pobremente clasificados, con poca presencia de areniscas y lutitas formando una secuencia granocreciente, con clastos de origen metamórfico de tamaño variado, suelen ser de subangulosos a subredondeados. Las areniscas son de grano grueso y suelen presentar estratificación horizontal; entre los dos miembros de esta formación tiene un contacto concordante.

6.1.8. Geología Local

Para cubrir este objetivo se realizó el levantamiento geológico de la zona de estudio, lo que permitió evaluar la litología local, su geometría y orientación espacial a partir de la descripción de 12 afloramientos detallados; aplicando la ficha para la caracterización de afloramientos, que permitió analizar y corroborar gran parte de la secuencia litoestratigráfica de la zona.



A lo largo del perfil geológico practicado, se hizo énfasis en la descripción visual del tipo de roca, composición, minerales asociados, meteorización, color, tamaño de grano, espesores y contactos litológicos. De la evaluación se corroboró la presencia de rocas metamórficas como esquistos, cuarcitas y filitas asociados, expuestos en dirección NE y SE perteneciente a la Formación Chigüinda que conforma la parte basal de la Cuenca Vilcabamba.

Pero la secuencia continúa con las rocas sedimentarias pertenecientes a la edad terciaria del Mioceno Superior las cuales se exponen en dirección Norte, NO y SE de la parroquia perteneciente a de las Formaciones Santo Domingo y Cerro Mandango, constituidas por: areniscas, lutitas, arcillas, limolitas, microconglomerado y conglomerado de matriz areno arcillosa.

Finalmente, se evidencio depósitos cuaternarios que constituyen los depósitos coluviales en la parte Este; y hacia el Sur-Oste depósitos aluviales sobre la margen del río Uchima y Solanda.

6.1.8.1. Unidad Chigüinda

La Unidad Chigüinda aflora hacia la parte Este de la parroquia, en donde se evidenciaron afloramientos naturales y artificiales a lo largo del barrio Sacapo, además en los sectores la Quesera, Culebrillas, cerro Chalaca y hacia al otro lado de la ribera del río Uchima. Esta unidad está conformado por rocas metamórficas que constituyen el basamento principal del Tramo II: Sector La Cofradía.

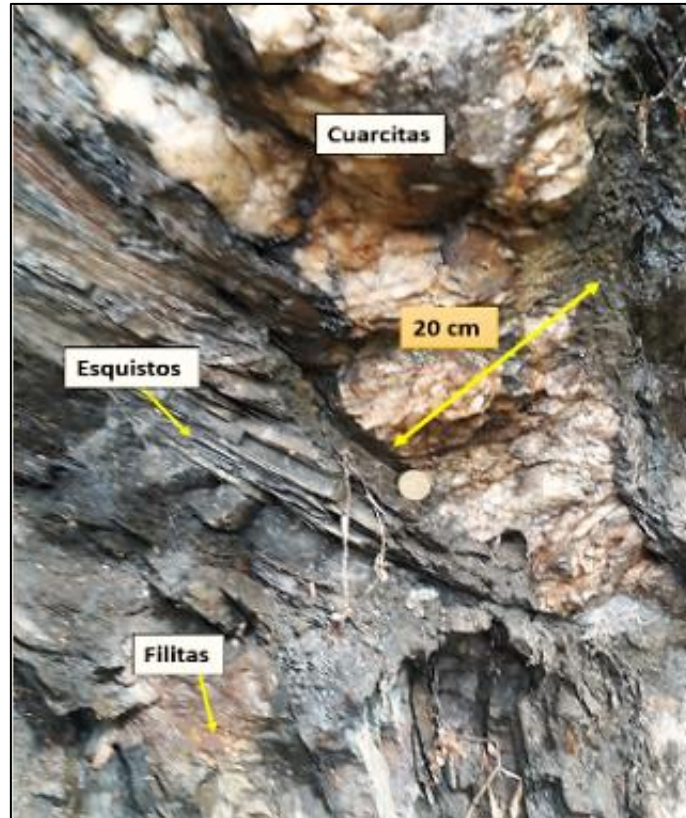
En el punto de coordenadas UTM (WGS84) zona 17 Sur: X: 697796; Y: 9331451 del barrio Sacapo se observa en la siguiente Fotografía 16, un afloramiento artificial de 15 m donde claramente existe un contacto litológico entre la Unidad Chigüinda y la Formación Cerro Mandango; sobresaliendo su fuerte pendiente con inclinación favorable hacia la vía, con un rumbo N39°E, este afloramiento de aproximadamente se caracterizó por la presencia de esquistos, las cuales tenían intercalaciones de filitas y cuarcitas; con una dirección de buzamiento de 65° NE; además el afloramiento presentaba un alto grado de fracturación y meteorización.



Fotografía 16. Contacto Litológico (Unidad Chigüinda y F. Cerro Mandango), Barrio Sacapo.
Fuente. La Autora, 2019.

Dentro del complejo metamórfico de la Unidad Chigüinda afloran capas de filitas con espesores aproximados que varían entre 2 a 3 cm. Así mismo sobresalen los esquistos, de tonalidades gris oscuro, de grano muy fino con un brillo satinado y de textura esquistosa, además de pequeñas intercalaciones de cuarcitas.

Sobre el punto de coordenadas UTM (WGS84) zona 17 Sur: X= 700095; Y= 9532041, perteneciente al sector La Cofradía (**Fotografía 17**), se evidenció un afloramiento natural de roca con una altura de 10 m, el cual presenta filitas y esquistos. Dentro de este afloramiento sobresalen intercalaciones de cuarcitas con espesores aproximados de 20 cm; el afloramiento global tiene un azimut de 79°, con una dirección de buzamiento de 57°NE. Además todo el afloramiento se caracteriza por una meteorización alta producto de los factores intrínsecos que lo han modifican.



Fotografía 17. Unidad Chigüinda (Cuarcitas).
Fuente. La Autora, 2019.

6.1.8.2. Formación Santo Domingo

Esta formación se encuentra asentada en dirección NE y SE hacia el centro poblado de la parroquia y a los barrios de Cararango y Amala. Evidenciando capas delgadas de limos con tonalidades blanquecinas con intercalaciones de lutitas y areniscas con una granulometría de fino a grueso.

En el siguiente punto de coordenadas UTM (WGS84) zona 17 Sur: X= 696238; Y= 9531915, de la vía principal San Pedro – Loja, en el flanco izquierdo que conduce hacia el barrio Cararango, se evidenció un afloramiento de 3 m aproximadamente, con presencia de rocas sedimentarias tipo lutitas de color café oscuro, su grano muy fino, compuesta por partículas de la arcilla (illita, caolinita y/o montmorillonita) y de limo. **(Fotografía 18)**



Fotografía 18. Formación Santo Domingo (Lutitas).
Fuente. La Autora, 2019.

Dentro de esta zona se puede identificar que el tipo de arcillas presentan características expansivas, tipo "montmorillonita" cuyo grado de expansividad, depende de la humedad a la que fue sometida, por lo que al ganar humedad, tienden a hincharse según el grado de expansividad y al quedarse sin humedad, justo lo contrario; el volumen disminuyó, produciendo fisuras en el suelo, esta anomalía se denomina grietas de desecación.



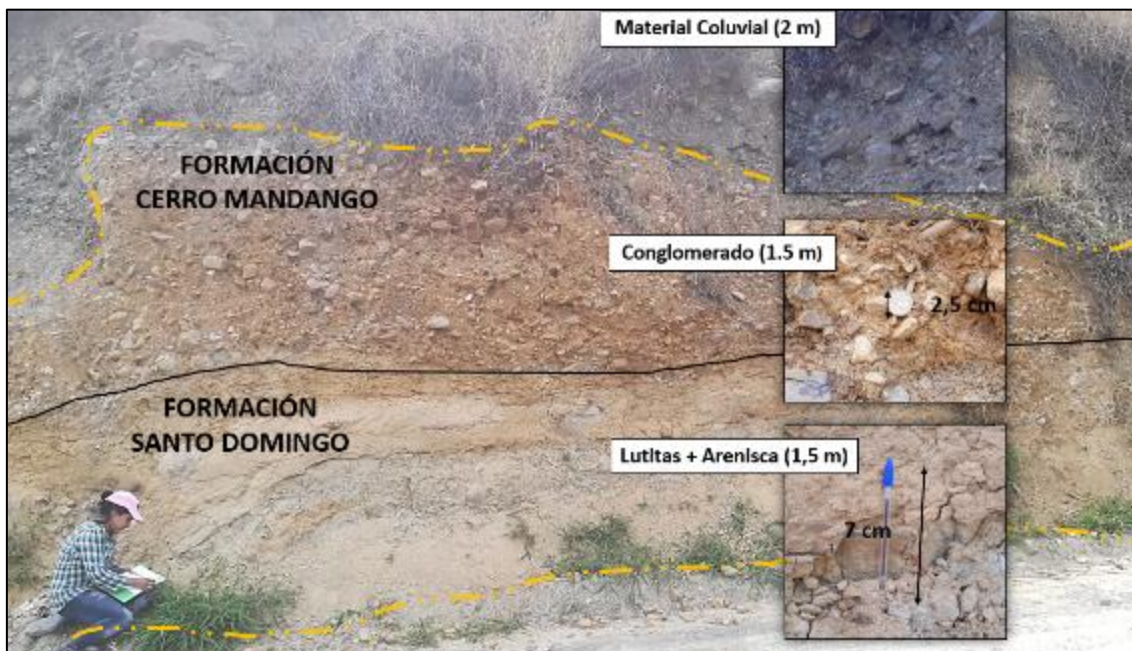
Fotografía 19. Formación Santo Domingo, grietas de desecación en el Barrio Cararango.
Fuente. La Autora, 2019.

Finalmente las grietas de desecación vienen sobre el límite de fisura, generando patrones de fisuración; y, un sin número de problemas constantes como: movimientos lentos, presión lateral de los suelos y fallas en las estructuras específicamente en el cajas de revisión del canal, debido a las deformaciones diferenciales en el que es sometido el suelo.



Fotografía 20. Infraestructura dañada por las arcillas expansivas. **Fuente.** La Autora, 2019.

Sobre el punto de coordenadas UTM (WGS84) zona 17 Sur: X= 696353; Y= 9531446, del barrio Cararango sector Tucu - Tucu se evidencio un posible contacto litológico entre las formaciones Santo Domingo y Cerro Mandango; se puede notar la secuencia con la que se disponen los diferentes estratos de ambas formaciones. (**Fotografía 21**)



Fotografía 21. Formación Santo Domingo, barrió Cararango. **Fuente.** La Autora, 2019.

El afloramiento presenta una altura promedio de 5 m, representando en la parte superior una capa de 2 m de material coluvial con cantos angulosos de matriz limosa con una tonalidad gris y con material vegetal, la segunda capa presenta una potencia de 1.5 m de conglomerado con cantos subredondeados con diámetros desde 1 a 12 cm con una matriz arenosa de tonalidad amarillenta. En la parte inferior que corresponde a la tercera capa indefinida presenta lutitas de tonalidad marrón claro con intercalaciones de areniscas.

6.1.8.3. Formación Cerro Mandango

Concordando con lo descrito anteriormente de la geología regional, la Formación Cerro Mandango fue subdividida en dos miembros, planteándola con el Miembro Superior denominada Conglomerado y el Miembro Inferior denominado Arenisca. Estos miembros presentan una estratificación horizontal.

El primer miembro Superior aflora en el punto de coordenadas UTM (WGS84) zona 17 Sur: X= 697041; Y= 9530646, del barrio Amala a lo largo de la vía de segundo orden, en donde se puede evidenciar un afloramiento de 11 metros de altura compuestos por conglomerados, cuyos clastos son esquistos, cuarcitas y filitas, cementados en una matriz limo - arcilloso con una tonalidad crema y a veces anaranjado.

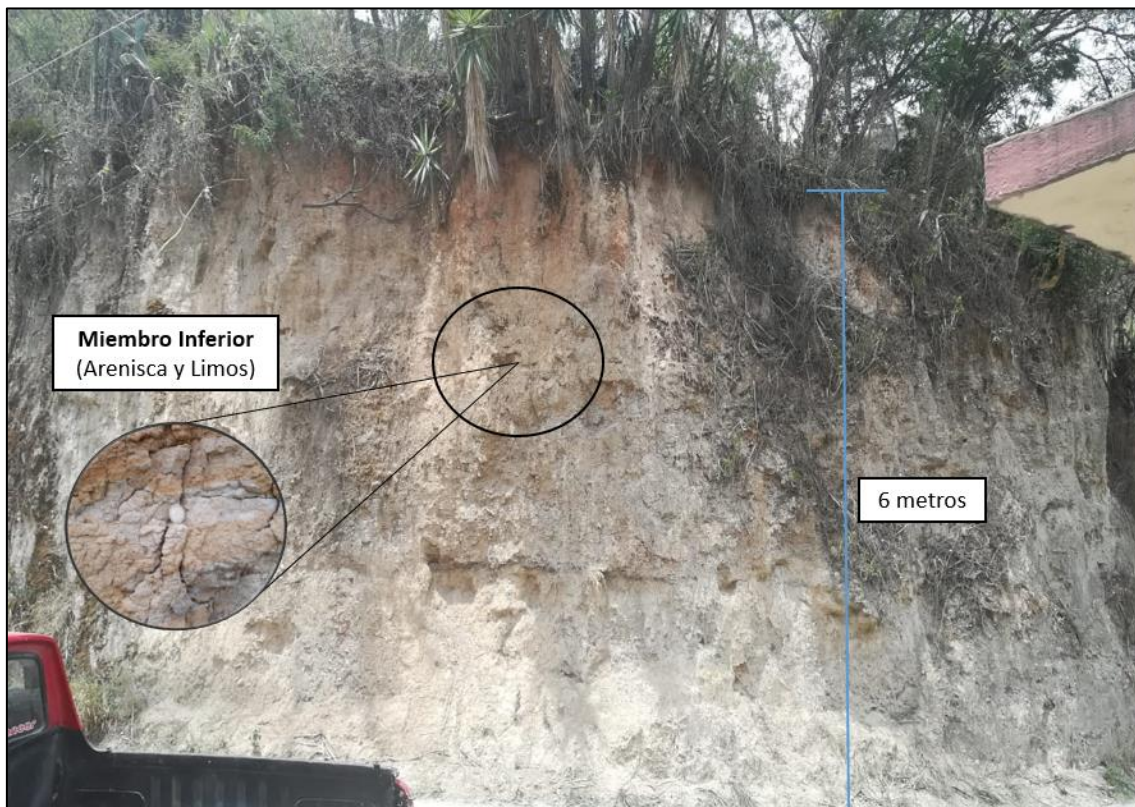
Sus clastos son de origen metamórfico, con un tamaño variado que oscilan entre 5 a 33 cm de diámetro, son angulares y en ocasiones subredondeados lo cual indica que fueron poco transportados. (**Fotografía 22**)



Fotografía 22. Miembro Superior de la F. Cerro Mandango. **Fuente.** La Autora, 2019.

El segundo miembro Inferior; es aquel que aflora en el siguiente punto de coordenadas UTM (WGS84) zona 17 Sur: X= 695582, Y= 9530282 en la parte opuesta al miembro superior, desde la parte Este de la parroquia, en donde está dispuesta la Unidad Chigüinda y el contacto con la Formación Santo Domingo.

Este miembro se caracteriza principalmente por la presencia de arenisca de grano medio a grueso de tonalidad marrón amarillento, al estar expuestas a lo largo de la vía se presenciaron procesos de meteorización y erosión en ciertas capas por la presencia de factores intrínsecos, pero se muestran con una estabilidad buena. (**Fotografía 23**)



Fotografía 23. Miembro Inferior de la F. Cerro Mandango. **Fuente.** La Autora, 2019.

6.1.8.4. Depósitos Aluviales

Dentro de las coordenadas UTM (WGS84) zona 17 Sur: X= 694823, Y= 9530184; del barrio El Chaupi se evidenció material aluvial con pocos limos y arenas finas conformados por cantos rodados con diámetros aproximados desde 0.5 a 60 cm, su origen es metamórfico, sin material cementante su depositación se da preferentemente en la dirección de flujo del río Solanda .



Fotografía 24. Riberas de los ríos Solanda. **Fuente.** La Autora, 2019.

6.1.9. Geomorfología

Geomorfológicamente el área de estudio presenta relieves en cotas que oscilan entre 1700 a 2200 m s.n.m. En la parte alta de la cuenca se presentan pendientes fuertemente inclinadas formando valles tipo "U" y valles en "V" y la presencia de zonas de escarpes que forman una importante red dendrítica de afluentes secos.

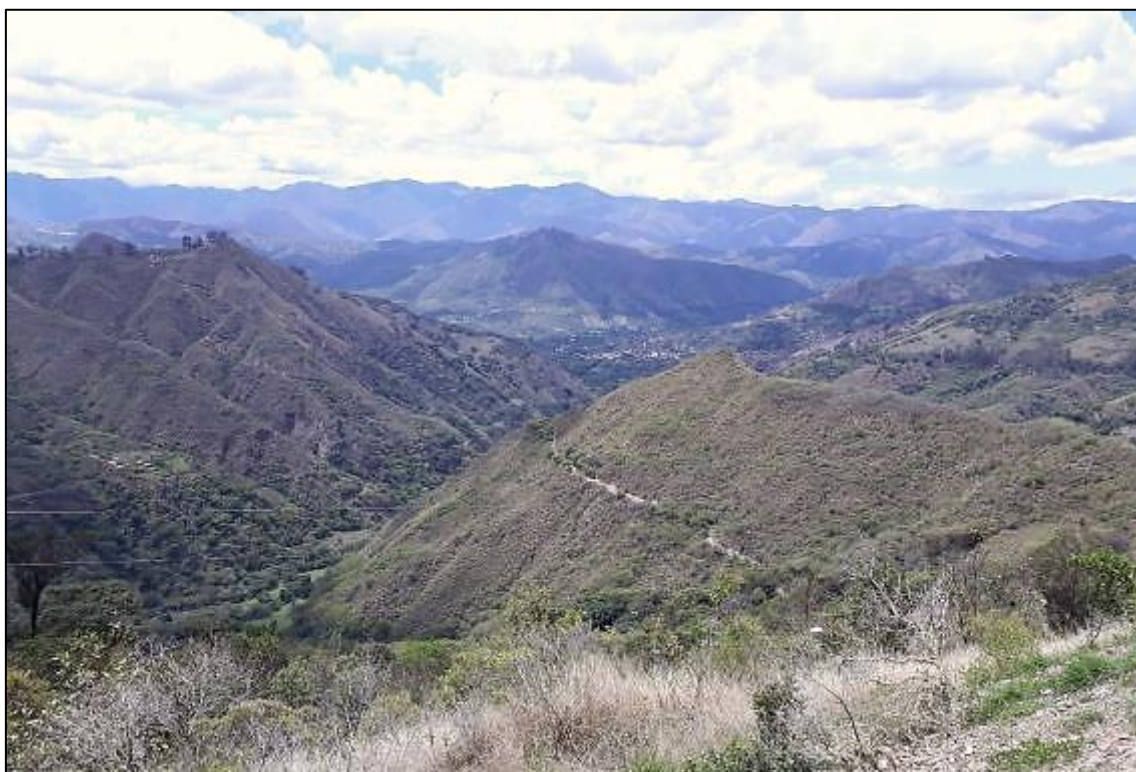
(Cevallos Quezada, 2017), estableció y clasificó geomorfológicamente la parroquia San Pedro de Vilcabamba exponiendo 12 tipos de geomorfologías, en la siguiente tabla se detalla la información de los siguientes ambientes:

Tabla 24. Clasificación geomorfológica de la parroquia San Pedro de Vilcabamba.

Geoforma	Morfometría	Génesis	Edad	(km ²)	(%)
Terraza baja	Ligeramente inclinada ligera a medianamente diseccionada	Deposicional	Mioceno-Plioceno	4.87	7.31
Terraza baja	Medianamente inclinada y diseccionada	Deposicional	Mioceno-Plioceno	4.41	6.61
Llanura aluvial	Ligeramente inclinada a medianamente diseccionada	Deposicional	Mioceno-Plioceno	1.70	2.56
Llanura aluvial	Medianamente inclinada y diseccionada	Deposicional	Mioceno-Plioceno	3.06	4.59
Superficie ondulada	Fuertemente inclinada medianamente diseccionada	Denudativo	Oligoceno	7.87	11.7
Relieve ondulado	Fuertemente inclinado medianamente diseccionado	Denudativo	Oligoceno	4.65	6.98
Relieve	Fuertemente inclinado	Denudativo	Oligoceno	9.46	14.1

escapado	medianamente diseccionado				
Colinas bajas	Fuertemente inclinadas medianamente diseccionadas	Tectónico Erosivo	Paleozoico	4.99	7.48
Colinas medianas	Fuertemente inclinadas medianamente diseccionadas	Tectónico Erosivo	Paleozoico	12.89	19.3
Colinas medianas	Abruptamente inclinadas ligera a medianamente diseccionadas	Tectónico Erosivo	Paleozoico	0.80	1.21
Relieve montañoso	Fuertemente inclinada medianamente diseccionado	Tectónico Erosivo	Paleozoico	10.73	16.0
Relieve montañoso	Abruptamente inclinado ligera a medianamente diseccionado	Tectónico Erosivo	Paleozoico	1.26	1.9

Fuente. (Cevallos Quezada, 2016).



Fotografía 25. Geomorfología valles tipo "U" y "V", Cerro La Cofradía. **Fuente.** La Autora, 2019.

6.1.10. Tectónica

En el sur de los Andes Ecuatorianos se localizan potentes secuencias sedimentarias miocenas alojadas dentro de pequeñas cuencas sedimentarias situadas a una altitud actual entre 1000 y 2500 m s.n.m. estas cuencas, que presentan una evolución a ambientes puramente continentales (cuencas intramontañosas), se extienden en las

áreas de Loja, Malacatos – Vilcabamba y Catamayo – Gonzanamá. Según los autores (Hungerbuhler, Steinmann, Helg, & Hammer, 2002), proponen la evolución de las cuencas en dos etapas:

- Un periodo extensional desde el Mioceno medio al superior (15-10 Ma), donde tuvo lugar una sedimentación continental y marina-marginal asociada con el desarrollo de dos extensas bahías marinas;
- Una etapa de compresión e inversión tectónica ocurrida en la Región Interandina al Sur del Ecuador, que bloquea la comunicación de las cuencas con el Océano Pacífico en el Mioceno superior (9-5 Ma), en la cual, la secuencia sedimentaria fue parcialmente levantada y deformada.

Durante esta última etapa se depositaron potentes sucesiones aluviales con abundantes intercalaciones de material piroclástico, que se acumularon en cuencas intramontañosas continentales, cuyos límites aproximadamente coinciden con los afloramientos actuales (Solis, Reyes, & Crochano, 2017).

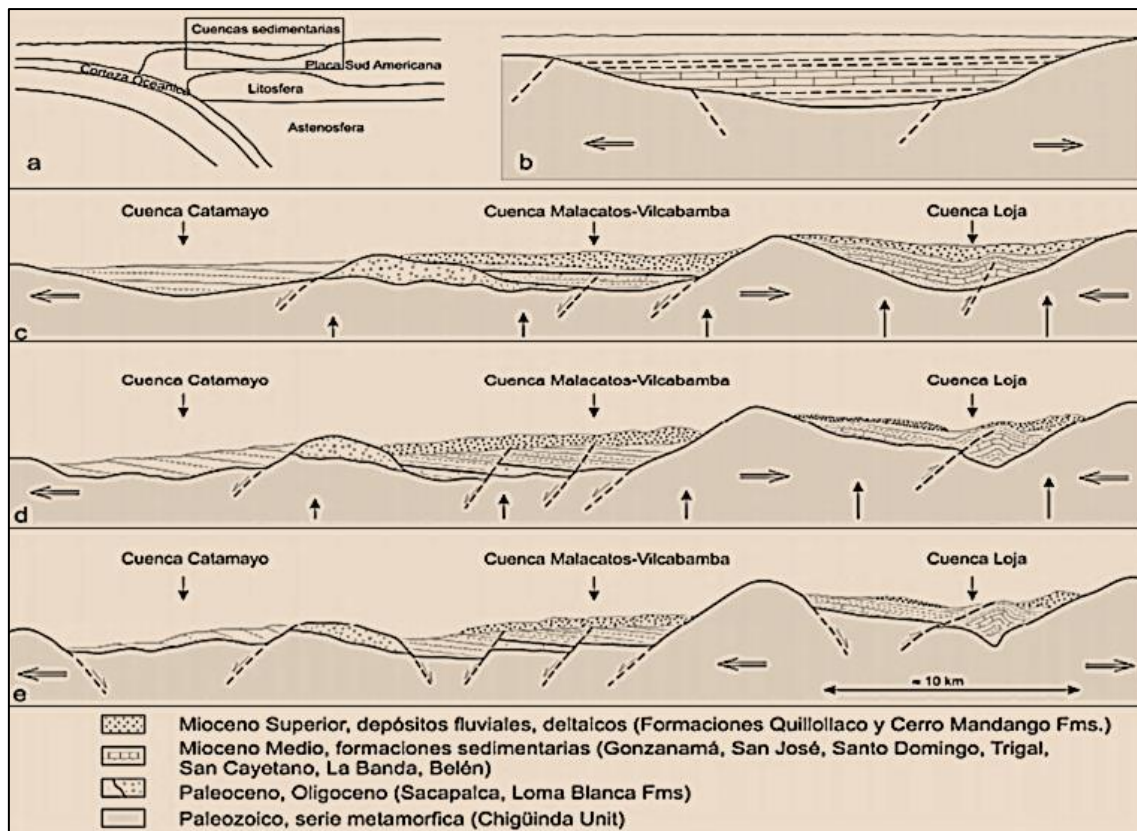


Figura 10. Evolución Tectono-sedimentaria de las cuencas Intramontañosas ecuatorianas.

Fuente. (Tamay , y otros, 2015).



En la Figura 10, se escribe en su literal (a) el debilitamiento de la corteza continental y formación de las cuencas intramontañosas; (b) adelgazamiento cortical de la corteza continental; (c) compresión y levantamiento regional y local; (d) levantamiento regional y compresión y extensión local; y por ultimo (e) presenta las deformaciones tardías y posición actual de las cuencas intramontañosas.

De acuerdo con (Tamay , y otros, 2015), la cuenca de Malacatos – Vilcabamba, contienen una serie de formaciones geológicas a partir del Mioceno Medio, que corresponden a la Formación Quinara, San José, y Santo Domingo, estas formaciones geológicas forman una discordancia angular contra la Formación Cerro Mandango.

6.1.11. Geología Estructural

La cuenca de Malacatos – Vilcabamba, tiene orientación Noroeste – Sureste, una longitud aproximada de 45 km de largo y de hasta 12 km de ancho; abarca el relleno sedimentario que cubre la depresión formada entre la cordillera Real.

Dentro de la parroquia San Pedro de Vilcabamba se emplazan varias fallas de distintas tipologías, algunas de gran extensión y otras más pequeñas. La constitución litológica del basamento metamórfico y relleno sedimentario han presentado las condiciones adecuadas para la presencia de algunas fallas de contacto. La principal de ellas atraviesa de Norte a Sur por todo el territorio parroquial y es la cual delimita las formaciones Chigüinda y Cerro Mandango. (**Ver Anexo 4.10.** Mapa Estructural de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, escala 1: 80 000).

Según (Mosquera Romo, 2019), la falla en realidad tiene inicio en la parroquia de Malacatos en el sector Chorrillos y se extiende a lo largo de todo el contacto metamórfico, atravesando San Pedro de Vilcabamba y continuando hasta la parroquia Vilcabamba finalizando a la altura del sector Gramalotes. Muy cercanas al centro urbano dentro de la geología sedimentaria se presentan tres fallas las cuales delimitan al contacto entre las formaciones Cerro Mandango y Santo Domingo. Estas fallas estructurales se evidencian en la vía Loja – San Pedro - Vilcabamba a la altura del sector conocido como el Portete el sitio se lo registro con las coordenadas UTM: X= 696453; Y= 9531960, y a la altura de la Escuela “9 de octubre” (X= 697315; Y= 9530805); en donde se puede observar en **Fotografía 26:** daños en la calzada asfáltica, en la infraestructura de las viviendas aledañas como el desplazamiento de las paredes, además fisuras y grietas.



Fotografía 26. Geología estructural vía Loja –San Pedro de Vilcabamba.

Fuente. La Autora, 2019.

Con la evidencia levantada, se la pudo confirmar a través del artículo científico escrito por (Zarate Torres, 2011) denominado "Monitoreo de movimientos de ladera en el sector de San Pedro de Vilcabamba mediante procedimientos GPS", explica que la velocidad del movimiento de la ladera de San Pedro es determinado a partir de la deformación efectiva en cada punto de monitoreo y el tiempo transcurrido desde la primera campaña realizada, obteniendo como resultados relevantes que tres puntos de control presentan un movimiento considerable, llegando a un máximo de 22.74 cm/mes, en las coordenadas UTM X: 696512 ; Y: 9531769, ubicación que pertenece al barrio Cararango, mientras que en el Sector conocido como Saladillo se presentaron velocidades de 18.89 y 15.6 cm/mes, valores que son preocupantes sobretodo en barrio Cararango al ser una zona poblada.

6.1.12. Clima e Hidrología

6.1.12.1. Clima

Para la determinación del clima se ha considerado la data de estaciones climatológicas Vilcabamba y Malacatos, por la cercanía a la zona de estudio. El clima se encuentra

influenciado por la Cordillera de los Andes, resultando con un clima Subtropical muy agradable y templado, la temperatura oscila entre 18.7 y 21.5 °C, pero la media mensual plurianual es de 19.5 °C para el rango altitudinal de 1650 m s.n.m.

De acuerdo a la clasificación expuesta por el (INAMHI, 2018), la parroquia San Pedro de Vilcabamba a través de los pisos climatológicos establecidos dentro del cantón Loja, la parroquia y el área de estudio comprendido en el tramo: II, sector la Cofradia abarca dos tipos de clima: la primera, corresponde al clima Ecuatorial Mesotérmico Seco en la parte baja y Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo en la zona alta.

6.1.12.2. Precipitación

La precipitación promedio anual de la zona de estudio es de aproximadamente de 879.8 mm/año la cual se concentra en los meses de diciembre a abril, esta temporada denominada invernal tiene un total aproximado de 607.5 milímetros (mm). Lo que representa el 69% del total anual.

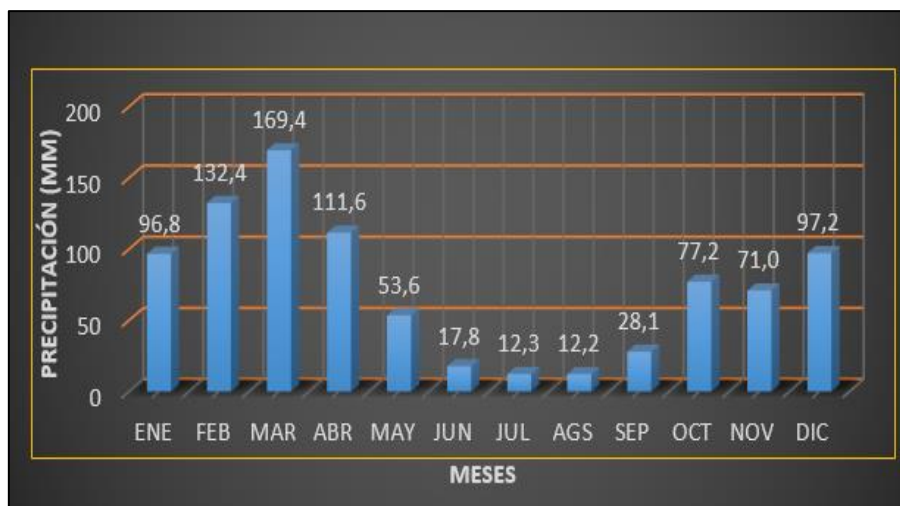


Figura 11. Precipitación media mensual plurianual de la parroquia.
Fuente. CONSULSUR CIA. LTDA, 2018.

Para la temporada de verano comprendida entre los meses de mayo a noviembre la necesidad para el caso del riego es indispensable para realizar cualquier actividad agrícola. La distribución mensual de la precipitación se puede evidenciar en la figura anterior, para la parroquia, el mes con mayor presencia de lluvias es marzo con 169.4 mm, el caso opuesto es agosto la precipitación media mínima es de 12.2 mm.

6.1.12.3. Hidrología

El principal sistema hidrográfico nace en las estribaciones de la Cordillera de los Andes en la zona protegida del Parque Nacional Podocarpus, conocida como Laguna Banderillas, conformada por la cuenca hidrográfica del río Catamayo – Chira, en la subcuenca del río Catamayo, cuenca del río Vilcabamba y principalmente de la microcuenca tipo radial cuyo principal afluente hídrico es el Río Uchima, al cual se insertan de forma ortogonal otros afluentes menores como las quebradas Chinchal Verde, Culebrillas, La Banderilla, y Solamaco.

El nacimiento del Río Uchima se da por la unión de dos quebradas antecesores en la parte alta de la parroquia estas quebradas son La Culebrilla y La Uchima, de la cual el río toma su nombre por todo el resto de su recorrido. El río Uchima avanza por gran parte del territorio parroquial hasta el puente de Vilcabamba donde se une al río Chamba procedente de la parroquia Vilcabamba, para formar el Río Solanda el cual continúa su recorrido por el límite parroquial hasta en contraste con el Río Malacatos, donde termina la parroquia San Pedro de Vilcabamba (**Ver Anexo 4.11.** Hidrología de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba, escala 1: 60 000).

Tabla 25. Red Hídrica de la parroquia San Pedro de Vilcabamba.
Longitud (km)

		Longitud (km)
QUEBRADAS	Quebrada Capulihuaycu	1,522258
	Quebrada Colanuma	1,965737
	Quebrada Culebrilla	1,453634
	Quebrada Currucungo	0,692334
	Quebrada del Alizal	2,777347
	Quebrada Dudal	0,696
	Quebrada El Trigal	1,74293
	Quebrada Guarango	1,872284
	Quebrada Guayachinuma	2,203369
	Quebrada Ituro	3,103305
	Quebrada Romerillos	1,578634
	Quebrada Toronche	3,482665
	Quebrada Verde	2,057504
RIOS	Río Banderillas	6,848704
	Río Colanuma	9,016595
	Río Uchima	5,045144
	Río Vilcabamba	11,148373

Fuente. La Autora, 2019.

Esencialmente se puede mencionar que a partir del Río Uchima nace el **Canal Alto de San Pedro de Vilcabamba** correspondiente a las coordenadas UTM (WGS84) zona 17 Sur: X= 702147; Y= 9532340; Z= 1775 m s.n.m; el cual cubre la superficie de riego aproximada de 243, 43 hectáreas, llegando a regar agua a los poblados de la parroquia San Pedro y Malacatos conformado por las sectoriales como son Sacapo, Ullaguanga, Cararango, Amala, Chaupi, Santana, El Vergel - Cavianga, y El Prado – Naranjo – Tariana.

6.1.13. Cobertura vegetal y Uso actual del Suelo

Según (CONSULSUR, Readecuación de la Conducción Principal y Redes del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, 2018), las características climáticas y físicas provocan que la parroquia se encuentre con diferentes tipos de uso de suelo, donde la mayor parte la ocupa la vegetación natural con 5476,75 hectáreas (ha), que representa el 82,5% de la parroquia.

Tabla 26. Uso actual del suelo de la parroquia San Pedro de Vilcabamba.

Cobertura	Tipo	Área (Ha)	%
Bosque húmedo		3377,03	50,71
Bosque seco		44,11	0,66
Arbustal húmedo		483,41	7,26
Arbustal seco		563,58	8,46
Herbazal húmedo	Conservación y protección	139,33	2,09
Herbazal seco		130,72	1,96
Arbustivo		458,74	6,89
Herbáceo		266,18	4,00
Eucalipto		5,06	0,08
Pino		8,59	0,13
Pasto cultivado	Pecuario	655,03	9,84
Café		127,38	1,91
Caña de azúcar artesanal		0,98	0,01
Frejol	Agrícola	4,92	0,07
Limón		0,78	0,01
Yuca		35,42	0,53
Banano		4,42	0,07
Misceláneo de frutales		22,67	0,34
Misceláneo de hortalizas		2,90	0,04
Misceláneo indiferenciado	Agropecuario mixto	1,71	0,03
Pasto cultivado con presencia de árboles		163,18	2,45
Área en proceso de erosión	Tierras improductivas	4,37	0,07
Área erosionada		17,45	0,26
Banco de arena		0,42	0,01
Lago / laguna	Agua	23,35	0,35
Río doble		11,99	0,18
Casa de hacienda	Antrópico	2,64	0,04
Cementerio		2,96	0,04

Área en proceso de urbanización	8,60	0,13
Centro poblado	6,41	0,10
TOTAL	6689,42	100

Fuente. (Cosme, Narvaez , & Sanchez, 2010).



Fotografía 27. Uso actual del suelo de la parroquia San Pedro de V. Fuente. La Autora, 2019.

Como dato adicional existen estudios de suelos que cubren una extensión de 835.24 ha pertenecientes a los usuarios del Sistema de Riego del Canal Alto de San Pedro de Vilcabamba del estudio de clasificación agrológica de suelos según el Centro de Levantamiento Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN, 2011), adscrito al Instituto Geográfico Militar y junto al Sistema Nacional de Información de Tierras rurales (SIG TIERRAS, 2012), determinaron cuatro clases de suelos arables como las CLASES I, II, III, IV, una no transformable susceptible a inundaciones como la CLASE V, una transformable como la CLASE VI; y dos no transformables como las CLASE VII y CLASE VIII.

6.2. ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

6.2.1. Antecedentes del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba

El Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, se inició por la creatividad de hombres y mujeres sanpedrenses, los cuales tomaron la iniciativa de que no se puede hablar de producción sino no hay riego, siendo este su único propósito de mejorar el desarrollo de la comunidad, expusieron sus peticiones y esperanzas ante el H. Consejo Provincial de aquel entonces y ahora Gobierno Provincial, la Ex – Junta de Recuperación de Loja conjuntamente con Ex – INERHI, dieron resultados positivos de gestión otorgando el derecho de concesión y administración del recurso hídrico para luego comenzar con la planificación, delimitación y construcción del canal.



Fotografía 28. Habitantes de la parroquia en la construcción del canal alto. **Fuente:** Segundo Erazo, 1952.

El plausible trabajo comenzó a inicios del año de 1952 donde la comunidad Sanpedrense dio sus primeras labores de construcción a mano en la zona alta de la microcuenca del Rio Uchima en la cota media 1787 m s.n.m.

Con un numeroso grupo de hombres ilustres que emprendían madrugadas frías por caminos de difícil acceso para cumplir con las mingas, llevando en sus hombros alforjas con herramientas, con bestias que cargaban la madera recién cortada de los árboles del

sector la cual servían para construir el embaulamiento del canal y luego rellenarla con cemento y piedras del lecho del río Uchima para la delimitación y construcción del canal.



Fotografía 29. Inicios de la construcción del canal Alto. **Fuente.** Segundo Erazo, 1952.

Siendo un trabajo arduo algunos de estos valientes hombres tuvieron accidentes graves por las detonaciones con dinamita que utilizaban para desprender las enormes masas de rocas que paralizaban su paso. Pero la esperanza de estos ingeniosos hombres no tenía impedimentos para seguir unidos luchando por el desarrollo de su comunidad.



Fotografía 30. Construcción del canal Alto San Pedro de V. **Fuente.** Segundo Erazo, 1955.

El canal de forma general está conformada por la captación o bocatoma, que viene siendo una estructura hidráulica, la cual capta y deriva el agua de la corriente superficial permanente hacia el sistema de riego.

La bocatoma se encuentra diseñada por las aletas o muros de contención, el muro de presa, la rejilla, la cámara de derivación y un dintel de fondo. La bocatoma fue diseñada y construida para captar un caudal medio de 436 l/s; con una área de 25m², el muro de presa es de hormigón tipo ciclópeo. Posterior al entrar el agua por la rejilla, esta se direcciona por la cámara de derivación al desarenador.



Fotografía 31. Boca toma del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba. **Fuente.** La Autora, 2019.

A lo largo del canal se puede encontrar un aliviadero, que es aquel que se encuentra entre la bocatoma y el desarenador, permitiendo evacuar los excesos de agua que ingresan al canal, y regular en forma automática el nivel del agua de acuerdo a la capacidad máxima de diseño de la conducción principal.

Seguidamente del desarenador, que es un sedimentador que constituye la primera unidad de tratamiento. Es una estructura vital en las captaciones superficiales, sobre todo cuando la corriente de agua arrastra mucho sedimento. Por ello presenta un tanque rectangular, con una área de 40 m² mucho más largo que ancho, dentro del cual el agua circula a muy poca velocidad. Debido a este hecho las partículas se asientan en el fondo, por acción de la fuerza de gravedad que las atrae. El desarenador está diseñado para realizar un lavado intermitente de los áridos finos (arenas) que ingresan por la bocatoma.

La compuerta de esta estructura tiene 2,50 m de altura. En la época lluviosa la estructura ayuda a evacuar parte de los materiales que arrastra la corriente de agua.



Fotografía 32. Partes hidráulicas del Canal Alto. Fuente. La Autora, 2019.

La Conducción principal presenta una longitud aproximada de 12 km, de los cuales existen tramos del canal que tienen secciones de 1,2 m x 0,7 cm y otros de 1,30 x 0,80 cm, variando a través de su recorrido aguas arriba, su tipo de construcción es mixta tanto trapezoidal como rectangular.



Fotografía 33. Construcción mixta del Canal Alto. Fuente. La Autora, 2019.

Además presenta tres túneles de roca dura, los cuales al momento se encuentran en buen estado y a lo largo del canal la pendiente tiene una relación de 2/1000 lo que significa que el fondo del canal baja 2 m en 1000 m de recorrido aguas abajo.



Fotografía 34. Túneles pertenecientes al Canal Alto. **Fuente.** La Autora, 2019.

A continuación, en la tabla 27 se resume de forma general los principales datos técnicos que abarca el Canal Alto:

Tabla 27. Información Técnica del canal alto.

Coordenadas del Canal	
INICIO	FIN
X: 698989	X: 696278
Y: 9532954	Y: 9531925
ALT: 1756 m s.n.m	ALT: 1740 m s.n.m
Coordenadas de la Captación	
X:	702147
Y:	9532340
ALT:	1775 m s.n.m
Nombre de la fuente	Rio Uchima
Caudal Autorizado (l/s)	448,42
Caudal Especifico Q(m ³ /s)	57,45
Pendiente del fondo del canal (%)	0,448
Velocidad media de la sección (m/s)	1,51
Energía específica (m·kg/kg)	0,37
Tipo de flujo	Subcritico
Superficie total (ha)	835,24
Superficie total a regar (ha)	497,15
Superficie por usuario (ha)	1.03
No. Beneficiarios directos	483
No. Beneficiarios indirectos	1208
Tipo de Riego	Gravedad / Aspersión
Área de produccion agricola (%)	65
Área de producción ganadera (%)	35,5

Fuente. CONSULSUR CIA. LTDA, 2018.



6.2.2. Topografía

La parroquia San Pedro de Vilcabamba se encuentra encerrada por una cordillera muy elevada, la misma que crea un valle, y en forma general se despliega tres tipos de zonas topográficas, la primera parte más alta de la parroquia presenta elevaciones de 3670 m s.n.m característico por presencia de fuertes pendientes; la segunda parte media alta del territorio parroquial, presenta elevaciones con alturas entre los 1800 y 2600 m s.n.m, definida por un relieve montañoso, y finalmente la parte baja del valle, se caracteriza por la presencia de pendientes leves con alturas de 1560 m s.n.m y grandes extensiones planas, esta zona se extiende hacia el oeste de la parroquia con dirección a Vilcabamba.

El sector de estudio del tramo II: Sector La Cofradía, conforma parte de la estribación de la Cordillera Oriental de los Andes, en donde comprende alturas promedio que van desde 2150 m s.n.m hasta los 1640 m s.n.m, con una topografía irregular perteneciente al flanco suroeste de la zona media alta del valle, en la propiedad de la Curia de Loja del cerro La Cofradía, con una extensión total de 2 km.

Al observar esta topografía del sector se puede determinar zonas aptas para la agricultura y ganadería, y cabe destacar que el sector en gran parte se encuentra con pendientes medias altas, lo cual ayuda el transporte del recurso hídrico del canal.

Como resultado final se obtuvo un mapa topográfico parroquial a escala 1: 60000, con una separación de curvas de nivel a cada cinco metros las primarias y a un metro las secundarias y un mapa topográfico del tramo II a escala 1: 5 000 diseñados en formato A3; con el Datum UTM (WGS84) en la zona 17 Sur.

6.2.3. Pendientes

El sector de estudio que cubre el tramo II, se caracteriza por tener pendientes medias las cuales ocupan el 59.04 % del total del área de estudio que equivale a 640.06 ha. Pendientes Muy Bajas ocupan el 1.529 % del total del área de estudio que corresponden a 16.58 ha.; pendientes Bajas ocupan el 7.908 % del total del area de estudio que corresponde a 85.72 ha.; pendientes Altas ocupan el 27.36 % del total del área de estudio que corresponde a 296.59 ha. Finalmente pendientes Muy Altas que ocupan el 4.194 % del total del aérea de estudio que corresponde a 45.46 ha.

Tabla 28. Pendientes de la Zona de estudio del Tramo II.

Pendiente	Categoría (°)	Áreas (hectáreas)	Áreas (%)
Muy Baja	0 – 5	16.58	1.529
Baja	5 – 15	85.72	7.908
Media	15 – 35	640.06	59.04
Alta	35 – 45	296.59	27.36
Muy Alta	45 – 87.46	45.46	4.194

Fuente. La Autora, 2019.

La zona de interés del presente estudio atraviesa pendientes entre Medias a Muy Altas, siendo el mayor porcentaje de ubicación del tramo II sobre las pendientes Medias.

6.2.4. Fotointerpretación

Para la Fotointerpretación del área de estudio se la realizó en base a imágenes satelitales del software Google Earth Pro 3D versión 9.277.2; estas imágenes panorámicas brindaron información para la interpretación y análisis, tomando en cuenta criterios geológicos, geomorfológicos, vegetación, drenaje y tonalidades.

La fotografía aérea de la Figura 12, se puede observar y corroborar que la zona de estudio pertenece a la subcuenca del Río Uchima, morfológicamente forma valles tipo "V", con escarpes y un relieve montañoso suavemente inclinado. Con una alineación de una quebrada seca, esta línea tiene una tonalidad oscura dando resultado a una posible falla, la cual va en dirección N-S hacia el lado oriental.

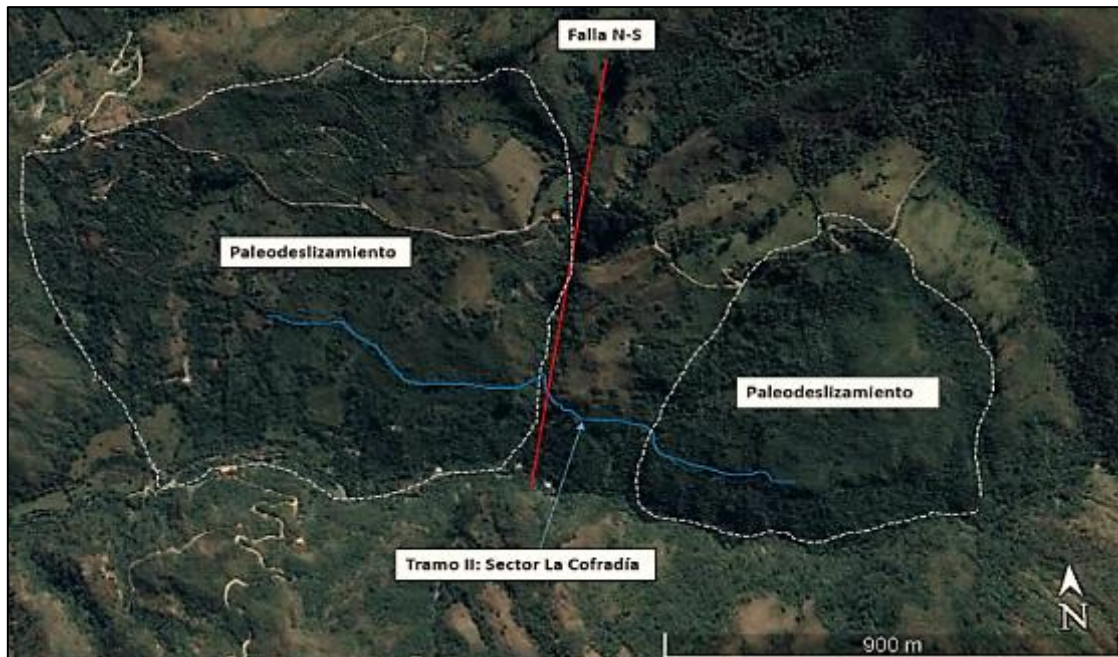


Figura 12. Fotointerpretación del Tramo II. Fuente: Modificado de Google Earth, 2019.



A simple vista se observó que la zona se caracteriza por la presencia de pendientes medias altas, aunque en algunos sectores aún se encuentran fuertes pendientes, además en ciertas fracciones de la zona se evidencio dos planicies producto de un deslizamiento antiguo denominado Paleodeslizamiento de origen Orogénico perteneciente a la edad Paleozoica (Romero Ramirez , 2011); el cual se encuentra en el siguiente punto de coordenadas UTM: X= 699045; Y= 9532559, este deslizamiento no presenta ningún registro histórico de actividad durante el último siglo.

Se interpretó la presencia de la Unidad Chigüinda caracterizado por presentar relieves de tipo medio con lomas alargadas, con una red hídrica tipo dendrítica uniforme, la parte de esta unidad tiene una buena vegetación natural con tonalidades que varía entre gris medio, gris oscuro y algunas tonalidades blanquecinas; perteneciente a rocas tipo esquisto, filitas y cuarcitas pertenecientes a la zona de estudio.

6.2.5. Geología a detalle

El área de estudio que comprende el tramo II: sector La Cofradia, se encuentra emplazado principalmente por la serie metamórfica del Paleozoico; caracterizado por fracturaciones de las cuales sobresalen rocas metamórficas como filitas, esquistos y cuarcitas. Además sobre estas rocas se puede observar suelos residuales de origen coluvial, los cuales se formaron por el intemperismo que se da en el lugar.

Con la geología a detalle del tramo II, se floto sobre un mapa el diseño geológico a escala 1: 5 000, en donde se encuentran georeferenciados los afloramientos y las diferentes tipos de litologías y estructuras.

6.2.5.1. Rocas Metamórficas

A lo largo del tramo II, se advierte la presencia de rocas metamórficas filitas, esquistos sercíticos, esquistos grafiticos e incrustaciones variadas de cuarcita, observables sobre afloramientos de roca tipo natural que caracteriza a un metamorfismo regional, dando como resultado el basamento principal de dicho tramo.

Se pueden evidenciar afloramientos rocosos con alturas desde los 5 m hasta los 20 m, los cuales la mayor parte presenta orientaciones hacia el Sur-Oeste, azimut promedio de 207°, y buzamiento de 53° Nor-Este. Los afloramientos se distinguen aguas arriba del margen izquierdo del canal.

➤ **Filitas**

Las filitas se encuentran aflorando en la mayor parte del tramo II, con potencias centimétricas aproximadamente de 2,5 cm con marcas de desprendimientos a favor de los planos de debilidad. Estructuralmente son de tipo laminar con una textura esquistosa, se la puede distinguir a simple vista por su brillo satinado, de granulometría fina y su suavidad al tacto, de tonalidades gris oscuro pero en algunas partes muestra pequeñas marcas de oxidación.



Fotografía 35. Rocas metamórficas (Filitas) del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

➤ **Esquistos Sericíticos**

Este tipo de roca metamórfica se caracteriza principalmente por un metamorfismo regional de grado bajo a medio. Presentan una textura esquistosa, por lo que se separa en capas finas y estrechas hasta los 4,5 cm aproximadamente.

Su granulometría es de grano grueso y contiene principalmente minerales como la moscovita, biotita, cuarzo, y sericita. Estos esquistos son resultado del cambio gradacional granulométrico que van desde las pizarras, filitas, esquistos hasta las cuarcitas.

Sobresaliendo los esquistos tipo sericíticos, estos presentan tonalidades grisáceas con superficies blanquecinas nacaradas y con pequeñas marcas de oxidación producto del intemperismo; y de igual manera sobre todo su brillo natural.



Fotografía 36. Rocas metamórficas (esquistos sericíticos). **Fuente.** La Autora, 2019.

➤ **Esquistos Grafíticos**

Se presentan de grano fino, notablemente contiene más de un 50% de minerales planos y laminares tales como la mica, grafito entre otros. Pero los esquistos grafíticos se presentan con una tonalidad gris azulado, con textura esquistosa y pizarrosa, también se caracterizan por su brillo satinado producto de la orientación de posibles micas, además presenta intercalaciones de cuarcita con un espesor de 2 cm.



Fotografía 37. Rocas metamórficas (esquistos grafíticos). **Fuente.** La Autora, 2019.

➤ Cuarcitas

Dentro de los diferentes afloramientos de filitas y esquistos naturales levantados "*in situ*" se encuentran alojados las cuarcitas tipo metamórfica formadas a partir de la recristalización de altas temperaturas y presión, de textura natural no foliada, de tonalidades blanquecinas y amarillenta producto de los factores intrínsecos que lo han modificado. Las cuarcitas presentan espesores aproximadamente entre 10 y 20 cm; y se presenta más del 80% de cuarzo.



Fotografía 38. Rocas metamórficas (cuarcitas) del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

➤ Depósitos coluviales

Este tipo de depósitos superficiales presentan una forma irregular en su cuerpo, el cual se encuentran sobre el basamento metamórfico de la Unidad Chiguinda, y son del resultado de la erosión hídrica de las filitas, esquistos y cuarcitas que afloran en el tramo II, este tipo de depósitos pertenecen al período Cuaternario.

Depósito Coluvial con matriz limo – arcillosa

Este tipo de depósito coluvial se presenta de forma masiva en gran mayoría al final del tramo II, su principal característica es que tienen una matriz limo – arcillosa de tonalidades amarillentas, además estas masivas masas tienen alturas aproximadas de 3 m, presentan una gran desintegración de sus esquistos, filitas y pequeños porcentajes de cuarcitas; sus clastos son angulosos que tienen tamaños que varían desde los 0,5 cm a 3 cm de diámetro.



Fotografía 39. Depósito Coluvial con matriz limo – arcillosa del tramo II.
Fuente. La Autora, 2019.

Depósito Coluvial con matriz arcillosa

El segundo tipo de depósito coluvial presentan una matriz arcillosa de plasticidad muy baja, con presencia de clastos angulosos producto de la disgregación y meteorización de las filitas y foliación de los esquistos; con tonalidades gris claro, sus clastos angulosos de origen metamórfico varían de 1 cm hasta 10 cm. Las capas de esquistos casi sub-horizontales tienden a profundizarse; y, estas capas presentan potencias aproximadas de 8 cm.

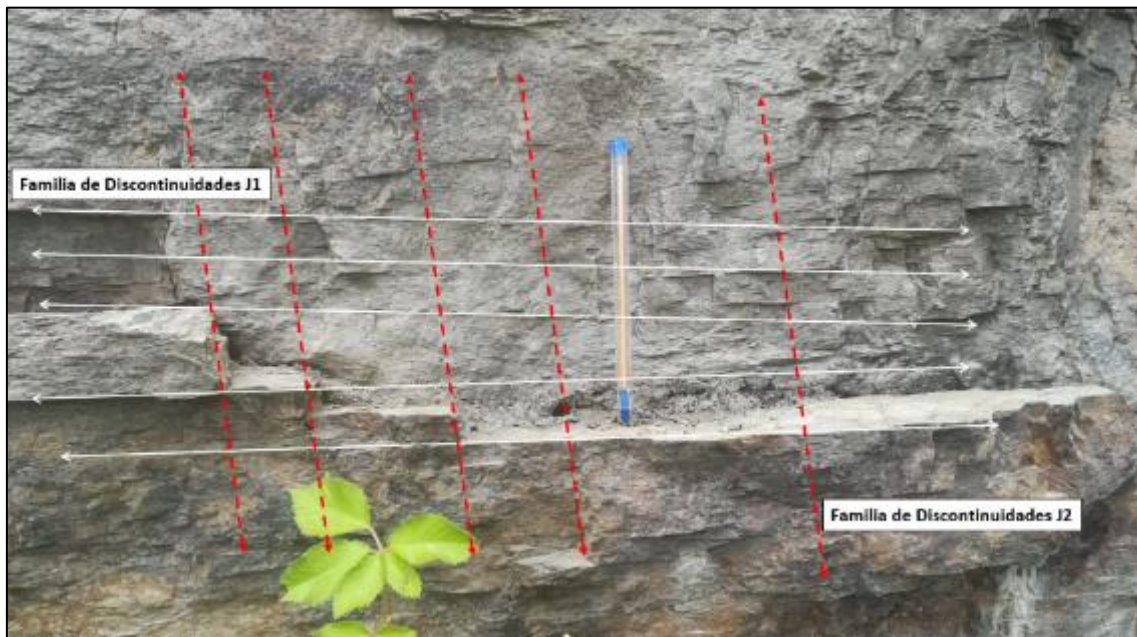


Fotografía 40. Depósito coluvial con matriz arcillosa del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

➤ Estructuras

Discontinuidades

Las discontinuidades son aquellas que constituyen planos de debilidad en los afloramientos de roca, siendo aquellos que controlan el comportamiento geomecánico, debido al condicionamiento de los mecanismos de deformación y rotura ante esfuerzos.



Fotografía 41. Familia de discontinuidades en afloramientos de roca. **Fuente.** La Autora, 2019.

Debido a esto se pudo identificar macizos rocosos, en los cuales se caracterizan por la presencia dos tipos de familias de discontinuidades en este caso la primera familia presentan orientaciones entre los 61° y 64° , los cuales están a favor de los planos de debilidad del material.

6.3. Descripción de las zonas de inestabilidad

Para la identificación de zonas de inestabilidad se realizó el inventario de fenómenos en remoción masa. Identificando cuatro movimientos en masa, siendo estos los más relevantes y de gran magnitud; es así que se efectuó la descripción correspondiente, sin limitarse a un tipo de clasificación específica.

Los criterios de descripción descritos a continuación fueron basados según el libro "Boletín de Geología, Vol. 22- N° 37", editado por la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander. (**Ver Anexo 3.4** Fichas de Inventarios de Fenómenos en Remoción de Masa).

6.3.1. Inventario de deslizamientos

A continuación, se describe los cuatros fenómenos de remoción en mas más relevantes del tramo II, los mismo que han sido seleccionados en función de la descripción general del entorno, geomorfología, descripción del movimiento en masa, daños y efectos por la cual se han efectuado.

➤ Deslizamiento N° 1

En el siguiente punto de coordenadas UTM: X= 699163, Y= 9532570, Altitud= 1761 m s.n.m, al margen izquierdo aguas arriba del canal, se encuentra litológicamente un deslizamiento predominado por rocas tipo metamórficas de la Unidad Chiguinda como son las filitas, esquistos y pequeñas cantidades de cuarcitas, su masa deslizada presenta una apariencia de un depósito coluvial y sin relación estructural.



Fotografía 42. Deslizamiento N° 1 perteneciente al tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Geomorfológicamente, presenta un ambiente denudacional, el cual esta en una zona de montaña en los que intervinieron diferentes procesos de degradación y acumulación natural, la forma de su pendiente es concava con 22° de inclinación tipo abrupta de erosión laminar, la cobertura del suelo esta con arbustos y suelos desnudos.

Se lo clasificó como un deslizamiento rotacional simple, el cual se inicio en el año 2010 y desde entonces ha presentado dos reactivaciones importantes; el desplazamiento relativo y la velocidad fueron lenta (1.5m/año); el material desplazado presenta suelo



residual más fragmentos de roca, y una actividad intermitente en masa debido que durante los períodos de invierno se inicio el desplazamiento de la masa deslizada y en épocas de verano, permanece en quietud.

Además se lo considera como un movimiento reciente, porque aun presenta evidencias de la detonación del movimiento con sus grietas abiertas, la roca "*in situ*" con presencia del material arrastrado, remoción y mezcla de suelo, roca y restos vegetales. Todo esto ha conllevado a un movimiento de avance progresivo, porque el avance es en el mismo sentido del movimiento inicial, siendo generalmente pendiente abajo. Su forma de ocurrencia se presenta en forma aislada y constituye un movimiento único. El mecanismo de ruptura es rotacional simple.

Su morfometría presenta un ancho de 35 m, longitud de 25 m, y un espesor 2 m, generando un volumen 1750 m³, con un área de 875 m². Los elementos geomorfológicos visibles de este deslizamiento son la corona, escarpe principal, el margen derecho – izquierdo y el pie del deslizamiento.

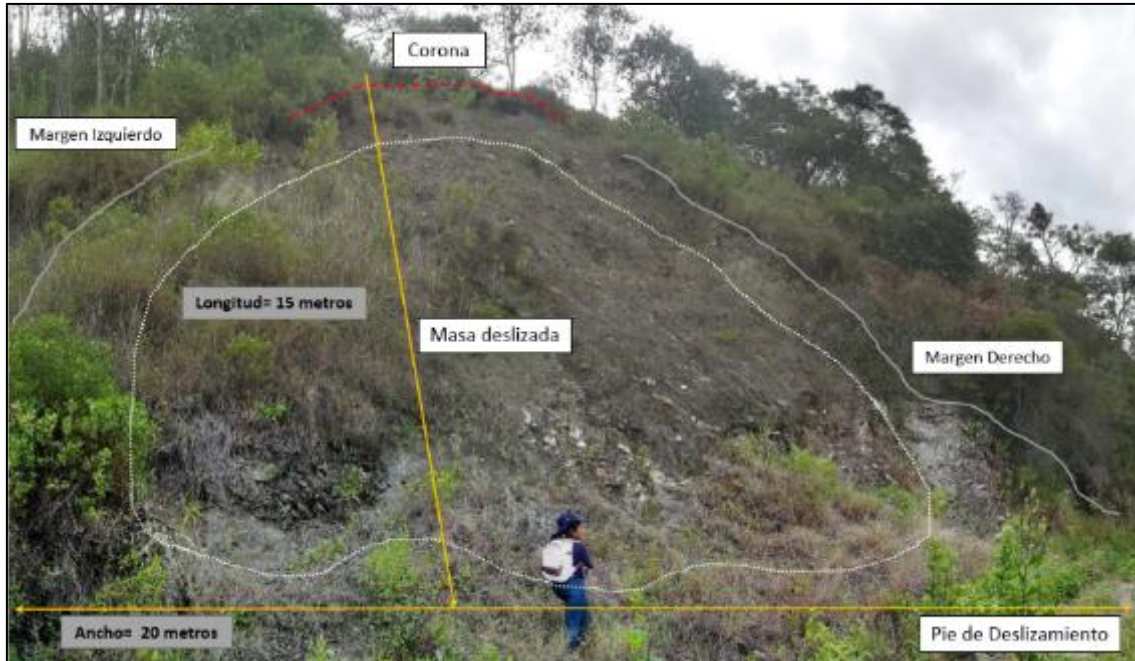
Finalmente los factores intrínsecos que lo han desarrollado son la litología, meteorización, erosión pero principalmente el factor detonante fueron las aguas superficiales (lluvias) y el factor antrópico debido a la siembra cercana al deslizamiento. Dando como resultando un movimiento de intensidad y magnitud baja.

➤ **Deslizamiento N° 2**

Se registró en el punto de coordenadas UTM: X= 699388, Y= 9532483, Altitud= 1756 m s.n.m, al margen izquierdo aguas arriba del canal, se ubica litológicamente un deslizamiento predominado por rocas tipo metamórficas de la Unidad Chiguinda como filitas y pequeñas cantidades de cuarcitas, su masa deslizada presenta una apariencia de un depósito rocoso y sin relación estructural.

Su estructura local presenta foliación, esquistosidad y diaclasas, generalmente el fracturamiento y la meteorización son moderados. Geomorfológicamente, presenta un ambiente morfogenético tipo denudacional estructural, de superficie plana a moderadamente inclinada limitadas por sus escarpes.

Su proceso geomorfológico presentan materiales gruesos (guijos, cantos y bloques), depositados en la base del talud. Con una pendiente recta de 32° tipo escarpada de erosión laminar, la cobertura del suelo presenta arbustos y afloramientos rocosos.



Fotografía 43. Deslizamiento N° 2 perteneciente al tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Clasificándolo como un volcamiento de rocas, el cual se inicio en el año 2011 y desde entonces ha presentado una sola reactivación importante; el desplazamiento relativo y su velocidad es muy lenta de 0.06/año; el material desplazado presenta fragmentos de roca, con una actividad intermitente en masa debido que durante los períodos de invierno se inicio el desplazamiento de la masa deslizada y en épocas de verano, permanece en quietud. El tamaño predominante del material desplazado es de un 30% de arenas y gravas con 70% de cantos, guijos y bloques.

Presentando un avance progresivo en masa, que avanza en el mismo sentido del movimiento inicial siendo generalmente pendiente abajo, con una forma de ocurrencia aislada y constituye un movimiento único.

El mecanismo de ruptura es planar, lo que indica que coincide con el plano estructural. Su morfometría presenta un ancho de 20 m, longitud de 15 m, y un espesor de 1,5 m dando como resultado un volumen de 450 m^3 , perteneciente a una área de 300 m^2 .

Los elementos geomorfológicos visibles de este deslizamiento son la corona, escarpe principal, el margen derecho – izquierdo y el pie del deslizamiento. Los factores intrínsecos que lo han desarrollado son la litología, meteorización, pendiente, erosión pero principalmente el factor detonante fueron las aguas superficiales (lluvias). Calificandolo como un movimiento de intensidad y magnitud baja.

➤ Deslizamiento N° 3

Se citan sobre las proximidades del punto de coordenadas UTM: X= 700129, Y= 9532131, Altitud= 1772 m s.n.m, al margen izquierdo aguas arriba del canal, se ubica un deslizamiento litológicamente predominado por rocas tipo metamórficas de la Unidad Chiguinda como son las filitas su masa deslizada presenta una apariencia de un depósito rocoso y con un relación estructural de tipo fractura. Su estructura local esta estratificada y diaclasada, el fracturamiento del macizo presenta un fracturado moderado.



Fotografía 44. Deslizamiento N° 3 perteneciente al tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Geomorfológicamente, presenta un ambiente denudacional estructural, el cual está en una zona de montaña en los que intervinieron diferentes procesos de degradación y acumulación natural, la forma de su pendiente es recta con 45° de inclinación tipo muy escarpada de erosión en cárcavas, la cobertura del suelo esta con arbustos y afloramientos rocosos.

Clasificándolo como un desprendimiento de rocas, el cual se inició en el año 2015 y desde entonces ha presentado una sola reactivación importante; el desplazamiento relativo es lento con una velocidad moderada de 1.5m/mes, el material desplazado presenta fragmentos de roca, presenta una actividad relativa de tipo activo en masa, que presenta claramente evidencia de la actividad de la masa de movimiento.

Catalogándolo como un grado en desarrollo, debido que sus elementos bien definidos, con un avance gravitatorio en masa, por la presencia vertical de la acción de la gravedad.

Su morfometría presenta un ancho de 22 m, longitud de 18 m, y con un espesor de 2,5 m, dando como resultado un volumen de 990 m³. Los elementos geomorfológicos visibles son la corona, el escarpe principal y el pie del desprendimiento. Los factores intrínsecos que lo han desarrollado son la litología, fracturamiento, y pendiente pero principalmente el factor detonante fueron aguas superficiales (lluvias). Calificándola como un movimiento de intensidad y magnitud baja.

➤ Deslizamiento N° 4

Dentro del punto de coordenadas UTM: X= 699306, Y= 9532475, Altitud= 1763 m s.n.m, al margen izquierdo aguas arriba del canal, presenta un deslizamiento litológicamente predominado por rocas tipo metamórficas de la Unidad Chiguinda como son las filitas y esquistos, su masa deslizada presenta una apariencia de un depósito coluvial con fragmentos de roca desgregada y sin una relación estructural. Su estructura local esta erosionada y esquistosa.



Fotografía 45. Deslizamiento N° 4 del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Geomorfológicamente, presenta un ambiente denudacional, el cual está en una zona de montaña en los que intervinieron diferentes procesos de degradación y acumulación natural, la forma de su pendiente es convexa con 15° de inclinación tipo inclinada de



erosión laminar, la cobertura del suelo esta con arbustos. Clasificándolo como un deslizamiento rotacional simple, el cual se inició en el año 2010 y desde entonces ha presentado una sola reactivación importante; el desplazamiento relativo y velocidad son muy lenta, el material desplazado presenta suelo residual más fragmentos de roca, presenta una actividad intermitente en masa.

Sus tamaños predominantes en el material desplazado presenta un 50% de limos, gravas y arenas y el 50% de cantos redondeados más guijos. Su avance se lo cataloga como un movimiento progresivo en masa, que representa un movimiento de avance en el mismo sentido del movimiento inicial, siendo generalmente pendiente abajo.

Su mecanismo de ruptura es circular, con una posición del plano de falla tipo suelo residual y roca, el depósito geométricamente es equidimensional, con una anchura de 17 m, longitud de 22,5 m y un espesor de 2,5 m, dando como resultado un volumen de 956,25 m³.

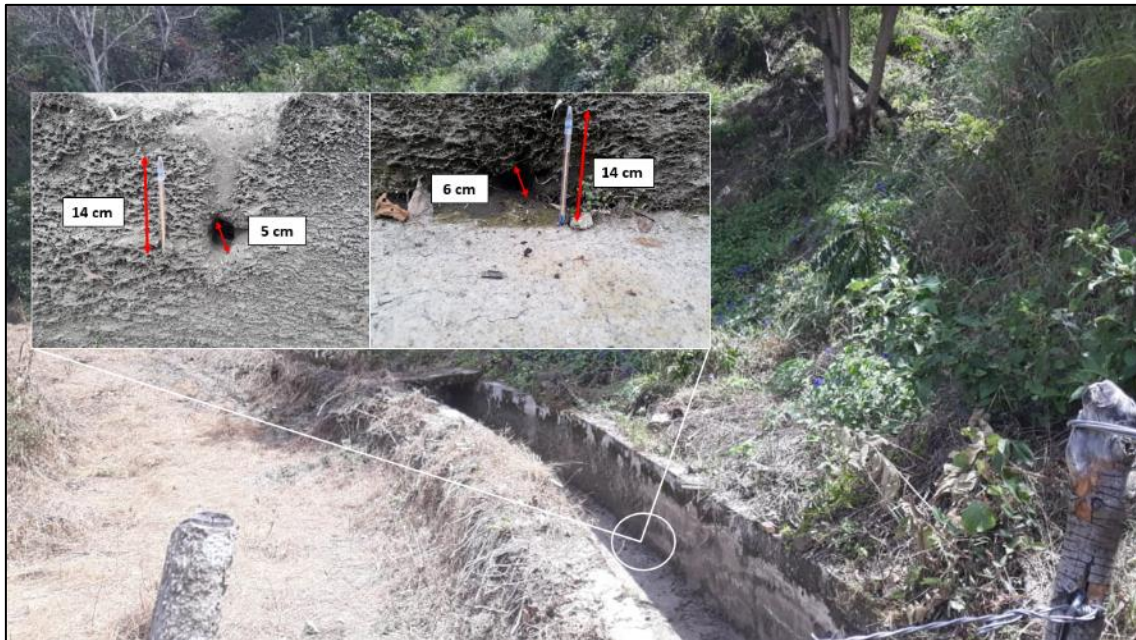
Sus elementos geomofológicos visibles son corona, escarpe principal y pie del deslizamiento, los factores intrínsecos que lo han desarrollado son la litología, meteorización, erosión pero principalmente el factor detonante fueron las aguas superficiales (lluvias). Calificandolo como un movimiento de intensidad y magnitud baja.

Los fenómenos de remoción en masa conforman zonas vulnerables que deben ser consideradas en un futuro para la ejecución de estudios técnicos del canal, correspondiente al tramo II, debido que esto ayudará a identificar riesgos y en función de ello diseñar las múltiples obras de ingeniería para corregirlos.

6.4. Zonas de Inestabilidad

La primera zona inestable se ubica en la parte Nor-este de la zona de estudio, su inestabilidad se caracteriza por la presencia de deslizamientos tipo rotacional simple, causando daños tipo corporal como perdidas de animales, y daños estructurales como el agujeramiento en la pared lateral izquierdo aguas arriba del canal. Así mismo no existe ningun efecto ambiental hacia el entorno. **(Fotografía 46)**

Estos agujeros presentan diámetros aproximados entre 5,5 a 6,5 cm, los cuales han sido originados por el empuje y presión de los deslizamientos y sobre todo cuando son épocas de invierno la infiltración del agua superficial va causando el deterioro del muro, el mismo que se debe tomar medidas de control y prevención urgentes.



Fotografía 46. Primera zona inestable del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

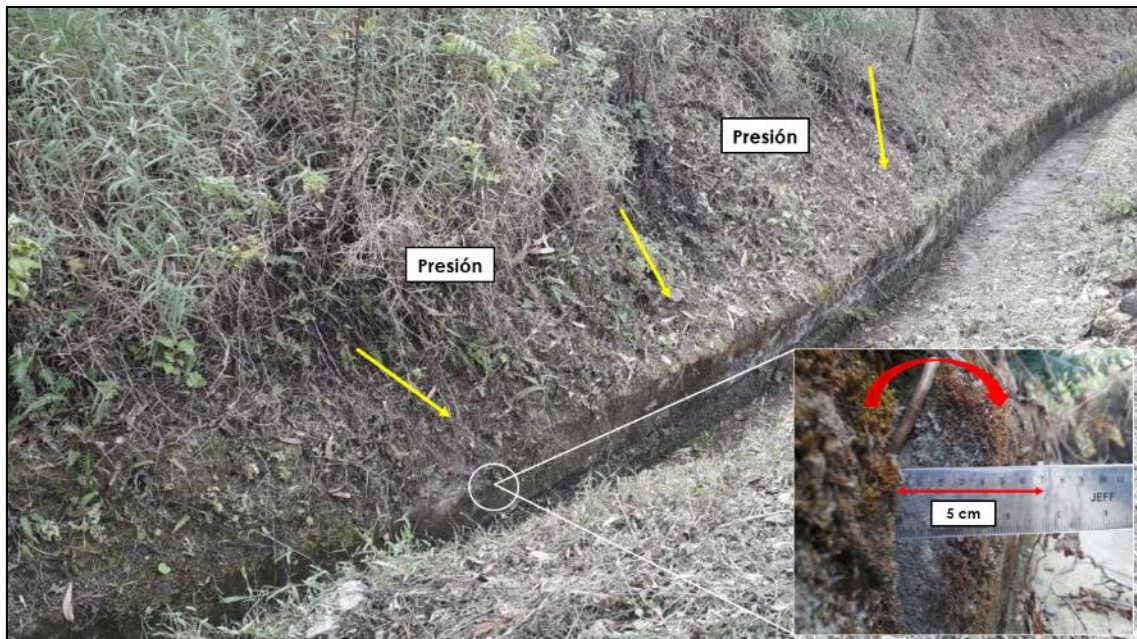
Para la segunda zona inestable que se caracterizó a lo largo del tramo II, que se ubica en la parte Nor-Este de la zona de estudio, existe una inestable por la presencia de desprendimientos de rocas, causando daños estructurales hacia el muro de sostenimiento del canal, posibles colapsos e impidiendo el paso del recurso hídrico.



Fotografía 47. Segunda zona inestable del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Es posible que en algún momento pueda causar daños corporales debido que este tipo de inestabilidad en encuentra encima del canal, así mismo no existe ningún efecto ambiental hacia el entorno lo que se sugiere que existan medidas de control, prevención y distribución de las posibles masas deslizadas.

Finalmente, para la tercera zona inestable se consideró el conjunto de deslizamientos rotacionales los cuales se ubican al Norte-este de la zona de estudio. Causando daños estructurales en la pared lateral izquierda aguas arriba del canal, provocado por los agentes detonantes, factores intrínsecos, factores internos y externos como por ejemplo las precipitaciones, cambios de temperatura, alteración o meteorización y sobretodo la presión ejercida por la masa deslizada sobre la pared lateral hace que comience a girar hacia dentro de la infraestructura perdiendo su forma original con volcamiento aproximada de 5 cm. (**Fotografía 48**)



Fotografía 48. Tercera zona inestable del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Es posible que en algún momento pueda volcar de forma completa, he impedir el paso del recurso hidrico, es por eso que se sugiere que existan medidas de control, prevención, reconstrucción o remodelamiendo del canal. (**Ver Anexo 4.12.** Mapa de Zonas Inestables del tramo II: Sector la Cofradia, escala 1: 5 000).

6.5. Ensayos y Resultados

6.5.1. Ensayos "in – situ"

Para la determinación de la resistencia de la matriz rocosa y las discontinuidades se aplicó el Martillo Schmidt en los cinco macizos levantados. Adicionalmente se pudo realizar un Sondeo Eléctrico Vertical en la zona más significativa correspondiente al Tramo II: Sector la Cofradía.

➤ Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V)

Como método indirecto se realizó un Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V), el ensayo se lo aplicó en el deslizamiento N° 1 (**Ver Anexo 3.4** Ficha N ° 1), el cual fue el movimiento de remoción en masa más significativo que ha venido causando daños evidentes en la estructura del canal.

El Sondeo Eléctrico Vertical denominado comumente (S.E.V) se lo realizó a través del equipo SEV-Psyscal Iris mediante la configuración de Schlumberger, el cual se expande sucesivamente los electrodos de corriente en A y B; permitiendo determinar estratos de la litología y la posible existencia de saturación en la profundidad del sitio en estudio.

Tabla 29. Ubicación geográfica de la Línea del S.E.V.

(S.E.V)	Coordenadas UTM DATUM: WGS 84			
	X	Y	Altitud	
Línea N° 1	Inicio	699138	9532589	1774 m s.n.m
	Final	699172	9532577	1772 m s.n.m

Fuente. La Autora, 2019.

La tabla 36, presenta los datos obtenidos de la resistividad tomados "in – situ", con una distancia de AB/2.

Tabla 30. Datos de resistividad.

N°	AB/2	MN	V	K	Ro
1	1	1	11.066	2.3562	26.074
2	1.5	1	6.0304	6.2832	37.89
3	2	1	3.5696	11.781	42.053
4	2.5	1	2.4629	18.85	46.425
5	2.5	2	5.1271	8.2467	42.282
6	3	1	1.7516	27.489	48.15
7	3	2	3.503	12.566	44.02
8	5	2	1.2451	37.699	46.939
9	7	2	0.66481	75.398	50.125
10	10	2	0.41521	155.51	64.569

11	10	5	1.167	58.905	68.742
12	15	2	0.2406	351.86	84.657
13	15	5	0.67398	137.44	92.635
14	20	5	0.475	247.4	117.52
15	20	20	1.928	47.124	90.855
16	30	5	0.276	561.56	154.99
17	30	20	1.043	125.66	131.07
18	40	20	0.71151	235.62	167.65
19	50	20	0.4662	376.99	175.75

Fuente. La Autora, 2019.

Con los datos obtenidos "in – situ" se procedió a la interpretación mediante el programa IPI2Win, en donde nos dio la curva de resistividad aparente con un margen de error del 2.98% como se puede ver en la **Figura 13**, en donde nos indica que hay la presencia de tres capas de suelo y roca, es así que a partir de la tercera capa comienza una capa indefinida.

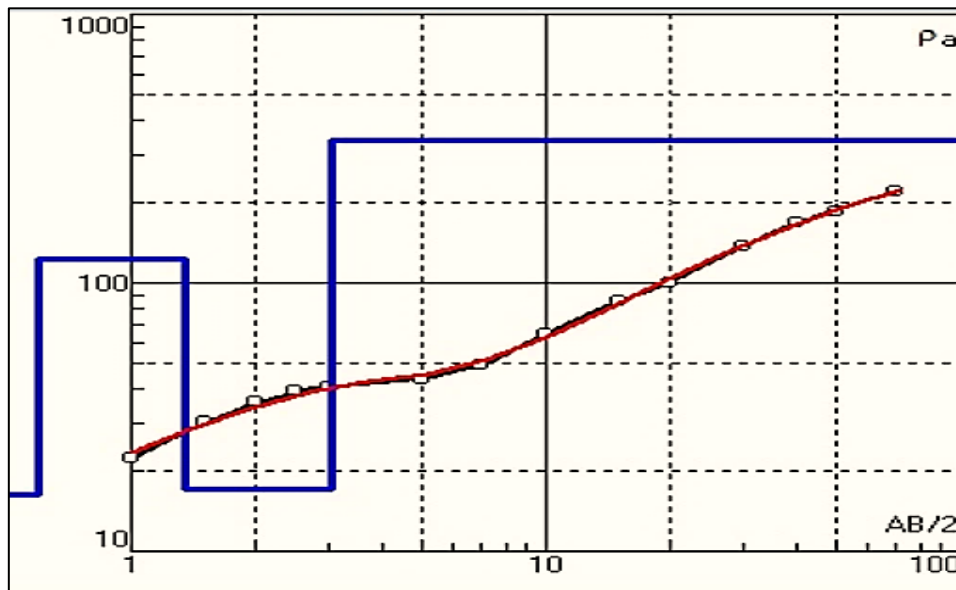


Figura 13. Curva de la resistividad aparente del S.E.V.

Fuente. Modelado del programa IPI2Win, 2019.

Tabla 31. Descripción de las capas correspondientes al S.E.V.

Sondeo Eléctrico Vertical				
Nº de capas	Resistividad (Ω.m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Geología asumida
1	16.2	0.6	0.6	Suelo húmedo con cobertura vegetal.
2	123	0.753	1.35	Suelo coluvial de grano medio.
3	17.1	1.7	3.05	Suelo coluvial con posibles trazas de

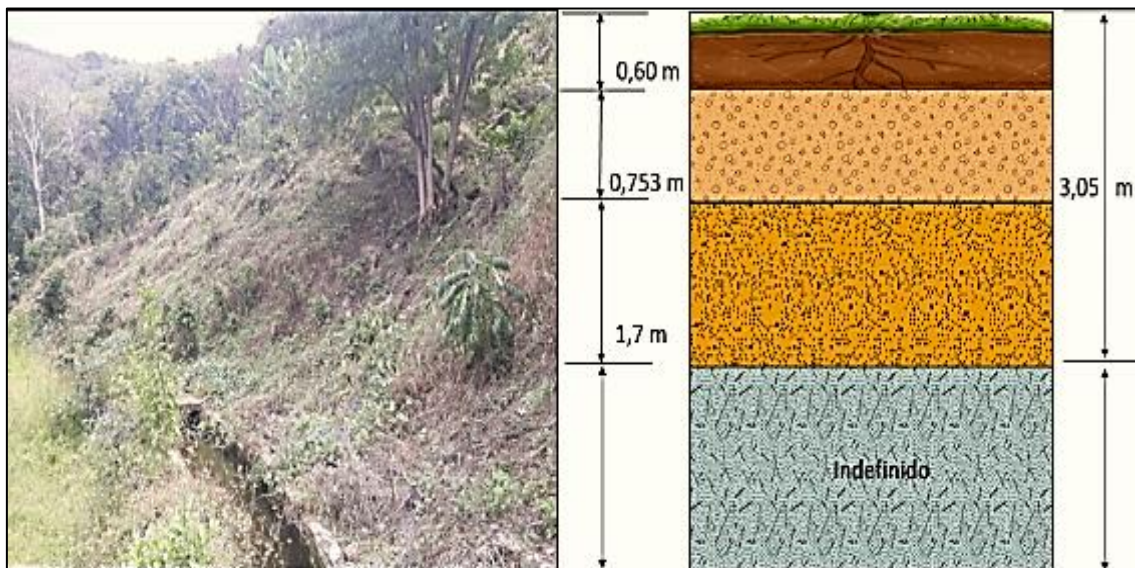
		saturación con una matriz areno – limosa.
4	338	Roca metamórfica altamente fracturada.

Fuente. La Autora, 2019.

Identificando en la parte superior la primera capa presenta un suelo húmedo con cobertura vegetal con una potencia de 0.60 m, seguidamente con la segunda capa de un suelo coluvial de grano medio la cual presenta tonalidades café claro con una potencia de 0.753 m.

Para la tercera capa se identifico un suelo coluvial de tonalidad amarillenta con una matriz areno – limosa muy finas, con presencia de clastos angulosos producto de la disgregación de las filitas y esquistos y con posibles trazas de saturación, con diámetros aproximadamente desde los 0.5 cm hasta 7 cm con una potencia de 1.70 m.

A partir de los 3.05 m comienza una roca metamórfica entre filitas y esquistos de tonalidad gris oscura, pero su estado es altamente fracturada y su potencia es indefinida.



Fotografía 49. Aplicación del SEV en el Deslizamiento N° 1. Fuente. La Autora, 2019.

6.5.2. Ensayos en Laboratorio

Para la determinación de los pesos específicos y el contenido de humedad correspondiente a los cinco macizos rocosos identificados, se utilizó ensayos de laboratorio proporcionando datos reales, los cuales sirvieron para corroborar con los datos teóricos y así se pudo determinar la calidad de la roca correspondiente al Tramo II: Sector la Cofradía.

Tabla 32. Ubicación geográfica de las muestras de roca.

N° de Macizos	Código de Muestra	Coordenadas UTM DATUM: WGS 84	
		X:	Y:
1	MR-01	X:	700493
		Y:	9531951
		Altitud:	1769 m s.n.m
2	MR-02	X:	700099
		Y:	9532242
		Altitud:	1765 m s.n.m
3	MR-03	X:	699972
		Y:	9532202
		Altitud:	1760 m s.n.m
4	MR-04	X:	699867
		Y:	9532221
		Altitud:	1763 m s.n.m
5	MR-05	X:	699912
		Y:	9532201
		Altitud:	1766 m s.n.m

Fuente. La Autora, 2019.

6.5.2.1. Peso Específico

Se determinaron los pesos específicos de las muestras de roca mediante el método del picnómetro de Gay Lussac, además a través de este ensayo se obtuvieron datos como densidad, masa y volumen. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos en laboratorio.

Tabla 33. Pesos específicos de las cinco muestras del tramo II.

N°	Código de muestra	P	M	S	W	Pe	Densidad (g/cm ³)	Masa	Volumen
1	MR-01 (1)	30,25	53,50	98,17	83,63	2,67	2,62	23,25	8,99
	MR-01 (2)	16,35	25,05	47,43	42,61	2,65	2,60	8,7	3,35
	MR-01 (3)	19,23	23,34	31,75	29,15	2,72	2,67	4,11	1,54
	Promedio					2,68	2,63		
2	MR-02 (1)	27,30	44,51	88,00	77,28	2,65	2,60	17,21	6,62
	MR-02 (2)	19,64	29,33	50,45	44,56	2,55	2,50	9,69	3,88
	MR-02 (3)	17,27	22,35	30,32	27,20	2,59	2,54	5,08	2,00
	Promedio					2,60	2,55		
3	MR-03 (1)	30,25	55,28	99,28	83,63	2,67	2,62	25,03	9,57
	MR-03 (2)	16,35	30,31	50,73	42,02	2,66	2,61	13,96	5,36
	MR-03 (3)	19,23	25,70	33,21	29,16	2,67	2,62	6,47	2,47
	Promedio					2,67	2,62		
4	MR-04 (1)	48,09	78,75	166,64	147,71	2,61	2,56	30,66	11,97



	MR-04 (2)	28,52	46,08	89,05	78,35	2,56	2,51	17,56	7,00
	MR-04 (3)	11,72	15,58	24,05	21,60	2,74	2,68	3,86	1,44
	Promedio					2,61	2,56		
5	MR-05 (1)	48,09	86,53	171,83	147,62	2,70	2,65	38,44	14,52
	MR-05 (2)	28,52	45,63	89,06	78,37	2,67	2,61	17,11	6,55
	MR-05 (3)	11,72	15,98	24,26	21,73	2,46	2,41	4,26	1,77
	Promedio					2,64	2,59		

Fuente. La Autora, 2019.

$$Pe = \frac{M - P}{M + W - P - S}$$

En dónde;

- Pe = peso específico o masa específica de cualquier mineral,
- P = masa del picnómetro vacío limpio y seco,
- M = masa del picnómetro con el mineral triturado dentro,
- S = masa del picnómetro con el mineral dentro y lleno de agua destilada,
- W = masa del picnómetro lleno solamente de agua destilada.

6.5.2.2. Contenido de Humedad

Se determinó la humedad de las muestras de roca siguiendo el protocolo del laboratorio, en la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos.

Tabla 34. Cálculos de humedad correspondiente al Tramo II.

N°	Código de muestra	Mr	Mrmh	Mmh	Mrms1	Mrms2	Mrms ctte	Mms ctte	% H
1	MR-01	71,08	136	64,92	135,89	135,89	135,89	64,81	0,17
2	MR-02	72,71	132,31	59,6	132,27	132,27	132,27	59,56	0,07
3	MR-03	74,16	105,42	31,26	105,38	105,38	105,38	31,22	0,13
4	MR-04	77,93	138,1	60,17	138,04	138,04	138,04	60,11	0,10
5	MR-05	73,03	103,51	30,48	103,45	103,45	103,45	30,42	0,20

Fuente. La Autora, 2019.

$$\%H = \frac{(Mrmh - Mr) - (Mrms - Mr)}{Mrmh - Mr}$$

En donde,

- %H = porcentaje de humedad,
- Mr = masa del recipiente,
- Mrmh = masa del recipiente más la muestra húmeda,
- Mrms = masa del recipiente más la muestra seca.

6.5.2.3. Peso Volumétrico

Se determinó el peso volumétrico de las muestras de roca siguiendo el protocolo del laboratorio, en la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos.

Tabla 35. Cálculos de peso volumétrico correspondiente al tramo II.

Nº	Código de muestra	% H	Mmh1	Mmh2	Mmh ctte	M H ₂ O	V H ₂ O	Pe
1	MR-01	0,17	65,52	65,65	65,65	0,84	0,86	2,68
2	MR-02	0,07	59,85	59,85	59,85	0,29	0,30	2,60
3	MR-03	0,13	31,37	31,37	31,37	0,15	0,15	2,67
4	MR-04	0,10	60,36	60,36	60,36	0,25	0,26	2,61
5	MR-05	0,20	30,69	30,71	30,71	0,29	0,30	2,64

Fuente. La Autora, 2019.

6.5.2.4. Porosidad

Se determinó la porosidad de las muestras de roca siguiendo el protocolo del laboratorio, en la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos.

Tabla 36. Cálculos de la porosidad correspondiente al tramo II.

Nº	Código de muestra	Mms ctte	V H ₂ O	Pe	Dens.	V.esq	VT	n	%n
1	MR-01	64,81	0,86	2,68	2,63	24,68	25,5	0,00336	3,357
2	MR-02	59,56	0,30	2,60	2,55	23,70	23,70	0,0125	1,25
3	MR-03	31,22	0,15	2,67	2,62	12,10	12,10	0,0127	1,267
4	MR-04	60,11	0,26	2,61	2,56	23,80	23,80	0,0107	1,074
5	MR-05	30,42	0,30	2,64	2,59	12,10	12,10	0,0245	2,455

Fuente. La Autora, 2019.

$$n = \frac{V.poros}{VT} * 100 \%$$

$$V.T = V.esq + V.poros$$

En donde:

- n = porosidad de la roca.
- $V.poros$ = volumen de los poros.
- VT = volumen total de la muestra rocosa.

$$Pv = Pe - n * Pe$$

En donde:

- Pv = Peso volumétrico
- Pe = Peso específico
- n = porosidad de la roca

6.5.2.5. Resistencia a la Compresión Simple o Uniaxial (RCS)

Durante el levantamiento "in – situ" se recolectaron muestras de rocas, las cuales fueron destinadas para los ensayos de RCS, en este ensayo se calculó una velocidad de 0.25 Mpa/s. Las muestras fueron probetas cúbicas de roca, las cuales tenían medias aproximadamente de 5 cm por cada lado del cubo, en condiciones secas.

Tabla 37. Resultados de las quince muestras de roca del Tramo II.

Macizo N°	Ensayo N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Área (mm ²)	Peso (gr)	Fuerza (KN)	Resistencia Compresión Uniaxial (Mpa)
1	1	49,9	49,9	49,8	2490,01	340,19	267,6	107,44
	2	49,9	49,8	50,0	2485,02	340,19	242,9	97,93
	3	49,9	50	50,0	2495,00	326,01	274,0	110,06
	PROMEDIO							
2	1	49,9	49,9	49,8	2490,01	311,84	213,6	86,42
	2	49,8	49,9	49,9	2485,02	331,68	228,1	91,76
	3	50,0	50,1	49,8	2505,00	340,19	353,8	141,50
	PROMEDIO							
3	1	49,9	49,9	50,0	2490,01	328,85	125,2	50,06
	2	49,9	49,9	49,9	2490,01	328,85	174,3	69,92



	3	49,9	49,9	49,9	2490,01	340,19	139,5	56,02
	PROMEDIO							58,67
4	1	49,9	49,9	50,0	2490,01	334,52	123,4	65,61
	2	49,9	49,9	49,9	2490,01	326,01	105,4	42,31
	3	49,9	49,9	50,0	2490,01	340,19	111,4	44,73
	PROMEDIO							50,88
5	1	49,9	49,9	49,7	2490,01	326,01	98,6	39,59
	2	49,8	49,8	49,9	2480,04	309,00	96,4	39,04
	3	49,9	49,9	49,8	2490,01	343,02	129,9	52,16
	PROMEDIO							43,59

Fuente. La Autora, 2019.

Se puede evidenciar en cada ensayo que las curvas de esfuerzo – deformación presentaron una rama ascendente, estas alcanzaron la resistencia pico y una rama descendente que reflejó la pérdida de la resistencia. El valor de la fuerza máxima que soporta el cubo se dividió por el área sobre la que se aplicó la fuerza que viene siendo la resistencia a compresión simple.

Este parámetro dependió hasta cierto punto de su forma y tamaño de la muestra, el contenido en humedad, la velocidad de la carga aplicada, preparación y tallado de las muestras. Finalmente distribución de esfuerzos varió con relación a la geometría del cubo causado principalmente por la fricción entre la muestra y la placa de aplicación de carga.

6.6. Mecánica de Rocas

El estudio mecánico para los macizos rocosos son de carácter sustancial para la presente investigación debido a la indagación de los materiales rocosos determinando sus propiedades físicas y mecánicas tanto "in – situ" y de laboratorio con la finalidad de obtener parámetros geotécnicos, los cuales se utilizaron para realizar una clasificación cuantitativa y posteriormente una estimación de parámetros resistentes como cohesión y ángulo de fricción interno con el objeto de estimar la calidad de los macizos rocosos registrados.

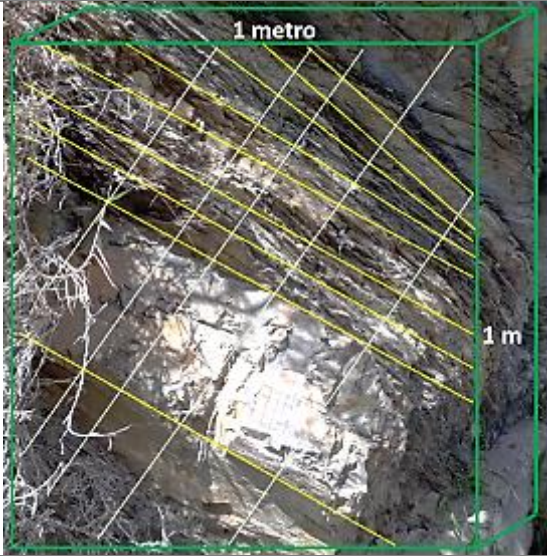
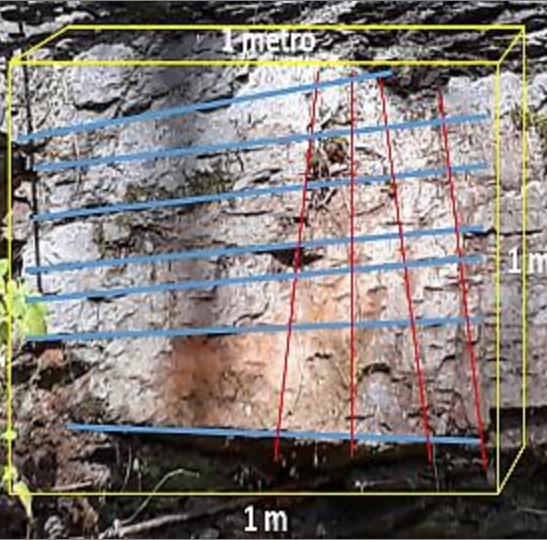
6.6.1. Caracterización del Macizo Rocosó

6.6.1.1. Valoración del RQD

Este índice se ha usado en todo el mundo, debido a que es fácil de determinar su calidad; y al no disponer de núcleos de perforación, se estimó midiendo la cantidad de discontinuidades en 1 m² directamente en los cinco macizos rocosos.

El índice RQD no describe las condiciones en las que se encuentra el macizo rocoso y los esfuerzos que actúan sobre él. No se consideran las familias presentes, el estado de las discontinuidades, el tamaño de los bloques, la resistencia al corte que se produce en las discontinuidades y la presencia de agua que modifican el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos.

Tabla 38. Resultados del RQD.

	Macizo Rocosó N° 1									
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;">Sector:</td> <td>Banderilla</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">Coordenadas UTM</td> <td>X:</td> <td>700495</td> </tr> <tr> <td>Y:</td> <td>9531951</td> </tr> <tr> <td>Z:</td> <td>1769 m s.n.m</td> </tr> </table>		Sector:	Banderilla	Coordenadas UTM	X:	700495	Y:	9531951	Z:
	Sector:	Banderilla								
Coordenadas UTM	X:	700495								
	Y:	9531951								
	Z:	1769 m s.n.m								
	Número de Discontinuidades (Jv = 14grietas/m³)									
	$RQD (\%) = 115 - 3,3 * (Jv)$ $RQD (\%) = 115 - 3,3 * (14)$ $RQD (\%) = 68,8$									
	CALIDAD DE LA ROCA = REGULAR									
	Macizo Rocosó N° 2									
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;">Sector:</td> <td>Quebrada Culebrillas</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">Coordenadas UTM</td> <td>X:</td> <td>700099</td> </tr> <tr> <td>Y:</td> <td>9532242</td> </tr> <tr> <td>Z:</td> <td>1765 m s.n.m</td> </tr> </table>		Sector:	Quebrada Culebrillas	Coordenadas UTM	X:	700099	Y:	9532242	Z:
	Sector:	Quebrada Culebrillas								
Coordenadas UTM	X:	700099								
	Y:	9532242								
	Z:	1765 m s.n.m								
	Número de Discontinuidades (Jv = 11 grietas/m³)									
	$RQD (\%) = 115 - 3,3 * (Jv)$ $RQD (\%) = 115 - 3,3 * (11)$ $RQD (\%) = 78,7$									
	CALIDAD DE LA ROCA = BUENA									



Macizo Rocoso N° 3

Coordenadas UTM	Sector:	Cofradía
	X:	699972
	Y:	9532202
	Z:	1760 m s.n.m

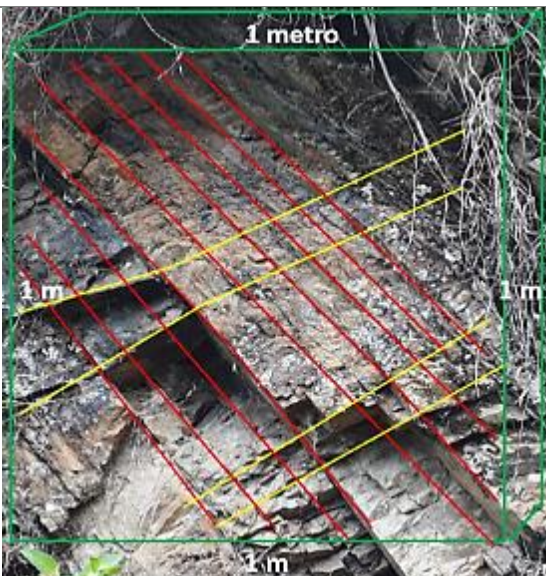
Número de Discontinuidades (Jv = 15 grietas/m³)

$$\text{RQD (\%)} = 115 - 3,3 * (\text{Jv})$$

$$\text{RQD (\%)} = 115 - 3,3 * (15)$$

$$\text{RQD (\%)} = 65,5$$

CALIDAD DE LA ROCA = REGULAR



Macizo Rocoso N° 4

Coordenadas UTM	Sector:	Cofradía
	X:	699867
	Y:	9532221
	Z:	1763 m s.n.m

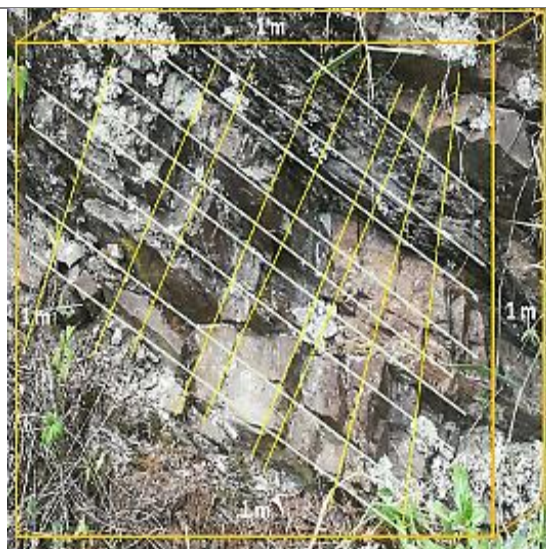
Número de Discontinuidades (Jv = 13 grietas/m³)

$$\text{RQD (\%)} = 115 - 3,3 * (\text{Jv})$$

$$\text{RQD (\%)} = 115 - 3,3 * (13)$$

$$\text{RQD (\%)} = 72,1$$

CALIDAD DE LA ROCA = REGULAR



Macizo Rocoso N° 5

Coordenadas UTM	Sector:	Cofradía
	X:	699912
	Y:	9532201
	Z:	1766 m s.n.m

Número de Discontinuidades (Jv = 18 grietas/m³)

$$\text{RQD (\%)} = 115 - 3,3 * (\text{Jv})$$

$$\text{RQD (\%)} = 115 - 3,3 * (18)$$

$$\text{RQD (\%)} = 55,6$$

CALIDAD DE LA ROCA = REGULAR

Fuente. La Autora, 2019.

La descripción cuali – cuantitativamente de los cinco macizos rocosos en estudio, dieron los siguientes resultados finales:

Tabla 39. Resultados del “RQD” del tramo II.

N° de Macizo	“RQD”	Calidad
1	68,8	Regular
2	78,7	Buena
3	65,5	Regular
4	72,1	Regular
5	55,6	Regular

Fuente. La Autora, 2019.

6.6.1.2. Valoración de la Resistencia a comprensión simple en matriz rocosa, discontinuidades con Martillo Schmidt

Al determinar la calidad de la roca, se optó por estimar la resistencia a comprensión simple con el martillo Schmidt, el trabajo se lo realizó en las inmediaciones del tramo II, con el fin de establecer la resistencia de soporte de los macizos rocosos. Además, se utilizó las densidades específicas de las muestras ensayadas.

El resultado de este ensayo “insitu” determino que la resistencia a la comprensión simple (MPa) del los macizos rocosos se encuentren catalogados como rocas desde **MODERADAMENTE DURA a MUY DURAS**, como se destacan en la siguiente tabla 40:

Tabla 40. Resultados del martillo Schmidt, para determinar la RCS en los Macizos.

Macizo Rocosó N° 1						
Coordenadas UTM	Sector:	Banderilla				
	X:	700495				
	Y:	9531951				
	Z:	1769 m s.n.m				
Equipo: Martillo Schmidt						
Matriz Rocosa						
N° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	48	46	50	51.2	La densidad específica real 26,28 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma horizontal a la pared del macizo.	140 MPa MUY DURA
2	52	40	50			
3	50	40	50			
4	40	48	52			
5	48	48	54			
6	54					
7	40					
8	50					
9	50					
10	46					
Discontinuidades (Familia 1)						
N° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	40	40	48	47.2		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
"CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL"



2	40	40	48	↑	La densidad específica real de 26,28 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma vertical (boca arriba) a la pared de la discontinuidad.	90 MPa DURA
3	44	44	48			
4	48	42	46			
5	46	44	46			
6	48					
7	46					
8	48					
9	46					
10	44					

Discontinuidades (Familia 2)

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	36	36	40	40	La densidad específica real de 26,28 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma diagonal hacia arriba de la pared de la discontinuidad.	65 MPa DURA
2	40	34	40			
3	40	34	40			
4	34	36	40			
5	34	36	40			
6	40					
7	36					
8	40					
9	36					
10	40					

Macizo Rocoso N° 2

Coordenadas UTM	Sector:	Quebrada Culebrillas	Equipo: Martillo Schmidt
	X:	700099	
	Y:	9532242	
	Z:	1765 m s.n.m	

Matriz Rocosa

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	56	42	56	53,6	La densidad específica real de 25 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma diagonal hacia la pared del macizo.	145 MUY DURA
2	46	46	56			
3	48	48	54			
4	52	44	50			
5	54	42	52			
6	42					
7	50					
8	42					
9	56					
10	44					

Discontinuidades (Familia 1)

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	36	28	42	47,2	La densidad específica real de 25 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma horizontal a la pared de la discontinuidad.	100 Mpa DURA
2	30	30	50			
3	28	30	50			
4	30	30	48			
5	30	36	46			
6	42					
7	50					
8	46					
9	50					
10	48					

Discontinuidades (Familia 2)

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	36	36	50	49,2	La densidad específica real de 25 Kn/m ³ . El	95 Mpa DURA
2	40	40	50			
3	45	45	50			
4	48	42	48			



5	50	36	48		
6	48				
7	42				
8	50				
9	36				
10	50				

↑

martillo fue aplicado de forma vertical (boca arriba) a la pared de la discontinuidad.

Macizo Rocoso N° 3

Coordenadas UTM	Sector:	La Cofradía	Equipo: Martillo Schmidt
	X:	699972	
	Y:	9532202	
	Z:	1760 m s.n.m	

Matriz Rocosa

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	54	42	62			
2	60	48	60			
3	56	50	58	59.2	La densidad específica real 25,69 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma	210 Mpa MUY DURA
4	50	54	58		forma horizontal a la pared del macizo.	
5	58	50	56			
6	42					
7	62					
8	48					
9	58					
10	50					

←

Discontinuidades (Familia 1)

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	32	26	40			
2	26	32	40			
3	40	28	40	40	La densidad específica real 25,69 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma vertical (boca abajo) a la pared de la discontinuidad.	80 Mpa DURA
4	42	36	42			
5	28	36	38			
6	36					
7	36					
8	40					
9	38					
10	40					

↓

Discontinuidades (Familia 2)

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	30	28	32			
2	28	28	32			
3	30	28	33	32.2	La densidad específica real 25,69 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma inclinada hacia abajo de la pared de la discontinuidad.	50 Mpa DURA
4	32	30	32			
5	30	30	32			
6	28					
7	28					
8	33					
9	30					
10	32					

↙

Macizo Rocoso N° 4

Coordenadas UTM	Sector:	La Cofradía	Equipo: Martillo Schmidt
	X:	6999867	
	Y:	9532201	
	Z:	1763 m s.n.m	

Matriz Rocosa

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	46	32	46			
2	46	34	46			
3	38	36	38	41.2	La densidad específica real 25,10 Kn/m ³ . El	72 Mpa DURA
4	34	34	38			



5	38	34	38		martillo fue aplicado de forma horizontal a la pared del macizo.
6	36				
7	38				
8	32				
9	34				
10	34				

Discontinuidades (Familia 1)

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	28	28	32	31.2	La densidad específica real 25,10 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma inclinada hacia abajo a la pared de la discontinuidad.	49 Mpa MODERADAMENTE DURA
2	32	28	30			
3	28	26	32			
4	26	28	30			
5	28	28	32			
6	30					
7	32					
8	30					
9	28					
10	28					

Discontinuidades (Familia 2)

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	40	40	46	46.8	La densidad específica real 25,10 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma diagonal hacia abajo de la pared de la discontinuidad.	110 Mpa MUY DURA
2	46	38	46			
3	38	40	48			
4	40	36	48			
5	36	40	46			
6	48					
7	46					
8	48					
9	46					
10	40					

Macizo Rocosos N° 5

Coordenadas UTM	Sector:	La Cofradia	Equipo: Martillo Schmidt
	X:	699912	
	Y:	9532221	
	Z:	1766 m s.n.m	

Matriz Rocosa

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	10	10	14	15,6	La densidad específica real 25,30 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma horizontal a la pared del macizo.	20 Mpa BLANDA
2	16	10	16			
3	10	10	16			
4	12	12	16			
5	10	12	14			
6	12					
7	14					
8	16					
9	16					
10	14					

Discontinuidades (Familia 1)

N ° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	12	10	13	18,2	La densidad específica real 25,30 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma inclinada hacia abajo a la pared de la discontinuidad.	26 Mpa MODERADAMENTE DURA
2	12	10	18			
3	13	12	22			
4	18	12	20			
5	22	12	18			
6	20					
7	10					
8	12					
9	10					
10	18					

Discontinuidades (Familia 2)



N° Lecturas	Valor de Rebote	Mínimos	Máximos	Promedio	Observaciones	Resultados
1	18	18	22	21.2	La densidad específica real 25,30 Kn/m ³ . El martillo fue aplicado de forma inclinada hacia arriba a la pared de la discontinuidad.	24 Mpa BLANDA
2	18	18	20			
3	18	18	20			
4	22	18	22			
5	20	18	22			
6	20					
7	18					
8	18					
9	22					
10	22					

Fuente. La Autora, 2019.

Tabla 41. Resultados reales de la valoración de la RCS a través del martillo Schmidt.

N°	Litología	Densidades	Resistencia (MPa)		Calidad
		Real	Real		
1	Filitas	26,28 Kn/m ³	Matriz rocosa	140	Muy Dura
			Familia J1	90	Dura
			Familia J2	65	Dura
2	Esquisto grafitoso	25,00 Kn/m ³	Matriz rocosa	145	Muy Dura
			Familia J1	100	Dura
			Familia J2	95	Dura
3	Filitas y esquistos	25,69 Kn/m ³	Matriz rocosa	210	Muy Dura
			Familia J1	80	Dura
			Familia J2	50	Dura
4	Esquistos y Filitas.	25,10 Kn/m ³	Matriz rocosa	72	Dura
			Familia J1	49	Moderadamente Dura
			Familia J2	110	Muy Dura
5	Esquistos	25,30 Kn/m ³	Matriz rocosa	20	Blanda
			Familia J1	26	Moderadamente Dura
			Familia J2	24	Blanda

Fuente. La Autora, 2019.

6.6.1.3. Valoración del "RMR"

Con excepción de la resistencia a la compresión uniaxial o compresión simple de laboratorio, los demás parámetros ("RQD", espaciamiento de las discontinuidades, condición de las discontinuidades y presión de agua), han sido determinados "in – situ" por cada macizo rocoso.

A continuación se presenta un resumen del estudio, referido a la evaluación geomecánica de los cinco macizos rocosos pertenecientes del Tramo II: Sector La Cofradia:

El primer macizo rocoso (**Tabla 42**), comprende el punto inicial del tramo II, el cual se encuentra en dirección aguas arriba al margen izquierdo del canal, aproximadamente tiene una altura de 12 m y una longitud de 18 m, litológicamente se encuentra caracterizado de filitas con tonalidades gris - amarillentas.

De acuerdo a las condiciones naturales el macizo rocoso presenta dos sistema de discontinuidades ($J_1= 52^\circ$ SO; $J_2=90^\circ$ N), en el ajuste del índice "RMR" no presenta ningun cambio, simplemente los dos sistemas se mantienen estables dando como resultado un macizo de calidad **BUENA** y de clase **II**.

Tabla 42.Caracterización "RMR" del macizo rocoso N ° 1.

Macizo Rocosos N° 1							
COORDENADAS UTM	Sector:	Banderillas					
	X:	700495					
	Y:	9531951					
	Z:	1769 m s.n.m					
PARÁMETROS		VALORACIÓN			Puntuación		
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa):	140 Mpa			12		
2	RQD (%):	68,8			13		
3	Separación entre juntas:	250 mm			10		
FAMILIAS		Jv 1	Jv 2	Jv 1	Jv 2	Puntuación	
4	Discontinuidades	Persistencia (m):	5 m	1 m	2	4	20
		Abertura (mm):	0,1 mm	0,1 mm	3	3	
		Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa	3	3	
		Relleno:	Ninguno	Ninguno	6	6	
		Meteorización:	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5	5	
5	Agua Freática:	Seco			15		
6	Corrección por la orientación de las discontinuidades:	52°	85°	0	0	0	
RESULTADOS							
RMR Básico					70		
RMR Corregido					70		
Clase de roca					II		
Descripción de la calidad					BUENA		
Cohesión del macizo rocoso					3-4 kg/cm2		
Angulo de fricción ϕ del macizo rocoso					35°-45°		

Fuente. La Autora, 2019.

El segundo macizo rocoso (**Tabla 43**), caracterizado comprende una altura de 15 m y una longitud de 20 m, litológicamente esta compuesto por esquistos grafitosos de grano fino, su tonalidad es gris azulado y presenta intercalaciones de cuarcita.

Se encuentra ubicado al margen izquierdo aguas arriba del canal, al costado de una pequeña acéquia debido a esto presenta una meteorización física ocasionada por el interperismo (viento, sol, agua entre otras) pero el macizo se mantiene seco en temporadas de verano; su rumbo es de S35°E.

Sus discontinuidades ($J_1= 61^\circ$ NO; $J_2=64^\circ$ NO), corresponde generalmente a un macizo de calidad **BUENA** y de clase **II**.

Tabla 43. Caracterización "RMR" del macizo rocoso N° 2.

Macizo Rocosos N° 2						
COORDENADAS UTM	Sector:	Quebrada Culebrillas				
	X:	700099				
	Y:	9532242				
	Z:	1765 m s.n.m				
PARAÁMETROS		VALORACION			Puntuación	
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa):	145 MPa			12	
2	RQD (%):	78,7			17	
3	Separación entre juntas (mm):	180 mm			8	
FAMILIAS		Jv 1	Jv 2	Jv 1	Jv 2	Puntuación
4	Discontinuidades	Persistencia (m):	7 m	2 m	2	4
	Discontinuidades	Abertura (mm):	Nada	<0.1 mm	6	5
	Discontinuidades	Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa	3	3
	Discontinuidades	Relleno:	Ninguno	Ninguno	6	6
	Discontinuidades	Meteorización:	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5	5
5	Agua Freática:	Seco			15	
6	Corrección por la orientación de las discontinuidades:	61°	64°	0	0	
RESULTADOS						
RMR Básico					74,5	
RMR Corregido					74,5	
Clase de roca					II	
Descripción de la calidad					BUENA	
Cohesión del macizo rocoso					3-4 kg/cm²	
Angulo de fricción ϕ del macizo rocoso					35°-45°	

Fuente. La Autora, 2019.

Para el tercer macizo rocoso (**Tabla 44**), caracterizado comprende una altura de 7 m y una longitud de 10 m, litológicamente esta compuesto por filitas y esquistos de grano fino. Presenta una meteorización moderadamente alterada producto de la acción estática de la atmósfera en la que al pasar el tiempo altera la composición de la roca, dando como resultado tonalidades oscuras y marrones en el macizo.

El macizo se encuentra en dirección aguas arriba al margen izquierdo del canal, con un rumbo N16°O. El cual mantiene las condiciones y características favorables para que el macizo aumente sus índices de "RMR" debido a la orientación de las discontinuidades ($J_1= 44^\circ$ SO; $J_2=30^\circ$ SE) corresponde generalmente a un macizo de calidad **BUENA** y de clase **II**.

Tabla 44. Caracterización "RMR" del macizo rocoso N° 3.

Macizo Rocosos N° 3						
COORDENADAS UTM	Sector:	La Cofradia				
	X:	699972				
	Y:	9532202				
	Z:	1760 m s.n.m				
PARAÁMETROS		VALORACION			Puntuación	
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa):	210 MPa			12	
2	RQD (%):	65,5			13	
3	Separación entre juntas (mm):	160 mm			8	
FAMILIAS		Jv 1	Jv 2	Jv 1	Jv 2	Puntuación
4	Persistencia (m):	15 m	1.5 cm	1	4	17,5
	Abertura (mm):	0.1 mm	0.1 mm	3	3	
	Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa	3	3	
	Relleno:	Ninguno	Ninguno	6	6	
	Meteorización:	Moderadamente alterada	Moderadamente alterada	3	3	
5	Agua Freática:	Seco			15	
6	Corrección por la orientación de las discontinuidades:	44°	30°	-5	-5	-5
RESULTADOS						
RMR Básico					65,5	
RMR Corregido					60,5	
Clase de roca					II	
Descripción de la calidad					BUENA	
Cohesión del macizo rocoso					3-4 kg/cm²	
Angulo de fricción ϕ del macizo rocoso					35°-45°	

Fuente. La Autora, 2019.

El cuarto macizo rocoso (**Tabla 45**), caracterizado comprende una altura aproximada de 6 m con una longitud de 8 m, litológicamente está compuesto por filitas y esquistos de grano fino, igualmente que el anterior presenta una meteorización moderadamente alterada, dando como resultado tonalidades de gris a marrones en el macizo.

Este macizo se encuentra en dirección aguas arriba al margen izquierdo del canal, con un rumbo de S30°O. Corresponde generalmente a un macizo de calidad **BUENA**, independientemente de las orientaciones de las discontinuidades ($J_1= 39^\circ$ SO; $J_2=41^\circ$ SO) pero sus características geomecánicas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 45. Caracterización del macizo N° 4.

Macizo Rocosó N° 4						
COORDENADAS UTM	Sector:	La Cofradia				
	X:	699867				
	Y:	9532201				
	Z:	1763 m s.n.m				
PARAÁMETROS		VALORACION			Puntuación	
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa):	72 MPa			7	
2	RQD (%):	72,1			13	
3	Separación entre juntas (mm):	150 mm			8	
FAMILIAS		Jv 1	Jv 2	Jv 1	Jv 2	Puntuación
4	Discontinuidades	Persistencia (m):	1,5 m	0.60 cm	4	6
		Abertura (mm):	Ninguno	Ninguno	6	6
		Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa	3	3
		Relleno:	Ninguno	Ninguno	6	6
		Meteorización:	Moderadamente alterada	Moderadamente alterada	3	3
5	Agua Freática:	Seco			15	
6	Corrección por la orientación de las discontinuidades:	20°	22°	-5	-5	
RESULTADOS						
RMR Básico					66	
RMR Corregido					61	
Clase de roca					II	
Descripción de la calidad					BUENA	
Cohesión del macizo rocoso					3 - 4 kg/cm²	
Angulo de fricción ϕ del macizo rocoso					35 - 45°	

Fuente. La Autora, 2019.

Para el quinto macizo rocoso (**Tabla 46**), caracterizado comprende una altura de 5 m y una longitud de 4 m, litológicamente esta compuesto por esquistos de grano fino a medio, se puede decir que presenta una meteorización moderadamente alta por presencia de vegetación y raíces de los árboles provocando una acción mecánica y la disgregación de la roca.

El macizo se encuentra en dirección aguas arriba al margen izquierdo del canal, el cual se encuentra al finalizar el tramo II, con un rumbo S60°O. De acuerdo con las condiciones y disposición de los dos sistemas de discontinuidades ($J_1= 20^\circ$ SE; $J_2=22^\circ$ SE) se considera un macizo de calidad **MEDIA** y de clase **III**; en donde debera contar con medidas de control para un futuro.

Tabla 46. Caracterización "RMR" del macizo rocoso N° 5.

Macizo Rocosos N° 5						
COORDENADAS UTM	Sector:	La Cofradia				
	X:	699912				
	Y:	9532201				
	Z:	1766 m s.n.m				
PARAÁMETROS		VALORACION			Puntuación	
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa):	20 MPa			2	
2	RQD (%):	55,6			13	
3	Separación entre juntas (mm):	60 mm			8	
FAMILIAS		Jv 1	Jv 2	Jv 1	Jv 2	Puntuación
4	Discontinuidades	Persistencia (m):	4.5 m	3 cm	2	2
		Abertura (mm):	15 mm	0.5 mm	0	3
		Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	3	3
		Relleno:	Ninguno	Ninguno	6	6
		Meteorización:	Moderadamente alterada	Moderadamente alterada	3	3
5	Agua Freática:	Seco			15	
6	Corrección por la orientación de las discontinuidades:	39°	42°	-5	-5	
RESULTADOS						
RMR Básico					53,5	
RMR Corregido					48,5	
Clase de roca					III	
Descripción de la calidad					MEDIA	
Cohesión del macizo rocoso					2 - 3 kg/cm²	
Angulo de fricción ϕ del macizo rocoso					25-35°	

Fuente. La Autora, 2019.

Finalmente la evaluación respectiva "RMR" permitió conocer el comportamiento mecánico del basamento metamórfico en donde se emplaza el tramo II. A continuación resume las características geomecánicas obtenidos de los cinco macizo rocosos estudiados.

Tabla 47. Resumen de calidad de los macizos rocosos en el tramo II.

N° de Macizo	Litología	"RMR" Básico	"RMR" Corregido	Clasificación Geomecánica	
				Clase	Calidad
1	Filitas	75	75	II	BUENA
2	Esquisto grafitoso con intercalaciones de cuarcita	74,5	74,5	II	BUENA
3	Filitas con esquistos	65,5	60,5	II	BUENA
4	Filitas con esquistos	66	61	II	BUENA
5	Esquistos	53,5	48,5	III	MEDIA

Fuente. La Autora, 2019.

6.6.1.4. Análisis de las Proyección Estereográfica para los Macizos Rocosos

Este análisis representa la interpretación de los datos tomados "in – situ" de los cinco macizos rocosos caracterizados geomecánicamente, aplicando el software Dips 5.0, el cual proporcione gráficamente resultados a través de los diagramas de densidades y los diagramas de polos y círculos máximos.

Los diagramas de densidades muestran el sector en el que repite la mayor cantidad de familias de discontinuidades mientras que los diagramas de polos y círculos máximos representaran puntos para cada una de las fracturas posibles con sus respectivos planos de falla.

Según esto, en la **Figura 14**, se presenta el diagrama de polos y círculos máximos para el primer macizo rocoso, en donde de forma general presenta una dirección NE – SW, de la misma manera se puede apreciar que la familia J1 presenta una dirección preferencial NE – SW, mientras que la familia J2 tiene una dirección preferencial N – S.

Dadas estas condiciones los dos planos cuya intersección quedan afuera de la superficie del plano del macizo, dando como resultado una falla tipo cuña. La inestabilidad de esta cuña se debe a que la línea de intersección se encuentra dentro del plano del macizo y el círculo concéntrico con el de proyección de radio que es igual al ángulo complementario de fricción de los planos de discontinuidades como se muestra en la figura 14 (a).

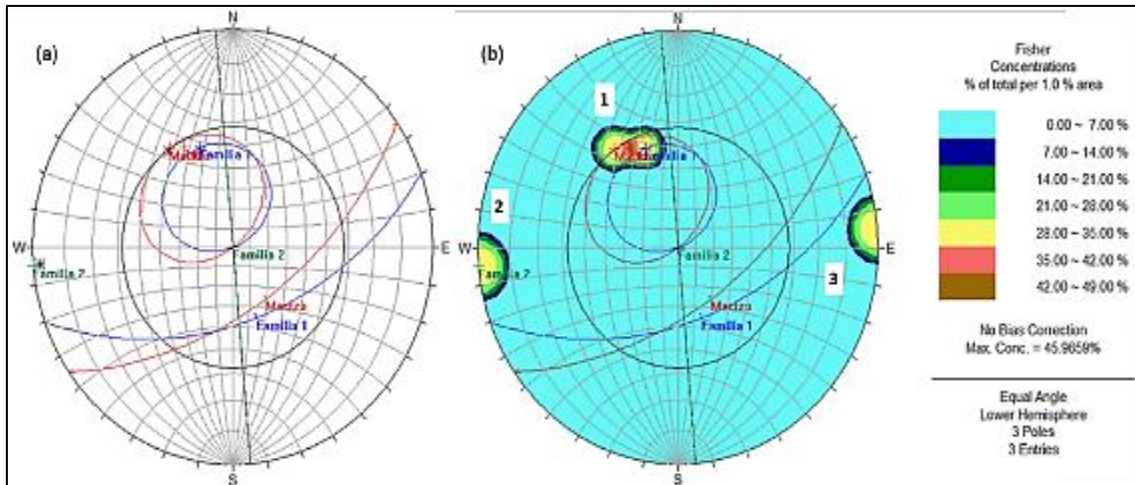


Figura 14. Diagrama estereográfica y densidad de polos, macizo rocoso N°1.

Fuente. La Autora, 2019.

En la figura 14 (b), se ha generado zonas, a través de zonas de colores, denominado diagrama de densidades en donde se concentra la mayor cantidad de polos respecto al diagrama de polos y círculos máximos. En esta figura se muestra que el color celeste presenta de 0-7 % el cual señala el lugar con menos probabilidad de encontrar un polo, mientras que el color café presenta una zona de 42–49 % señalando un sector de mayor probabilidad de polos.

Por lo tanto se distinguen 3 zonas de concentración de polos principales, asociados a un centro con probabilidad de ocurrir de un 45,95% aproximadamente; a esto se le asocian los tres plano de falla que representan discontinuidades independientes del macizo, además indica la dirección de falla hacia NW.

En la **Figura 15**, se presenta el diagrama de polos y círculos máximos para el segundo macizo rocoso, en donde de forma general tiene una dirección NE – SW, de la misma manera se puede apreciar que la familia J1 presenta una dirección preferencial NE – SW, mientras que la familia J2 tiene una dirección preferencial también NE – SW.

Dadas estas condiciones existe dos planos de discontinuidades en este macizo, dando como resultado una falla tipo cuña muy amplia, cuya característica principal es que exista un deslizamiento que se produzca posiblemente por fricción en ambos planos
Figura 15 (a).

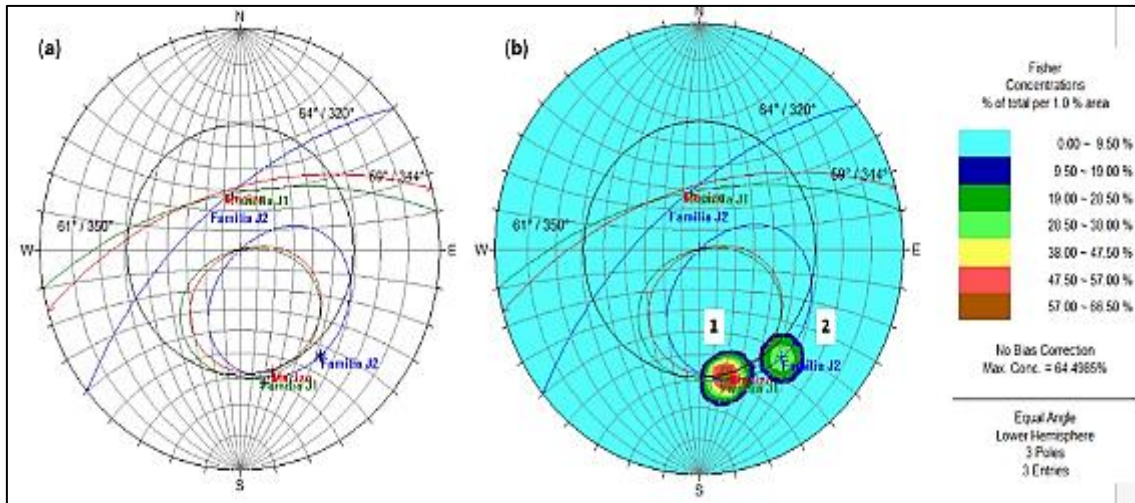


Figura 15. Diagrama estereográfica y densidad de polos, macizo rocoso N°2.

Fuente. La Autora, 2019.

En la figura 15 (b), se ha generado zonas de densidades en donde existe la mayor cantidad de polos respecto al diagrama de polos. En esta figura se muestra que el color celeste presenta de 0 - 9,5% el cual señala el lugar con menos probabilidad de encontrar un polo, mientras que el color café presenta una zona de 57–66,50 % el cual señala el sector de mayor probabilidad del polo.

Por lo tanto se distinguen dos zonas de concentración de polos principales, asociados a un centro con probabilidad de ocurrir de un 64,49% aproximadamente; a esto se le asocian los dos planos de falla que representan discontinuidades independientes del macizo, además con la dirección de falla hacia SE.

Dentro de la **Figura 16**, en el diagrama de polos y círculos máximos para el tercer macizo rocoso, en donde de forma general tiene una dirección NW – SE, de la misma manera se puede apreciar que la familia J1 presenta una dirección preferencial WNW – ESE, mientras que la familia J2 tiene una dirección preferencial NW - SE.

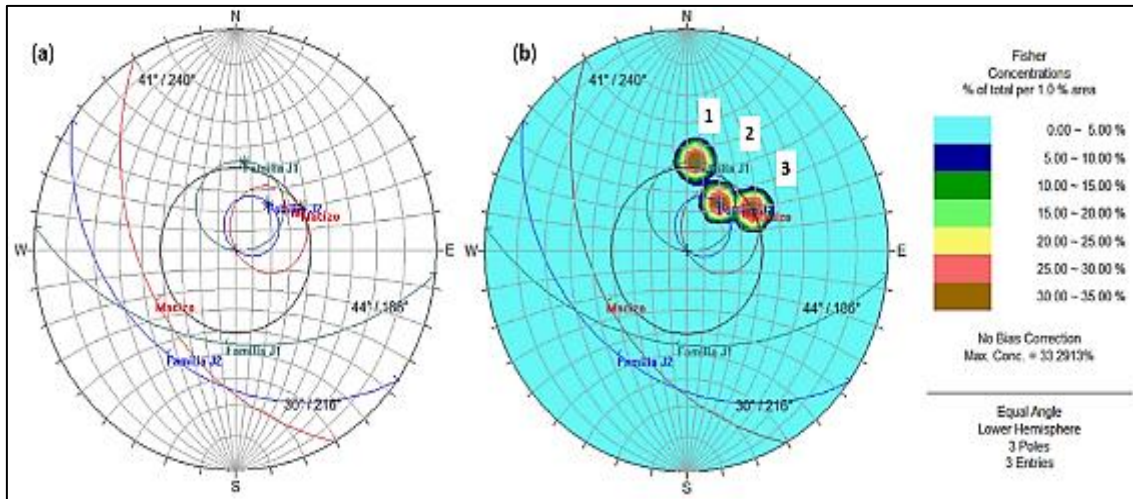


Figura 16. Diagrama estereográfica y densidad de polos. Macizo rocoso N°3.
Fuente. La Autora, 2019.

Dando lugar en la Figura 16 (a), da como resultado la formación de una falla tipo cuña directa, debido a la existencia de estos dos planos, en donde cuya intersección forman un ángulo oblicuo y fuera de la superficie abarcada por el plano del macizo. Se denominó cuña directa por la dirección que toman los planos, en este caso los planos buzcan hacia distintos lados de la línea de intersección.

En la figura 16 (b), se ha generado zonas de densidades en donde existe la mayor cantidad de polos respecto al diagrama de polos y círculos máximos. En esta figura se muestra que el color celeste presenta de 0 - 5% el cual señala el lugar con menos probabilidad de encontrar un polo, mientras que el color café presenta una zona de 30 - 35% el cual señala el sector de mayor probabilidad del polo.

Por lo tanto se distinguen dos zonas de concentración de polos principales, asociados a un centro con probabilidad de ocurrir de un 33,29% aproximadamente; a esto se le asocian los dos planos de falla que representan discontinuidades independientes del macizo, además con dirección de falla hacia NE.

En la **Figura 17**, en el diagrama de polos y círculos máximos para el cuarto macizo rocoso, en donde de forma general tiene una dirección NW – SE de la misma manera se puede apreciar que la familia J1 presenta una dirección preferencial NW - SE, mientras que la familia J2 tiene una dirección preferencial NE - SW.

Dando lugar en la Figura 17(a), resultada la formación de una falla tipo planar, debido a

la intersección de J1 con respecto al macizo, esta intersección presenta menos de 20° de la dirección de la superficie del macizo, y de la misma manera el buzamiento de la J1 es menor que el buzamiento del macizo.

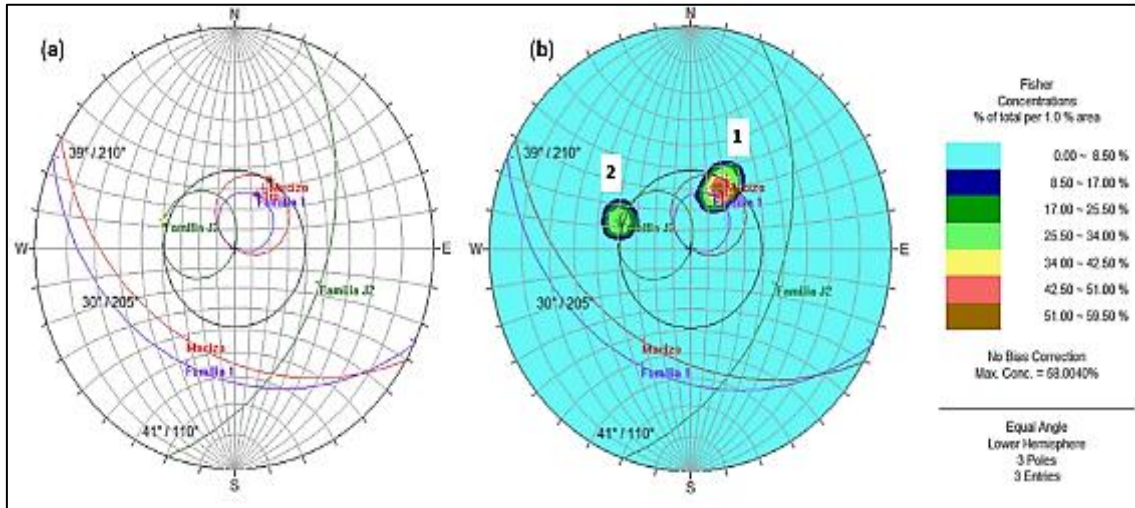


Figura 17. Diagrama estereográfica y densidad de polos, macizo rocoso N° 4.
Fuente. La Autora, 2019.

En la figura 17 (b), se ha generado zonas de densidades en donde existe la mayor cantidad de polos respecto al diagrama de polos y círculos máximos. En esta figura se muestra que el color celeste presenta de 0 – 8,5% el cual señala el lugar con menos probabilidad de encontrar un polo, mientras que con el café presenta una zona de 51 – 59,50% el cual señala el sector de mayor probabilidad del polo.

Por lo tanto se distinguen dos zonas de concentración de polos principales, asociados a un centro con probabilidad de ocurrir de un 58 % aproximadamente; siendo la dirección de falla hacia el Norte.

Finalmente en el quinto macizo rocoso de la **Figura 18**, se presenta el diagrama de polos y círculos máximos, en donde de forma general tiene una dirección NW – SE, de la misma manera se puede apreciar que la familia J1 presenta una dirección preferencial NE – SW, mientras que la familia J2 tiene una dirección preferencial de NE – SW.

Dando lugar en la figura 18 (a), da como resultado la formación de una falla tipo cuña directa, debido a la existencia de estos dos planos, en donde cuya intersección forman un ángulo oblicuo y fuera de la superficie abarcada por el plano del macizo. Se denominó cuña directa por la dirección que toman los planos, en este caso los planos buzaban hacia distintos lados de la línea de intersección.

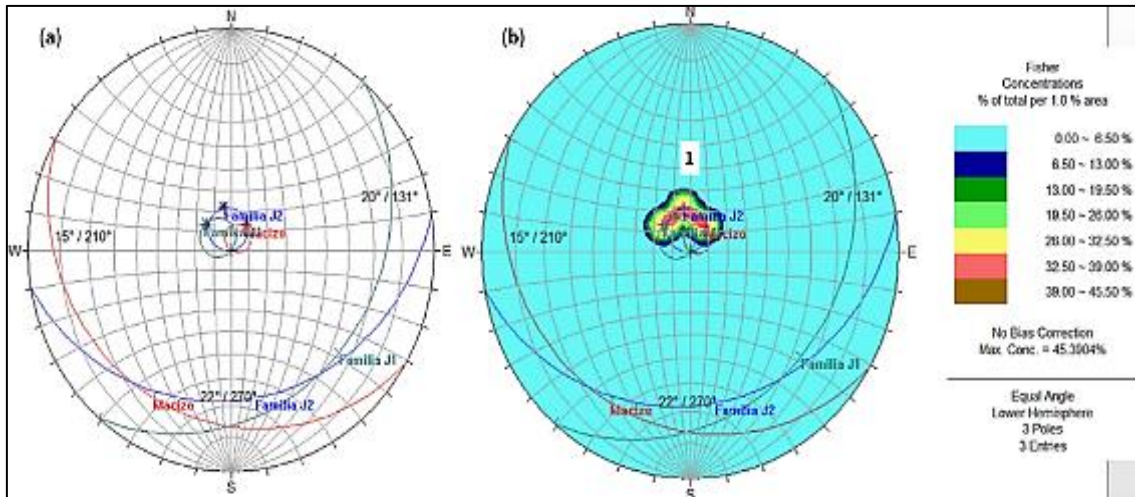


Figura 18. Diagrama estereográfica y densidad de polos, macizo rocoso N°5.
Fuente. La Autora, 2019.

En la figura 18 (b), se ha generado zonas de densidades en donde existe la mayor cantidad de polos respecto al diagrama de polos y círculos máximos. En esta figura se muestra que el color celeste presenta de 0 – 6,5% el cual señala el lugar con menos probabilidad de encontrar un polo, mientras que con el café presenta una zona de 39 – 45,50 % el cual señala el sector de mayor probabilidad del polo.

Por lo tanto se distinguen en esta zona de concentración el polo principal, asociado a un centro con probabilidad de ocurrir de un 45,3% aproximadamente; a esto se le asocian los dos planos de falla que representan discontinuidades independientes del macizo, además siendo la dirección de falla hacia el Norte.

6.6.1.5. Estimación del comportamiento geomecánico del Macizo Rocosó

Para esta estimación se evaluó el comportamiento del macizo rocoso con respecto a sus propiedades físicas y mecánicas, aplicando el Criterio de Mohr – Coulomb (1997), la resistencia puede evaluarse en términos de máximo esfuerzo que puede soportar para las determinadas condiciones y en términos de sus propiedades resistentes como cohesión (c) y ángulo de fricción (ϕ) teóricas obtenidos por la valoración del "RQD"; para la tensión normal (σ_n) se utilizó la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa utilizando el martillo Schmidt.

A continuación se muestran en la siguiente tabla los valores teóricos y reales obtenidos para la estimación de la resistencia de la matriz rocosa:

Tabla 48. Análisis de la resistencia de la matriz rocosa por el Criterio de Mohr – Coulomb.

Macizo N°	Parámetros y estimación del comportamiento geomecánico	Unidades	Valor
1	Cohesión (c)	Mpa	24,51
	Normal sobre el plano de rotura (σ_n)	Mpa	140
	Ángulo de fricción (ϕ)	(°)	35
	Tensión tangencial (τ)	Mpa	115,15
2	Cohesión (c)	Mpa	24,51
	Normal sobre el plano de rotura (σ_n)	Mpa	145
	Ángulo de fricción (ϕ)	(°)	35
	Tensión tangencial (τ)	Mpa	118,65
3	Cohesión (c)	Mpa	24,51
	Normal sobre el plano de rotura (σ_n)	Mpa	210
	Ángulo de fricción (ϕ)	(°)	35
	Tensión tangencial (τ)	Mpa	164,15
4	Cohesión (c)	Mpa	24,51
	Normal sobre el plano de rotura (σ_n)	Mpa	72
	Ángulo de fricción (ϕ)	(°)	35
	Tensión tangencial (τ)	Mpa	67,55
5	Cohesión (c)	Mpa	14,71
	Normal sobre el plano de rotura (σ_n)	Mpa	20
	Ángulo de fricción (ϕ)	(°)	25
	Tensión tangencial (τ)	Mpa	15,96

Fuente. La Autora, 2019.

Con el criterio Barton & Choubey (1997), se dedujo el análisis del comportamiento de la resistencia al corte en las discontinuidades a partir de ensayos "in – situ", ensayos de laboratorio y datos bibliográficos; utilizando la tensión normal (σ_n) de la resistencia del martillo Schimidt sobre el plano de discontinuidad; para el ángulo de rozamiento residual (ϕ_r) se utilizó el ángulo de resistencia básico de la roca (ϕ_b) estimada en la tabla bibliográfica N° (página 28) ; además se utilizó los valores de los rebotes del martillo Schimidt sobre la superficie del material sana, seca (R) y sobre la superficie de la pared de la discontinuidad en estado natural seca (r).

Para obtener el coeficiente de rugosidad de la discontinuidad (JRC), varía en función de los perfiles normalizados el cual presenta un rango entre 1 y 20 a escala de 10 cm. Finalmente para obtener la resistencia de la pared de la discontinuidad (JCS) se aplicó los valores de la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa, por medio del martillo Schmidt.

A continuación se muestran en la siguiente tabla los valores teóricos y reales obtenidos para la estimación de la resistencia al corte de los planos de discontinuidad.

Tabla 49. Análisis de la resistencia al corte de las discontinuidades, a través del Criterio Barton & Choubey (1997).

N°	Macizo Rocoso	Rebotes en la Roca (r)					Promedio (r)	(R)	ϕ_b (°)	ϕ_r (°)	JRC	JCS (Mpa)
1	J1	48	48	48	46	46	47,2	51,2	30	28,43	2	140
	J2	40	40	40	40	40	40		30	25,62	2,5	
2	J1	42	50	50	48	48	47,6	53,6	30	37,76	2	145
	J2	50	50	50	48	48	49,2		30	38,35	2	
3	J1	40	40	40	42	38	40	59,2	30	26,26	3,5	210
	J2	32	32	32	32	32	32		30	20,81	4	
4	J1	32	30	32	30	32	31,2	41,2	30	25,14	3	72
	J2	46	46	48	48	46	46,8		30	32,71	3,5	
5	J1	13	18	22	20	18	18,2	15,6	25	28,33	4,5	20
	J2	22	20	20	22	22	21,2		25	32,17	4,5	

Fuente. La Autora, 2019.

6.7. Diagnóstico técnico del tramo II: Sector La Cofradía

En el Tramo II: Sector La Cofradía, se realizó el levantamiento y diagnóstico metro a metro, observando la existencia de diferentes secciones del canal en los que se puede visualizar fallas en el terreno y en la infraestructura hidráulica como el deterioro de los muros de sostenimiento y desgaste de la solera (base) los mismos que están causando infiltraciones del canal, y a largo plazo conllevaron al desarrollo de asentamientos los mismos que pueden provocar cortes en la plataforma del canal y entre otras que se han producido a lo largo de este tiempo. (**Ver Anexo. 4.13.** Mapa de ubicación sobre el diagnóstico técnico del tramo II, escala 1: 5 000)

6.7.1. Desprendimientos en los muros de sostenimiento del canal

Se levantaron cuatro desprendimientos en los muros de sostenimiento del canal, los cuales se encuentran en dirección aguas arriba del canal de riego en la tabla 50, se citan las coordenadas UTM correspondientes de cada desprendimiento.

Tabla 50. Ubicación de los desprendimientos en los muros del canal.

N°	Coordenadas UTM		Distancia (m)
1	X:	699054	3,5
	Y:	9532568	
	Altitud:	1758 m s.n.m	
2	X:	699400	2,0
	Y:	9532471	
	Altitud:	1754 m s.n.m	
3	X:	699484	4,0
	Y:	9532433	
	Altitud:	1763 m s.n.m	
4	X:	699628	1,5
	Y:	9532375	
	Altitud:	1759 m s.n.m	

Fuente. La Autora, 2019.

El primer desprendimiento presenta una pérdida total del muro de sostenimiento lateral izquierda, con una longitud aproximada de 3,5 m. Producida por factores condicionantes como la meteorización física de la roca originando fragmentos como material suelto pero manteniendo su composición y propiedades.



Fotografía 50. Desprendimientos a lo largo del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.



Además, con los factores desencadenantes, como las precipitaciones y cambio en las condiciones hidrológicas, debido que el agua entra en contacto con el suelo, dieron lugar a la presión que generó el cambio tensional, modificando las propiedades mecánicas del suelo, provocando la pérdida del muro.

El segundo desprendimiento se dio en el muro de sostenimiento lateral izquierda con una longitud aproximadamente de 1,5 m. Influenciado por factores desencadenantes como el cambio en las condiciones hidrológicas por la sobreelevación del recurso hídrico en el canal, provocando una leve infiltración hacia el borde superior teniendo contacto con la superficie provocando el deterioro de la pared.

Para el tercer desprendimiento se dio en el muro de sostenimiento lateral derecha con una longitud de 4 m; y el cuarto desprendimiento se dio en la pared lateral izquierdo con una longitud de 2 m. Los cuales fueron causados por el factor antropogénico, debido a la apertura del canal para nuevas instalaciones como cajas de revisión, las cuales al momento de no instalarlas dejaron la infraestructura destruida y con el tiempo comenzó la pérdida total de los muros de sostenimiento.

6.7.2. Asentamientos sobre el canal

Durante el levantamiento se evidenciaron cuatro asentamientos a lo largo del tramo II, este fenómeno se debe a la deformación del subsuelo en el que se apoya el canal causado por esfuerzos incluidos del propio peso del canal. Debido al tipo de suelo y al contenido de agua, dan origen a un riesgo en los niveles freáticos muy superficiales del terreno. Los asentamientos se dieron uniformemente, es decir que las deformaciones son iguales en cualquier punto de la superficie del canal.

Pero el mayor problema que tiene este tipo de asentamiento son las roturas en las tomas individuales, cajas de revisión, el desarenador, alivianero, compuertas de desfogue entre otras. Generalmente no existen fallas estructurales, porque la estructura solo presenta un descenso de nivel.



Fotografía 51. Asentamientos en la infraestructura del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

En la tabla 51, se muestran los puntos de coordenadas UTM, de los diferentes asentamientos levantados a lo largo del tramo II.

Tabla 51. Ubicación de los asentamientos levantados a lo largo del tramo II.

N°	Coordenadas UTM				Distancia (m)
	Inicio		Fin		
1	X:	699406	X:	699425	20,61
	Y:	9532459	Y:	9532451	
	Altitud:	1758 m s.n.m	Altitud:	1759 m s.n.m	
2	X:	699506	X:	699525	20,61
	Y:	9532411	Y:	9532403	
	Altitud:	1759 m s.n.m	Altitud:	1755 m s.n.m	
3	X:	699687	X:	699696	20,12
	Y:	9532362	Y:	9532344	
	Altitud:	1762 m s.n.m	Altitud:	1764 m s.n.m	
4	X:	699308	X:	699326	18,68
	Y:	9532475	Y:	9532480	
	Altitud:	1763 m s.n.m	Altitud:	1759 m s.n.m	

Fuente. La Autora, 2019.

6.7.3. Fallas Estructurales.

6.7.3.1. Unión deficiente en el canal.

En el punto de coordenadas el Datum UTM (WGS84) en la zona 17 Sur: X= 699121, Y= 9532570, Altitud, 1771 ms.n.m; se pudo evidenciar la unión deficiente en el canal, el cual se encuentra en dirección aguas arriba al margen derecho del canal de riego.

Esta unión del canal nuevo con el antiguo se presenta de forma latente provocado el deterioro del muro, formando una fisura vertical dando acción que el agua se infiltre hacia la parte exterior del canal, causando pequeños desprendimientos en la base del muro y de forma vertical entre la unión de la infraestructura, con el tiempo este fenómeno podría formar desprendimiento total del muro.



Fotografía 52. Unión del canal a lo largo del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Además otro factor importante que incide fue que al inicio de la construcción y en las reparaciones presentes del canal, no contaron con el conocimiento técnico adecuado el cual es necesario para las correctas medidas y tipos de construcción apropiado para un canal de riego.

6.7.4. Agujeros en los muros de sostenimiento del canal

En el punto siguiente punto de coordenadas el Datum UTM (WGS84) en la zona 17 Sur: X= 699163, Y= 9532571, Altitud, 1761 ms.n.m; se pudo evidenciar la presencia de agujeros en el muro de sostenimiento lateral interna del canal, el cual se encuentra en dirección aguas arriba al margen izquierdo del canal de riego.



Fotografía 53. Sector del canal donde hay agujeros. **Fuente.** La Autora, 2019.

Existe un sin número de factores involucrados a la formación de los agujeros, entre ellos la humedad debido que los muros del canal están expuestos permanentemente a diferentes estados de humedad, sometido a expansiones y contracciones provocando cambios en las dimensiones en el muro más el paso del recurso hídrico provocando agujeramientos.



Fotografía 54. Agujeros en la pared interna del canal. **Fuente.** La Autora, 2019.

Además por la mala ejecución en la infraestructura existen zonas en los muros que están huecas y más los factores condiciones y desencadenantes dan origen a la formación de estos agujeros.

6.7.5. Fisuras y grietas en los muros de sostenimiento del canal

En el de tramo II, se han evidenciado fisuras, las cuales vienen siendo roturas que aparecen generalmente en la superficie del muro, por la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia. Además se observó fisuras que atraviesan de lado a lado del espesor del muro, esto se denomina grieta.

Las causas de estos agrietamientos, son problemas superficiales los cuales se dieron por la existencia de varios factores como la consecuencia de la meteorización, erosión, cambios de humedad, e impactos por el desplazamiento o fracturación generado por las tensiones de posibles asentamientos, retracción, caída de rocas en los bordes superiores, y la carencia de control en el aspecto de la ingeniería.



Fotografía 55. Grietas a lo largo del tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

En la tabla 52, se muestran los puntos de coordenadas UTM, de los diferentes agrietamientos en los muros de sostenimiento del canal levantados a lo largo del tramo.

Tabla 52. Ubicación de los agrietamientos levantados a lo largo del tramo II.

N°	COORDENADAS UTM		
	X:	Y:	Z:
1	699506	9532411	1759 m s.n.m
2	699624	9532373	1756 m s.n.m
3	699400	9532471	1754 m s.n.m

Fuente. La Autora, 2019.

6.7.6. Volteo de los muros de sostenimiento del canal

En el levantamiento se pudo evidenciar zonas de curva, las cuales presentan fallas estructurales originados por deslizamientos rotacionales simples, estos se ubican en el mismo sentido de la falla, el cual por su sobrecarga y más los factores intrínsecos, dieron lugar a presiones mayores, cambiando su estado y generando el volteo del muro lateral izquierda en dirección aguas arriba del canal de riego.



Fotografía 56. Volcamiento de los muros del canal. **Fuente.** La Autora, 2019.

En la tabla 53, se muestran los puntos de coordenadas UTM, de los diferentes volcamientos en los muros de sostenimiento del canal.

Tabla 53. Ubicación de los volcamiento del tramo II.

N°	COORDENADAS UTM		
	X:	Y:	Z:
1	699306	9532475	1763 m s.n.m
2	699624	9532373	17564 m s.n.m

Fuente. La Autora, 2019.

6.7.7. Compuerta de desfogue

En el siguiente punto de coordenadas el Datum UTM (WGS84) en la zona 17 Sur: X= 700442; Y= 9531953; Altitud= 1770 m s.n.m, se ubica una compuerta de desfogue, la cual se encuentra en dirección aguas arriba en la pared lateral derecha del canal.



Fotografía 57. Compuerta de desfogue, en el tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Esta compuerta de desfogue esta compuesta de un tornillo metálico sinfín, introducido en el tornillo enroscable de acero, tiene una altura de 2,5 m desde la base del canal.

La compuerta presenta en su parte inferior de su aleta derecha un daño estructural, causado por un asentamiento brusco en la base del canal por tal motivo ha desarrollado una grieta con un espaciado aproximado de 3 cm.

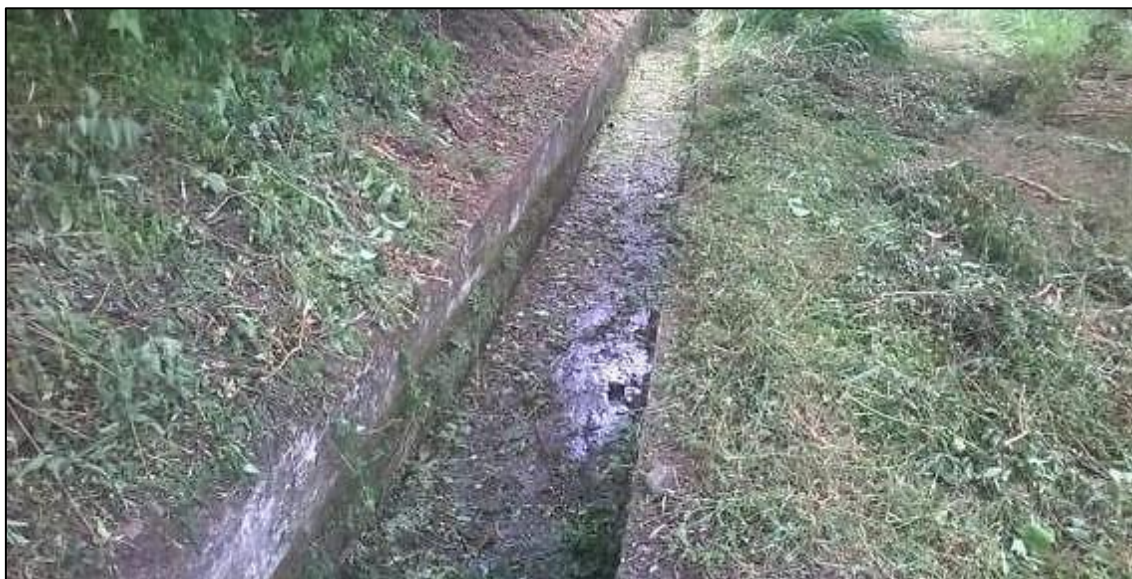
6.7.8. Infraestructura del tramo II

En este punto se describe de manera técnica las trece secciones identificadas dentro del tramo II; de los cuales se tomaron medidas geométricas en cada sección transversal del canal, este tipo de información servirá como base para futuros trabajos de rehabilitación. (**Ver Anexo 4.14.** Mapa sobre la Infraestructura del tramo II: Sector La Cofradia, escala 1: 5 000)

A continuación, se describe los trece tipos de secciones levantadas a lo largo del tramo:

6.7.8.1. Sección N° 1 “Canal completo de hormigón armado”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, evidenciando un canal completo con muros de sostenimiento y la base del canal de hormigón armado. Presenta una longitud de 673 m, se lo considera como un canal tipo rectangular. Dentro de esta sección se registran los asentamientos N° 1 y 2 descritos anteriormente.

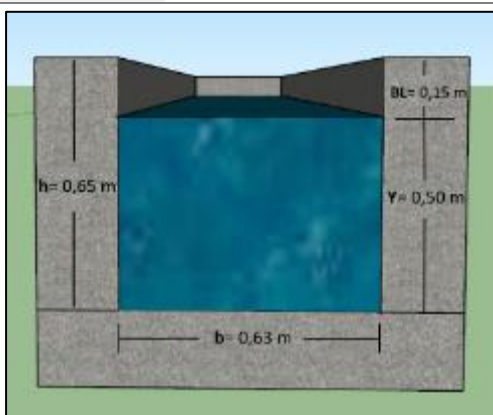


Fotografía 58. Canal completo sección N°1, perteneciente al tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 54. Canal completo sección N°1, perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
	INICIO		FIN
X	698996	X	699680
Y	9532477	Y	9532382
Altitud	1758 m s.n.m	Altitud	1758 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	$Q = 448,42 \text{ l/s}$
Ancho de la solera	$b = 0,63 \text{ m}$
Altura total del canal	$h = 0,65 \text{ m}$
Tirante de agua	$Y = 0,50 \text{ m}$
Bolde libre	$BL = h - Y$ $BL = 0,65 - 0,50$ $BL = 0,15 \text{ m}$
Área (m ²)	$A = b * h$ $A = 0,63 * 0,65$ $A = 0,4095 \text{ m}^2$



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.2. Sección N° 2 “Canal completo de hormigón armado”

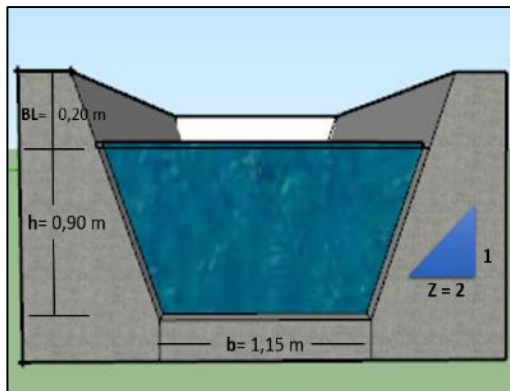
Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, en donde se registró un canal completo con los muros de sostenimiento y la base del canal de hormigón armado. Presentando una longitud de 129,20 m, y es un canal tipo trapezoidal. Además, se registró la presencia del asentamiento N° 3 descrito anteriormente.



Fotografía 59. Canal completo sección N°2, perteneciente al tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 55. Canal completo sección N°2, perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	699547	X	699673
Y	9532393	Y	9532382
Altitud	1773m s.n.m	Altitud	1765 m s.n.m
Medidas Geométricas			
Caudal	Q = 448,42 l/s		
Ancho de la solera	b = 1,15 m		
Altura total del canal	h = 0,90 m		
Tirante de agua	Y = 0,60 m		
Bolde libre	BL = h – Y BL = 0,90 – 0,60 BL = 0,30 m		
Área (m ²)	A = (b + z *h) *h A = (1,15 + 2* 0,90) * 0,90 A= 1,62 m ²		



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.3. Sección N° 3 “Canal completo de roca y tierra”

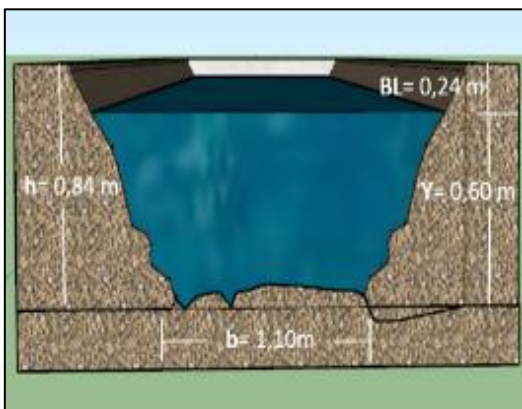
Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, evidenciando un canal de roca y tierra. Presentando una longitud de 30,95 m, siendo un canal de forma irregular. Además no presenta ningún acontecimiento importante en su trayectoria.



Fotografía 60. Canal de roca y tierra sección N°3. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 56. Canal completo sección N°3, perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	699673	X	699689
Y	9532382	Y	9532359
Altitud	1765 m s.n.m	Altitud	1759 m s.n.m
Medidas Geométricas			
Caudal	Q = 448,42 l/s		
Ancho de la solera	b = 1,10 m		
Altura total del canal	h = 0,84 m		
Tirante de agua	Y = 0,55 m		
Bolde libre	BL = h - Y BL = 0,84 - 0,60 BL = 0,24 m		
Área (m ²)	A = b * h A = 1,10 * 0,84 A = 0,924 m ²		



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.4. Sección N° 4 “Canal completo de hormigón armado”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, en donde se registró un canal completo con los muros de sostenimiento y la base del canal de hormigón armado. Presenta una longitud de 329,80 m, siendo un canal de forma rectangular. Dentro de esta sección se atraviesan los macizos N° 4 y 5, y el asentamiento N° 4, los cuales se describieron anteriormente.

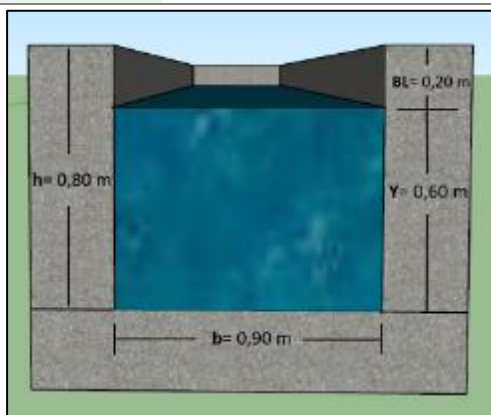


Fotografía 61. Canal completo sección N°4. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 57. Canal completo sección N°4, perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	699689	X	699937
Y	9532359	Y	9532205
Altitud	1759 m s.n.m	Altitud	1762 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	Q = 448,42 l/s
Ancho de la solera	b = 0,90 m
Altura total del canal	h = 0,80 m
Tirante de agua	Y = 0,60 m
Bolde libre	BL = h – Y BL = 0,80 – 0,60 BL = 0,20 m
Área (m ²)	A = b * h A = 0,90 * 0,80 A = 0,72 m ²



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.5. Sección N° 5 “Canal incompleto de roca y hormigón armado”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, en donde se registró un canal completo con sus muros de sostenimiento de hormigón armado y la base del canal de roca y tierra. Presenta una longitud de 42,42 m, y viene siendo un canal de forma rectangular; además se encuentran el macizo N° 3.

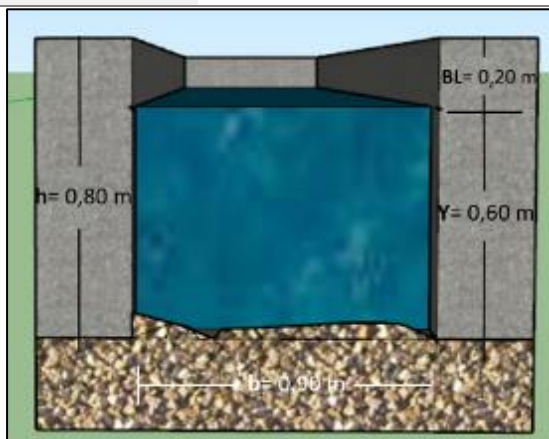


Fotografía 62. Canal completo sección N°4, perteneciente al tramo II. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 58. Canal completo sección N°5 perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	699937	X	699979
Y	9532205	Y	9532205
Altitud	1762 m s.n.m	Altitud	1762 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	Q = 448,42 l/s
Ancho de la solera	b = 0,90 m
Altura total del canal	h = 0,80 m
Tirante de agua	Y = 0,60 m
Bolde libre	BL = h - Y BL = 0,80 - 0,50 BL = 0,15 m
Área (m ²)	A = b * h A = 0,90 * 0,80 A = 0,72 m ²



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.6. Sección N° 6 “Canal incompleto de roca y hormigón armado”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, en donde se registró un canal con la pared izquierda de roca y tierra, con el muro de sostenimiento derecho y la base de hormigón armado, presenta una longitud de 18,61 m; y se lo cataloga como un canal de forma irregular.

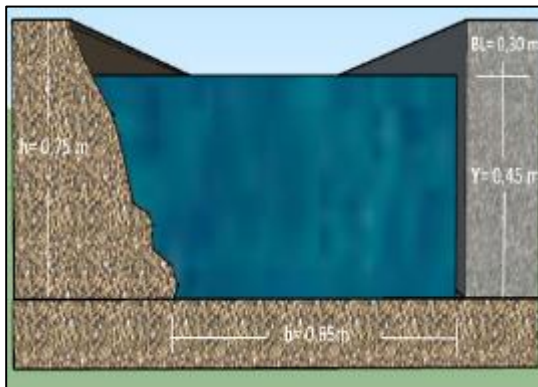


Fotografía 63. Canal con pared lateral de roca y tierra sección N°6. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 59. Canal completo sección N°6 perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
	INICIO		FIN
X	699979	X	699997
Y	9532205	Y	9532200
Altitud	1762 m s.n.m	Altitud	1763 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	Q = 448,42 l/s
Ancho de la solera	b = 0,65 m
Altura total del canal	h = 0,75 m
Tirante de agua	Y = 0,45 m
Bolde libre	BL = h – Y BL = 0,75 – 0,45 BL = 0,30 m
Área (m ²)	A = b * h A = 0,90 * 0,80 A = 0,4875 m ²



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.7. Sección N° 7 “Canal completo de hormigón armado”

Esta sección N° 7, se registro un canal completo con sus muros de sostenimiento y base de hormigón armado, el cual se encuentra aguas arriba del margen izquierdo del canal de riego. Esta sección presenta una longitud de 39,42 m, y se lo cataloga como un canal rectangular.

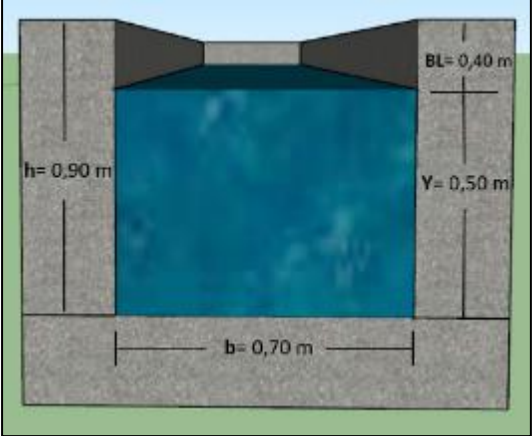


Fotografía 64. Canal completo perteneciente sección N°7. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 60. Canal completo sección N°7 perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	699997	X	700032
Y	9532200	Y	9532189
Altitud	1763 m s.n.m	Altitud	1760 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	Q = 448,42 l/s
Ancho de la solera	b = 0,70 m
Altura total del canal	h = 0,90 m
Tirante de agua	Y = 0,50 m
Bolde libre	BL = h – Y BL = 0,90 – 0,50 BL = 0,40 m
Área (m ²)	A = b * h A = 0,90 * 0,70 A = 0,63 m ²



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.8. Sección N° 8 “Canal completo de roca y tierra”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, donde se registro un canal con sus muros de sostenimiento y la base completamente de roca y tierra; presenta una longitud de 12 m, y se lo cataloga como un canal irregular.

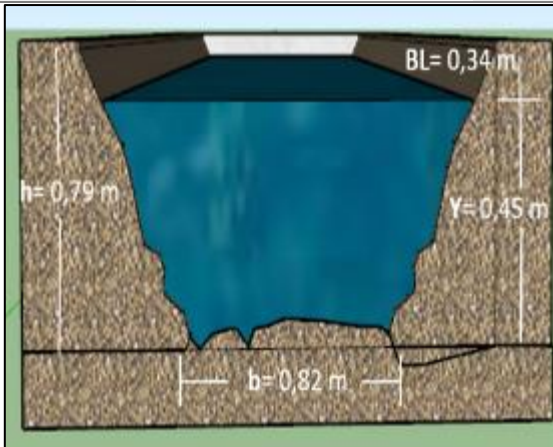


Fotografía 65. Canal de roca y tierra sección N°8. Fuente. La Autora, 2019.

Tabla 61. Canal de roca y tierra sección N°8 perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	700032	X	700043
Y	9532184	Y	9532187
Altitud	1760 m s.n.m	Altitud	1760 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	Q = 448,42 l/s
Ancho de la solera	b = 0,82 m
Altura total del canal	h = 0,79 m
Tirante de agua	Y = 0,45 m
Bolde libre	BL = h – Y BL = 0,79 – 0,45 BL = 0,34 m
Área (m ²)	A = b * h A = 0,82 * 0,79 A = 0,6478 m ²



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.9. Sección N° 9 “Canal completo de hormigón armado”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, doonde se registro un canal con sus muros de sostenimiento y la base de roca y tierra; presenta una longitud de 63 m, y se lo cataloga como un canal rectangular.

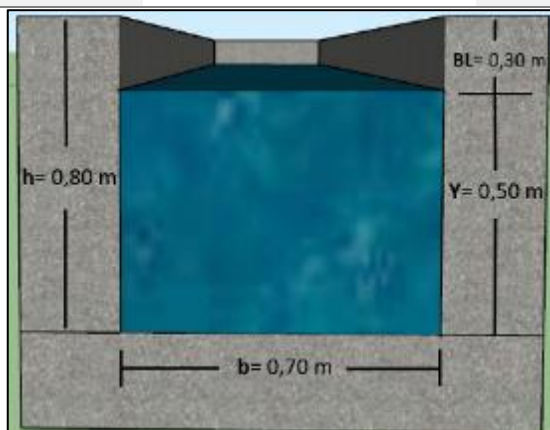


Fotografía 66. Canal completo sección N°9. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 62. Canal completo sección N°9 perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	700043	X	700081
Y	9532187	Y	9532237
Altitud	1760 m s.n.m	Altitud	1763 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	Q = 448,42 l/s
Ancho de la solera	b = 0,70 m
Altura total del canal	h = 0,80 m
Tirante de agua	Y = 0,50 m
Bolde libre	BL = h – Y BL = 0,80 – 0,50 BL = 0,30 m
Área (m ²)	A = b * h A = 0,70 * 0,80 A = 0,56 m ²



Fuente. La Autora, 2019.

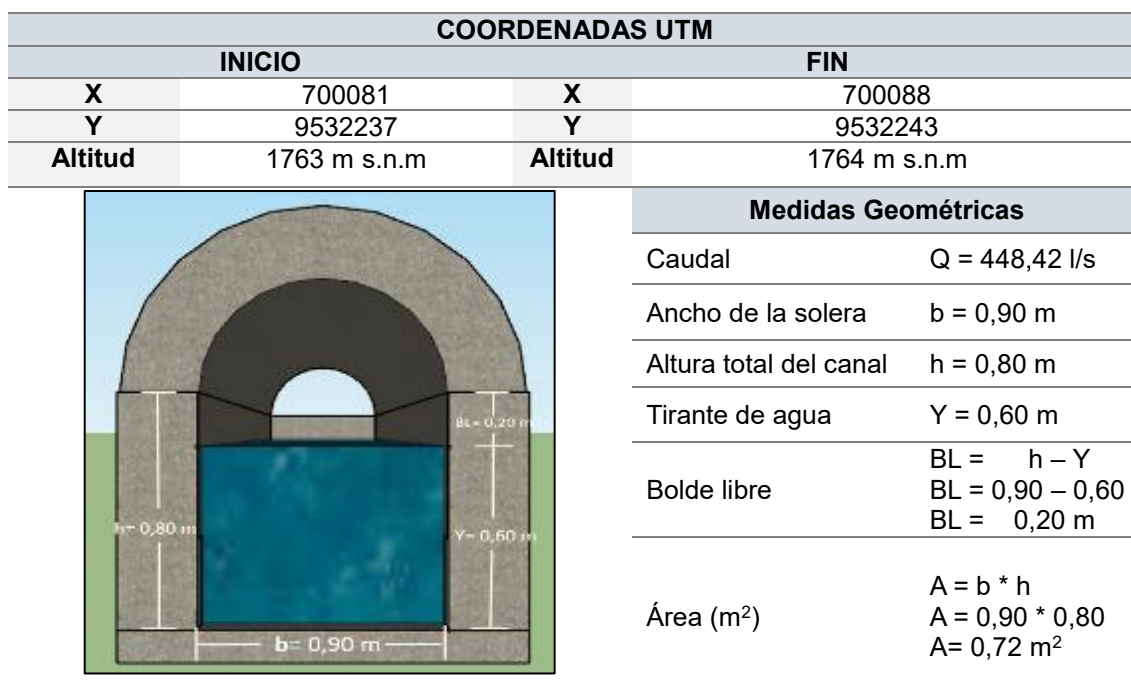
6.7.8.10. Sección N° 10 “Canal embaulado completo de hormigón armado”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, donde se registro un embaulamiento de hormigón armado, sobre este pasa una pequeña acequia llamada Culebrillas; presenta una longitud de 9,80 m, y se registro el macizo N° 2, el cual se lo describio anteriormente.



Fotografía 67. Túnel de hormigón armado sección N° 10 perteneciente al tramo II.

Figura 19. Canal con túnel sección N° 10 perteneciente al tramo II.



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.11. Sección N° 11 “Canal completo de roca y tierra”

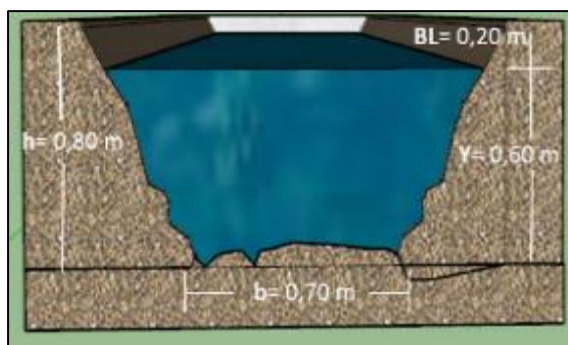
Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, donde se registro un canal completo de roca y tierra; presenta una longitud de 100,50 m, y se lo catalóga como un canal irregular.



Fotografía 68. Canal de roca sección N°11. Fuente. La Autora, 2019.

Tabla 63. Canal de roca sección N° 11 perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	700088	X	700120
Y	9532243	Y	9532151
Altitud	1764 m s.n.m	Altitud	1762 m s.n.m
Medidas Geométricas			
Caudal	Q = 448,42 l/s		
Ancho de la solera	b = 0,70 m		
Altura total del canal	h = 0,80 m		
Tirante de agua	Y = 0,60 m		
Bolde libre	BL = h – Y BL = 0,80 – 0,60 BL = 0,20 m		
Área (m ²)	A = b * h A = 0,70 * 0,80 A= 0,56 m ²		



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.12. Sección N° 12 “Canal incompleto de roca y hormigón”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, donde se registro un canal con el muro lateral izquierda completamente de roca, y el muro lateral derecha de hormigón armado igual a la base del canal; presenta una longitud de 235,80 m, y se lo catalóga como un canal de forma irregular.

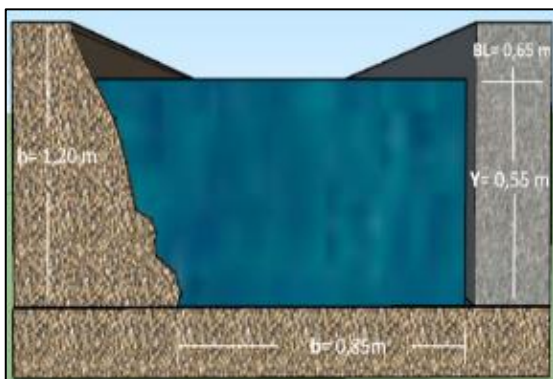


Fotografía 69. Canal con la pared de roca en la sección N° 12. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 64. Canal de roca sección N° 12 perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
	INICIO		FIN
X	700088	X	700120
Y	9532243	Y	9532151
Altitud	1764 m s.n.m	Altitud	1762 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	Q = 448,42 l/s
Ancho de la solera	b = 0,85 m
Altura total del canal	h = 1,20 m
Tirante de agua	Y = 0,55 m
Bolde libre	BL = h – Y
	BL = 1,20 – 0,55
	BL = 0,66 m
Área (m ²)	A = b * h A = 0,85 * 1,20 A = 1,02 m ²



Fuente. La Autora, 2019.

6.7.8.13. Sección N° 13 “Canal completo de hormigón armado”

Esta sección se encuentra aguas arriba del canal de riego, donde se registro un canal con sus muros de sostenimiento y la base del canal de hormigón armado; presenta una longitud de 315,50 m, y se lo cataloga como un canal de forma rectangular. Además, en esta sección se registró el macizo N° 1, el cual se encuentra descrito anteriormente.

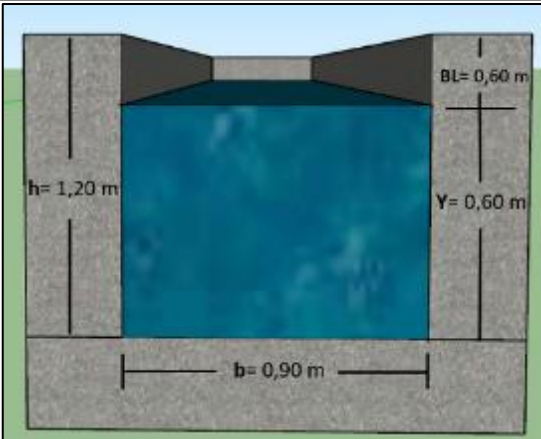


Fotografía 70. Canal completo en la sección N° 13. **Fuente.** La Autora, 2019.

Tabla 65. Canal de roca sección N° 13 perteneciente al tramo II.

COORDENADAS UTM			
INICIO		FIN	
X	700088	X	700120
Y	9532243	Y	9532151
Altitud	1764 m s.n.m	Altitud	1762 m s.n.m

Medidas Geométricas	
Caudal	Q = 448,42 l/s
Ancho de la solera	b = 0,90 m
Altura total del canal	h = 1,20 m
Tirante de agua	Y = 0,60 m
Bolde libre	BL = h - Y BL = 1,20 - 0,60 BL = 0,60 m
Área (m ²)	A = b * h A = 1,20 * 0,90 A = 1,08 m ²



Fuente. La Autora, 2019.



A continuación en la siguiente tabla 66, se muestra el resumen recopilado del levantamiento de los diferentes tipos de secciones registradas "in – situ":

Tabla 66. Resumen de los tipos de secciones levantadas en el tramo II.

N°	Descripción	Tipo de canal	Secciones	Hallazgos	Distancia (m)
1	Canal completo de hormigón armado	Rectangular	1	Agujeros en los muros	1420,72
			4	Asentamientos	
			7	Grietas y fisuras	
			9	Compuerta con grietas	
13					
2	Canal completo de hormigón armado	Trapezoidal	2	Asentamientos	129,20
3	Canal completo de roca y tierra	Irregular	3	No se evidencio ningún acontecimiento	143,45
			8		
			11		
4	Canal incompleto de roca y hormigón armado	Irregular	5	No se evidencio ningún acontecimiento	296,83
			6		
			12		
5	Canal embaulado.	Rectangular	10	No se evidencio ningún acontecimiento	9,80

Fuente. La Autora, 2019.

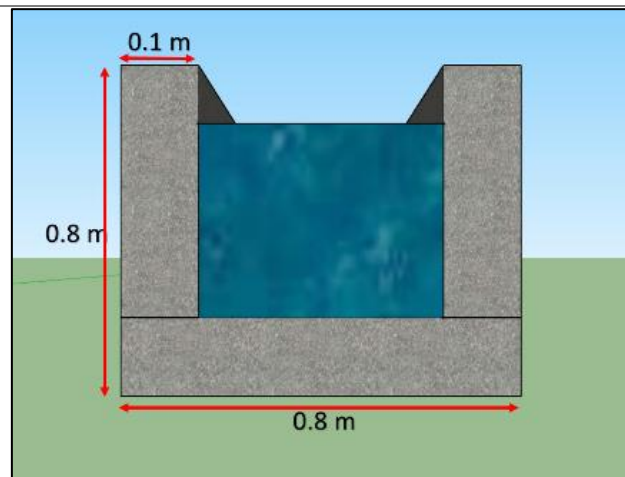
6.8. Medidas Técnicas de estabilización y protección.

6.8.1. Sección N°1, 2, 4, 7, 9 y 13: “Canal completo de hormigón armado”

Para esta sección se recomienda realizar un nuevo levantamiento “in – situ” con el objetivo de evaluar la situación del hormigón de los muros de sostenimiento y pisos, logrando crear una clasificación del estado de estas partes, catalogándolas como muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno. Basado en esta clasificación se deberá realizar un cambio sea de los muros o pisos. A continuación describimos las medidas que se deben tener en cuenta:

Tabla 67. Medidas de Prevención de los secciones N° 1, 2, 4, 7,9 y 13.

Medidas de Prevención			
Altura	Largo	Espesor	Material
0.80 m	Max 12 m	0.10 m	Hormigón Simple $F_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$



Observaciones: los 12 metros de largo se deben a que esta distancia es la adecuada para realizar la colocación de juntas de contracción caracterizadas por una excelente elasticidad, alta resistencia a la tensión y gran coeficiente de alargamiento a la rotura, con habilidad para acomodarse a los movimientos del terreno.

Fuente. La Autora, 2019.

6.8.2. Sección N° 3, 8 y 11: “Canal completo de roca y tierra”

En este caso específico se recomienda realizar primero un levantamiento y replanteo topográfico con el objetivo de establecer la pendiente adecuada ya que actualmente en algunas de estas partes el agua se estanca.

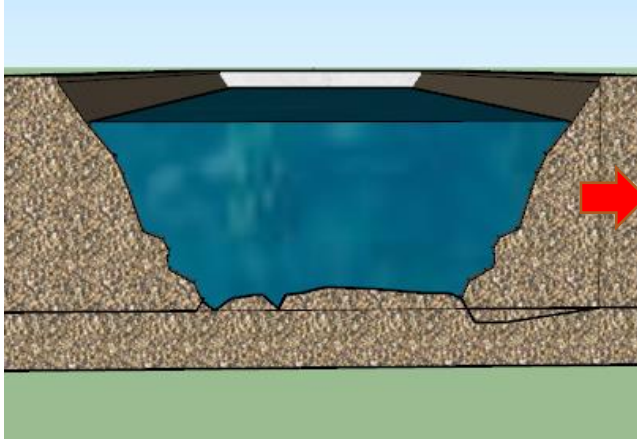
Seguido al replanteo se deberá realizar una compactación o mejoramiento del suelo hasta obtener un terreno compactado al 95% de su densidad seca, según la norma

AASHTO T 180. En el relleno se empleará preferentemente el producto de la propia excavación. Cuando éste no sea apropiado, se seleccionará otro material de préstamo.

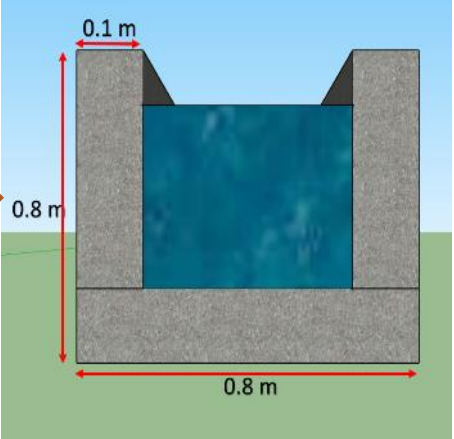
A continuación procedemos a la fundición de las paredes utilizando Hormigón Simple $F_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$, luego de esto realizamos la fundición del piso con el objetivo de evitar futuras infiltraciones por el suelo.

Tabla 68. Medidas de Corrección de las secciones N° 3, 8 y 11.

Medidas de Corrección			
Altura	Largo	Espesor	Material
0.80 m	Max 12 m	0.10 m	Hormigón Simple $F_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$,



Antes



Después

Fuente. La Autora, 2019.

6.8.3. Sección N° 5: “Canal de paredes de hormigón y piso de roca”

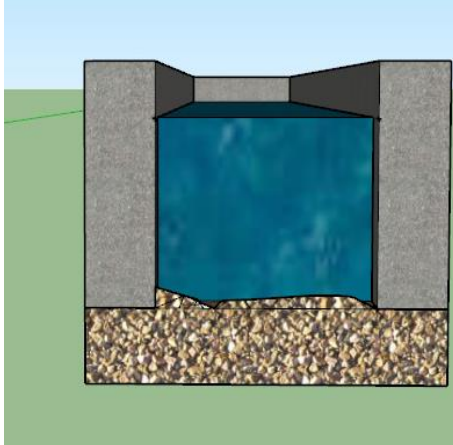
Primero se debe realizar un levantamiento y replanteo topográfico con el objetivo de establecer la pendiente adecuada.

Seguido al replanteo se deberá realizar una compactación o mejoramiento del suelo hasta obtener un terreno compactado al 95% de su densidad seca, según la norma AASHTO T 180. En el relleno se empleará preferentemente el producto de la propia excavación. Cuando éste no sea apropiado, se seleccionará otro material de préstamo.

A continuación procedemos a la fundición del piso sin olvidarse la colocación de las juntas de contracción y teniendo mucho cuidado en mantener la pendiente establecida durante el replanteo.

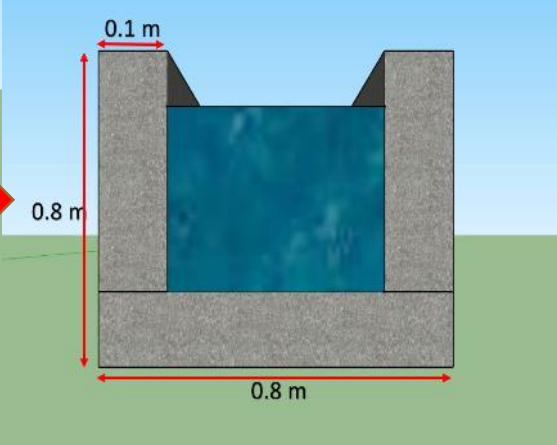
Tabla 69. Medidas de corrección de las secciones N° 5.

Medidas de Corrección			
Altura	Largo	Espesor	Material
0.80 m	Max 12 m	0.10 m	Hormigón Simple $F_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$,



Antes

➔



Después

Fuente. La Autora, 2019.

6.8.4. Sección N° 6 y 12: “Canal con pared de roca y piso de tierra”

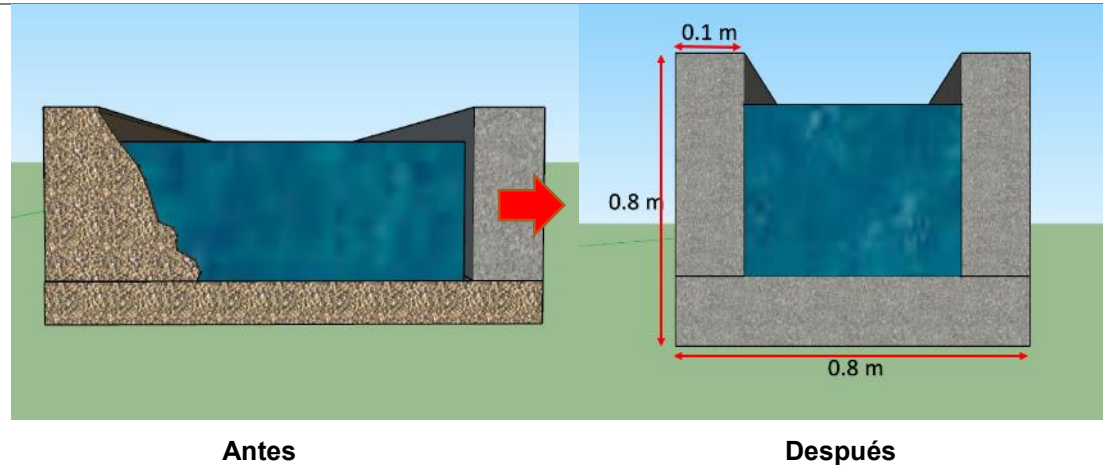
Lo primero será la excavación manual del borde lateral para realizar la fundición de la pared, la cual se realizara con un espesor de 10 cm por lo que se recomienda una excavación de mínimo 40 cm, para poder realizar la fundición y retiro de tableros de mejor manera.

Una vez finalizada la fundición y desencofrado se debe realizar un relleno de la parte externa con material que puede ser del propio sitio.

Lo siguiente será la fundición de la base del canal, para lo cual previamente se debe realizar la excavación, compactación y nivelación, al igual que para las paredes se debe aplicar hormigón Simple $F_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$.

Tabla 70. Medidas de Corrección de las secciones N° 6 y 12.

Medidas de Corrección			
Altura	Largo	Espesor	Material
0.80 m	Max 12 m	0.10 m	Hormigón Simple $F_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$,



Fuente. La Autora, 2019.

6.8.5. Medidas técnicas de corrección y/o control para un adecuado mantenimiento y rehabilitación del Tramo II: sector la Cofradía.

Con la información levantada del tramo II, se procedió a plantear posibles medidas técnicas de corrección y control para evitar los diferentes problemas sobre la infraestructura del canal, y así poder tener un mantenimiento adecuado y sobre todo tener información base para una futura rehabilitación.

A continuación se presenta de forma general medidas técnicas básicas para el mantenimiento de la infraestructura:

Tabla 71. Medidas técnicas de corrección y control para el mantenimiento y rehabilitación.

Bocatoma	<ul style="list-style-type: none"> - Proteger los bordes de la captación con muros de sostenimiento. - Reparar los daños pequeños inmediatamente después de algún problema estructural sucedido, no esperar que el problema se agrande. - Utilizar materiales de la zona como las rocas del río más cemento para la reparación de los muros de sostenimiento y la solera (base). - Engrasar y pintar las compuertas de toma y de limpia para evitar la oxidación (utilizar pinturas anticorrosivas).
Desarenador	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar el depósito de material en la infraestructura, ya que provoca reboses que erosiona y debilitan los muros de sostenimiento, para evitar esto se debe limpiar oportunamente la arena y todo depósito empozado en el desarenador. - Engrasar y pintar la compuerta del desarenador en épocas de verano o cuando el nivel de agua sea bajo, así se evitara



	<p>la oxidación de la compuerta.</p>
Conducción principal	<ul style="list-style-type: none">- se deberá realizar la limpieza del canal por lo menos dos veces en el año, la primera deberá realizarse en época de invierno y la segunda en época de verano.- Controla la construcción de puentes y tomas de agua para no dañar el canal.- Para evitar deslizamientos o derrumbes, se deberá proteger con alguna plantación de arbustos y árboles por lo menos 10 m por encima del canal y/o en sitios críticos realizar embaulamientos del canal.
Muros de sostenimiento	<ul style="list-style-type: none">- De forma general se recomienda para evitar estos desprendimientos en los muros de sostenimiento del canal, reconstruir los muros algo más alto de lo necesario para un determinado caudal, esta altura de los muros deberá estar por encima del nivel normal del agua se considera tener entre 0,10 a 0,20 m de altura.- Así mismo se recomienda la limpieza de las masas deslizadas para luego volver a construir los muros, con ayuda de tableros de madera, los cuales deberán ser ubicados de lado y lado dando la forma a la pared, en donde se deberá fundir con cemento, arena, grava y agua, tomando en cuenta las medidas técnicas recomendadas.
Asentamientos	<ul style="list-style-type: none">- Para una rehabilitación de diseño se recomienda tomar en cuenta las propiedades mecánicas e hidráulicas del subsuelo tales como la resistencia al corte, propiedades esfuerzo – deformación, compresibilidad, expansión, permeabilidad entre otras, y las que sean necesarias según la naturaleza geológica del terreno de construcción para lo cual se sugiere realizar ensayos “in – situ” y de laboratorio para una mayor información.- Además se debe considerar un nuevo levantamiento altimétrico para corregir la pendiente normal del canal. Debido a que es más difícil y costosa su estabilización, se sugiere que este tipo de estabilización se los realice a través de convenios con otros niveles de gobierno.
Union deficiente	<ul style="list-style-type: none">- Pero en este punto se recomienda un revestimiento fuerte con cemento, arena y agua para fortalecer la pared evitando este tipo de filtración hacia la parte exterior del canal.
Agujeros en los muros de sostenimiento.	<ul style="list-style-type: none">- Se recomienda tomar medidas de control y prevención inmediatas, en donde deberán realizar recorridos por todo el canal para tapar y sellar toda la toma ilegal y agujeros realizados para ello.
Fisuras y grietas en los muros de sostenimiento.	<ul style="list-style-type: none">- Debido a esto se recomienda realizar un relleno con una mezcla de cemento con arena y agua, esta mezcla debe ser rica en cemento lo que ayudará a reducir el deterioro de las fisuras y grietas. Además se podría utilizar resinas epóxicas, las cuales tiene gran fuerza, mucha adherencia y también son a prueba de agua.



	<ul style="list-style-type: none">- Al contar con muros de sostenimiento muy extenso se recomienda para una futura rehabilitación, realizar cortes en el paño con un refuerzo vertical y ubicar juntas de control, las cuales sirven para controlar deformaciones, y de este modo reducir los incrementos de los esfuerzos en el canal. A su vez se recomienda en un tiempo considerado se deban cambiar las juntas para evitar grietas.
Deslizamientos	<ul style="list-style-type: none">- Se recomienda el desplazamiento de la masa deslizada que se encuentra dando presión al canal, además se podría realizar un muro de gravedad de concreto normal y/o de gaviones y en el último de los casos un muro de costales con tierra. Estas medidas sirven para evitar y controlar los derrumbes y deslizamientos que dañen el canal.- De la misma manera se recomienda en estas zonas de curva ubicar vigas de riostras, los cuales vienen siendo elementos estructurales generalmente de hormigón armado que resisten tracciones, las cuales ayudaran a la estabilización de las acciones horizontales que pueden recibir los muros de sostenimiento del canal, evitando de esta forma el desplazamiento horizontal relativo.- De acuerdo con las características de la roca son favorables para la estabilidad, se debe considerar aquellas secciones del canal que están afectadas por deslizamientos tipo caída de rocas, debido que es posible que una importante masa rocosa caiga sobre el canal, lo cual se recomienda un tipo de mallas ancladas que vienen siendo mallas exteriores de alambre galvanizado anclados con pernos para evitar la ocurrencia de las caídas de roca.
Compuerta de desfogue	<ul style="list-style-type: none">- Se recomendación la reparación de forma inmediata de la aleta inferior derecha de la compuerta desfogue, así se evitará el deterioro o la pérdida total de esta parte importante de la compuerta.- Engrasar y pintar las compuertas de desfogue para evitar la oxidación (utilizar pinturas anticorrosivas).

Fuente. La Autora, 2019.



7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Hace 65 años atrás se emprendió con la gestión de construir la conducción principal del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba conjuntamente con el H. Consejo Provincial de aquel entonces, la Ex – Junta de Recuperación de Loja y esencialmente con el Ex – INERHI de esa entonces, dieron la apertura a la planificación, delimitación y construcción del canal.

El 09 de septiembre de 2015 se entregó por parte de la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) un informe técnico sobre el “Estado Situacional del Canal Alto y la Junta de Riego de San Pedro de Vilcabamba”, estableciendo los siguientes objetivos a cumplir:

- Recopilar, procesar y gestionar información de carácter técnico, administrativo jurídico, social, económico – financiero y ambiental del Canal Alto.
- Conocer la calidad y satisfacción del servicio de riego.
- Determinar el estado situacional de la Junta de Riego, de manera que permita elaborar un plan de mejoras.

Con carácter técnico se informó que el Canal Alto es una obra que se encuentra en malas condiciones, que presentan fisuras en los muros de sostenimiento del canal, generando la pérdida del recurso hídrico por infiltración. Esta obra presenta una extensión de 12 km, de los cuales 9,6 km se hallan revestidos con hormigón armado y 2,4 km corresponde a un canal de roca y tierra; y un afóro realizado por parte de los técnicos de ARCA, determinaron un caudal en la captación de 333 l/s.

El Canal Alto lo conforman cinco tramos del que existe poca información técnica como estudios geológicos, geotécnicos y ensayos específicos practicados, por tanto esté resultando e información levantada coadyuva en la implantación de medidas de base y de accionar en una futura rehabilitación.

Por tanto la presente investigación involucra un diagnóstico a detalle donde se analizó el tipo de material que corresponde a cada sección del tramo II: sector la Cofradía que determinó la existencia de trece secciones de diferente tipo de construcción en función del material de los muros de sostenimiento y soleras (piso) del canal, además se consideró datos adicionales tomados del estudio técnico por parte de la consultoría



Consulsur S.A. denominado: "Readecuación de la conducción principal y redes del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, 2018".

La presente investigación se basó en el orden lógico de un estudio geológico – geotécnico, iniciando con el estudio de la fotointerpretación, inventario de fenómenos en remoción en masa, estudios geomecánicos y un sondeo eléctrico vertical.

Uno de los primeros resultados obtenidos fue la geología a detalle; donde se determinó la existencia de una gran zona donde predomina un complejo metamórfico especialmente filitas, esquistos con intercalaciones de cuarcitas. Partiendo de este resultado se estableció realizar un estudio mecánico de rocas, el cual nunca antes ha sido considerado por otras investigaciones, los cuales se han centrado en estudios de suelos y en el análisis de la infraestructura existente.

Es así que se determinó que el 90% de los macizos analizados son de calidad BUENA, por lo tanto la preocupación es mínima aunque siempre se los deberá tomar en cuenta. Lo esencial que nos muestra esta investigación es que el 10% de los macizos presentan una calidad REGULAR y son estos a quienes hay que tener en cuenta, y analizar acciones de tipo preventivo y correctivo.

El canal es el principal fuente de agua de riego de los agricultores de la zona, y es por ello que aunque solamente sea el 10% de macizos de calidad REGULAR, si una de estas falla y llega a producir un corte en la dotación de agua generaría grandes pérdidas económicas, esencialmente en temporadas de verano donde los cultivos de ciclo corto se verían afectados o incluso podrían perderse por completo.

Sustancialmente se podría decir que **El Canal Alto San Pedro de Vilcabamba**, constituye una de las obras de mayor interés en la zona, ya que el servicio que presta en la actualidad genera el desarrollo agrícola y ganadero, beneficiando directamente a 483 usuarios e indirectamente 1208 usuarios de las parroquias de San Pedro de Vilcabamba, Malacatos y a sus alrededores.

Debido a la importancia ya expuesta la investigación realizó un diagnóstico de la situación actual de la conducción del canal Alto, de este proceso se determinó la existencia de 13 secciones catalogadas en función del tipo de material de construcción tanto de los muros de sostenimiento y el piso. Estas 13 secciones se unificaron para establecer 5 tipos de canal desde un canal completo de hormigón armado tipo rectangular, canal embaulado tipo rectangular, canal completo de roca tipo irregular,



canal incompleto de roca y hormigón armado tipo irregular y un canal de hormigón armado completo tipo trapezoidal.

En base a estos tipos de canal se realizó la recomendaciones de medidas tanto preventivas como correctivas con el objetivo de salvaguardar la integridad del canal alto.

Además con datos complementarios se han detallado hallazgos como grietas, fisuras, agujeros, y asentamientos, los cuales también pueden generar futuros daños a lo largo del canal.

Al momento existe muy poca información sobre este canal debido que fue construido hace muchos años y la documentación es inexistente, es por ello que el GAB parroquial del periodo 2014 – 2019, contrato una consultoria para el diagnóstico de este canal, el cual abarco temas técnicos aunque en el ambito geológico es tomado superficialmente, es así donde esta consultoria y la presente investigación se complementan y crean un respaldo de calidad y es por ello la importancia de que investigaciones similares se realicen en el resto de tramos faltantes para cubrir toda la conducción principal.



8. CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los trabajos "in-situ", laboratorio y gabinete, se pueden establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El tramo II: Sector La Cofradía, se caracteriza por estar localizada en una zona montañosa con una topografía irregular perteneciente al flanco suroeste de la del valle en la cual sobresalen las elevaciones desde los 1640 m s.n.m a 2150 m s.n.m.
- En función de sus pendientes el tramo II: Sector La Cofradía tiene pendientes MEDIAS que ocupan un 59.04% del total del área de estudio que equivale a 640.06 ha; las pendientes MUY BAJAS cubren un 1.529% del total del área de estudio que corresponden a 16.58 ha; las pendientes BAJAS ocupan el 7.908% del total del área de estudio que corresponde a 85.72 ha.; las pendientes ALTAS ocupan el 27.36% del total del área de estudio que corresponde a 296.59 ha. La categoría con menos representatividad son las pendientes MUY ALTAS ocupan el 4.194 % del total del área de estudio que corresponde a 45.46 ha.
- De los resultados del estudio de la fotointerpretación del área en estudio se corroboró, que morfológicamente la zona es un valle tipo "V", con escarpes y un relieve montañoso medianamente inclinado; resaltando dos planicies producto de un antiguo Paleodeslizamiento de origen Orogénico de edad Paleozoica de la Unidad Chigüinda en donde afloran rocas metamórficas.
- Geológicamente la zona de estudio se sitúa al sur – oriente de la ciudad de Loja y está emplazada dentro de la cuenca Malacatos – Vilcabamba, en donde afloran 4 formaciones definidas por (Corrachano , 2014) la primera conformada por la Formación Cerro Mandango; la segunda por la Formación San Francisco; la tercera por la Formación Santo Domingo, las cuales se encuentran yaciendo en el basamento de la Unidad Chigüinda.
- El tramo II: sector La Cofradía se encuentra emplazado sobre el complejo metamórfico de la Unidad Chigüinda, caracterizado por filitas y esquistos los cuales afloran en su mayor parte, con intercalaciones de cuarcitas; sobre estas rocas sobresalen suelos residuales de origen coluvial con una matriz limo – arcillosa de tonalidades amarillentas con clastos angulosos y una matriz arcillosa



de plasticidad muy baja de tonalidad gris claro.

- El resultado del ensayo de Resistencia a la Comprensión Simple para cada macizo rocoso, determino que el primer macizo tiene una resistencia promedio de 105,14 Mpa; para el segundo macizo con una resistencia promedio de 106,56 Mpa; el tercer macizo con una resistencia promedio de 58,67 Mpa el cuarto macizo una resistencia promedio de 53,08 Mpa; finalmente para el quinto macizo una resistencia promedio de 43,59 Mpa.
- En base a los resultados obtenidos del sonde eléctrico vertical, no se evidenció el nivel freático; pero con las resistividades aparentes de los materiales y la interpretación de datos se logró asumir la litología de esta zona identificando 4 capas; la primera capa presentó una resistividad de 16,2 $\Omega \cdot m$ con espesor de 0,60 m dio como resultado un suelo húmedo; la segunda capa presento una resistividad de 123 $\Omega \cdot m$ con espesor de 0,753 m dando como resultado un suelo coluvial de grano medio; la tercera capa presento una resistividad de 17,1 $\Omega \cdot m$ con un espesor de 3,05 m como resultado dio un suelo coluvial con posibles trazas de saturación con una matriz areno – limosa; y finalmente para la cuarta capa presentó una resistividad de 338 $\Omega \cdot m$ con un espesor indefinido dando como resultado una roca metamórfica altamente fracturada.
- De acuerdo con el "RQD", el primer macizo rocoso presentó un sistema de discontinuidades de 14 grietas/ m^3 con un valor de 68,8 % determinando una calidad de la roca REGULAR; para el segundo macizo presentó un sistema de discontinuidades de 11 grietas/ m^3 con valor de 78,7 % determinando una calidad de la roca BUENA; el tercer macizo presentó un sistema de discontinuidades de 15 grietas/ m^3 con un valor de 65,5 % determinando una calidad de la roca REGULAR; para el cuarto macizo presentó un sistema de discontinuidades de 13 grietas/ m^3 con un valor de 72,1 % determinando una calidad de la roca REGULAR; finalmente para el quinto macizo presentó un sistema de discontinuidades de 18 grietas/ m^3 con un valor de 55,6 % determinando una calidad de la roca REGULAR.
- Los resultados reales de la valoración de la Resistencia a la comprensión simple a través del martillo Schmidt, determinó la resistencia de la matriz rocosa del



primer macizo de 140 Mpa con una calidad MUY DURA; para el segundo macizo se determinó la resistencia de la matriz rocosa de 145 Mpa con una calidad MUY DURA; el tercer macizo se determinó la resistencia de la matriz rocosa de 210 Mpa con una calidad MUY DURA; para el cuarto macizo determinó la resistencia de la matriz rocosa 72 Mpa con una calidad DURA correspondiente; finalmente, para el quinto macizo determinó la resistencia de la matriz rocosa de 20 Mpa con una calidad de MODERADAMENTE DURA.

- En general, las clasificaciones geomecánicas con la mayor complejidad de aplicación fue de Bieniawski ($RMR_{\text{Básico}}$), el mismo que clasificó a los macizos rocosos N° 1, 2, 3, y 4, con una calidad BUENA y de clase II; y para el macizo rocoso N° 5 lo califico con una calidad MEDIA y de clase III.
- Dentro del análisis de la proyección estereográfica aplicado por el software Dips 5.0, dio como resultado que las familias de discontinuidades presentes en los cinco macizos rocosos, influye en su comportamiento y calidad global. La principal forma de perdida de estabilidad se debe a la formación de cuñas.
- Se pudo constatar que los datos reales obtenidos "*in – situ*" y en laboratorio, se obtuvieron resultados semejantes al utilizar los criterios de Mohr – Culomb y de Barton & Choubey, ya que fueron criterios que emplean fórmulas complejas pero sencillas y prácticas al realizar este tipo de investigación.
- Finalmente, se identificó 5 tipos diferentes de infraestructura; conformado primeramente por un canal completo de hormigón armado tipo rectangular con una distancia de 1420,72 m, el segundo consta de un canal completo de hormigón armado tipo trapezoida con una distancia de 129,20 m, el tercero es un canal completamente de roca y tierra tipo irregular con una distancia de 143,45 m, el cuarto es un canal incompleto de roca y hormigón armado tipo irregular con una distancia de 296,83 m y para finalizar el quinto es un canal emaulado con una distancia de 9,80 m.



9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con los estudios de los demás tramos que conforman el canal Alto; estudios técnicos deberán ser geológico, geomecánico e hidráulico a detalle; ya que un tramo estudiado no podrá sustentar información para cualquier estudio previo, esto con el objetivo de poder realizar una adecuada planificación, reconstrucción, funcionamiento y mantenimiento futuro del canal.
- Se hace necesario continuar investigando respecto a los factores que condicionan la resistencia al corte de las discontinuidades y de los criterios matemáticos que pueden tenerlas en cuenta. Todo ello con el objetivo de disponer métodos simples, desde el punto de vista matemática, pero a la vez que sean más complejos para representar el comportamiento real de la resistencia al corte de las discontinuidades presentes en los macizos rocosos del tramo II.
- Los parámetros que interviene en las clasificaciones del "RMR" y el índice "RQD" "in – situ" deben tener similitud y si existen dudas sobre los datos de las discontinuidades y la matriz rocosa estas deben ser aclaradas en campo y no cuando se hace el trabajo de gabinete. Las malas interpretaciones de datos llevan a resultados inesperados, con la consiguiente pérdida de tiempo.
- Adicionalmente se recomienda realizar estudios para cada movimiento en masa como sondeos eléctricos verticales, para establecer de forma concreta la situación de estas zonas, y de esta manera identificar medidas técnicas de control y/o prevención para una rehabilitación exitosa del canal.
- En las secciones N° 3, 5, 6, 8, 11 y 12 del tramo II, presentan problemas como la falta de infraestructura, definiéndolas como zonas inestables las cuales deberían ser estudiadas de forma estructural con el fin de realizar el mejoramiento del terreno, pasos elevados y la construcción de una nueva infraestructura. La cual deberá contar con medidas técnicas estándares propias de un canal de riego; como en el revestimiento de hormigón armado con espesores entre 0,10 y 0,20 m pudiendo ser conveniente su armado con mallas de alambre de acero y la disposición de un sistema de juntas para que sean éstas las que absorban las deformaciones evitando así el agrietamiento y filtraciones.



10. BIBLIOGRAFÍA.

- Allmendinger, R. W. (1987). Técnicas Moderna de Análisis Estructural. Buenos Aires.
- ARCA. (2015). Estado Situacional de la junta de San Pedro de Vilcabamba. Loja.
- Auge, M. (2008). Hidrologia Ambiental. Buenos Aires.
- Babin Vich, R. B., & Gomez Ortiz, D. (2010). Problemas de Geologia Estructural (Orientacion y proyeccion de planos en el espacio). Reduca. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/10013/1/133-280-1-PB.pdf>
- Bandis Lumsden, A. C., & Barton, N. (1981). Fundamentals of rock joint deformation. Int. Jour.
- Belousov, V. V. (1979). Geología Estructural. Moscu: MIR.
- Berlijn, J. D. (2008). Riego y Drenaje. Trillas.
- Bieniawski, Z. T. (1978). Determinig rock mass deformability., Vol 15, págs. 237-248.
- Bowles, J. E. (1981). Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil. México B, D.F: McGRAW-WILL.
- Camargo, J. A. (2004). Manual de Geologia Estructural. Bogota, Colombia.
- Cerca, M., & Nieto, A. (2014). Topografía Básica. Máxico D.F.: Universidad Nacioanl Autónoma de México.
- Cevallos Quezada, L. J. (2017). Aplicación de Sitemas de Información Geográfica para la elaboración del Mapa Geomorfológico de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba, perteniente al cantón y provincia de Loja a escala 1:20 000. Loja, Ecuador.
- CONSULSUR. (2018). Readecuación de la conducción principal y redes del Canal Alto de San Pedro de Vilcabamba. Informe Técnico, Loja.
- CONSULSUR. (2018). Readecuacion de la Conduccion Principal y Redes del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba. Estudio Agronomico, Loja.
- Corrachano , D. (2014). Geología Sedimentaria y Sedimentología dentro del Proyecto del Mapeo Geológico a Nivel Nacional a escala 1:50.000. Informe Tecnico PROMETEO - INIGEMM.
- Cosme, M., Narváez , P., & Sánchez, J. (2010). Plan de Desarrollo y Ordenameinto Territorial de la parroquia San Pedro de Vilcabmba. Loja: Consultoria: AlterNativa.
- Demek, J. (1972). IGU subcommision on geomorphological survey and mapping, Manual of Detaled Geomorphological Mapping. Pergamon.
- Demek, J. (1972). Manual de Mapeo Geomorfológico a detalle. Academia Praga.
- Derruau, M. (1991). Geomorfologia. ARIEL.



- Duque Fernande, C., Zarate Areavalo, K., & Sanchez Macias, A. (2015). Hidraulica de Canales. Universidad de la Salle, Bogota.
- Estrada Gutierrez, G. (2000). Laboratorio de Hidráulica para canales de riego. Obtenido de http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2013/02/05/Manual_de_Hidraulica_de_Canales.pdf
- Fierro, J. (1991). Evolución Geodinámica Neogena de la Cuenca Intramontañosa de Malacatos - Vilcabamba. Escuela Politecnica Nacional , Quito.
- García Ramírez , C. A., Colegial Guitierrez, J. D., & Mier Umaña, R. (2000). Boletin de Geologia (Vols. Vol. 22 - N°37). Bucaramanga, Colombia: Ediciones UIS.
- Gonzales de Vallejo, L. (2004). Ingenieria Geologica (Vol. 2). Madrid, España: PERSON EDUCACION S.A.
- Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., & Ortuño, C. (2004). Ingenieria Geologica (Vol. Capitulo IV). Madrid, España: PERSON EDUCACIÓN, S.A.
- Gonzalez de Vallejo , L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2004). Ingenieria Geologica (Vol. I). (I. Capella, Ed.) Madrid, España: PEARSON EDUCACION, S.A.
- Gonzalez de Vallejo, L. (2004). Ingeniería Geológica (Vol. 3). Madrid, España: PERSON EDUCACION S.A.
- Gonzalez de Vallejo, L. I. (2004). Ingeniería Geológica (Vol. 3). (I. Capella, Ed.) España: PEARSON EDUCACION, S.A.
- Gonzalez de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). Ingenieria Geologica. Madrid: Pearsom Education.
- Gonzalez de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2004). Ingenieria Geologica (Vol. III). Madrid, España: PERSON EDUCACION.
- Gonzalez, K. M. (2016). Levantamiento Geológico Estrutural de la Zona Sur de la parroquia Saraguro, del canton Saraguro porvincia de Loja, escala 1:50000. Loja, Ecuador.
- Gorshkov G, A. (1970). Geologia General. Moscu, Rusia: Moscu Mir.
- Gutierrez, J. A. (2005). Guía teórica de Foteogeología. Merida. Obtenido de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/jgutie/materias/Fotogeologia/Fotogeolog%EDaGu%EDa.pdf>
- Hungerbuhler, D. (1997). Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and regional tectonic implications. Zurich: SWISS FEDERAL LNSTTTUTE OF TECHNOLOGY ZURICH.
- Hungerbuhler, D., Steinmann, D., Helg, U., & Hammer, C. (2002). Estratigrafía Neogena y Geodinámica Andina del Sur del Ecuador. (Vols. (1-2)). Reseñas de Ciencias de la Tierra.



- Hurlbut, D. J. (1960). Manual de Mineralogía (1 ed.). REVERTÉ S.A.
- ISRM. (1981). Métodos para la caracterización, prueba y monitoreo de rocas. Ed. E. T. Brown.
- Jiménez Saritama, S. M. (2018). Estudios Geológico Geotécnico previo a la construcción del puerto. Loja, Ecuador.
- Kennerley, J. B. (1973). Geology of Loja Province, southern Ecuador. Institute of Geological Sciences. London: Unpublished report.
- Kennerley, J. B. (1973). Geology of Loja Province, southern Ecuador (Vol. 23). London: Unpublished Report.
- Kennerley, J. B., & Almeida, L. (1975). Mapa geológico del Ecuador, hoja de Loja (56), escala 1:100 000. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas, London.
- (2000). Laboratorio de Hidráulica para los Canales de Riego. Prácticas de laboratorio. Obtenido de http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2013/02/05/Manual_de_Hidraulica_de_Canales.pdf
- MAGAP. (2011). Plan Nacional de Riego y Drenaje. Técnico, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Quito.
- MAGAP. (2011-2026). Plan Nacional de Riego y Drenaje. Quito.
- Mijailov, L. (1989). Hidrogeología. Moscú: MIR.
- Montes de Oca, M. (1996). Topografía. México, D.F: Alfaomega.
- Mosquera Romo, J. M. (2019). Estudio Geológico - Geotécnico previo a la construcción de la planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Pedro de Vilcabamba canton y provincia de Loja. Loja.
- Pachas L, R. (2009). Levantamiento topográfico: Uso del GPS y Estación Total. Trujillo.
- Paladines, A., & Soto, J. (2010). Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador. Loja, Ecuador: EDITORIAL UTPL.
- Palmstrom, A. (1982). The Volumetric joint count: A useful and simple measure of the degree of rock mass jointing. (Vol. V). Nueva Delhi, India. Obtenido de http://www.rockmass.net/ap/77_Palmstrom_on_Block_size_and_RQD.pdf
- Ragan, D. M. (1980). Geología Estructural. Barcelona: Omega S.A.
- Ramirez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2009). Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf
- Rocscience. (2009). Rocscience Inc. Obtenido de <http://www.rocscience.com>
- Rodríguez Ocampo, N. (2017). Guía de Campo para la Geología. Bogotá. Obtenido de



http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/saladecomunicacion/documentos/Guia_de_Campo_I_UNAL_GEOLOGIA_2017.pdf

- Romero Ramírez , C. J. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, perteneciente al Canton Loja. Loja, Ecuador.
- Solis Alulima, B. E. (2015). Sedimentología y Estratigrafía del Norte de la Cuenca Malacatos - Vilcabamba (Mioceno, Provincia de Loja - Sur de Ecuador). Quito, Ecuador.
- Solis Alulima, B. E. (2015). Sedimentología y Estratigrafía del norte de la Cuenca Malacatos - Vilcabamba. Mioceno, provincia de Loja - Sur del Ecuador. Quito.
- Solis, B., Reyes, P., & Crochano, D. (2017). Revisión morfoestructural y tectónica del norte de la cuenca Malacatos - Vilcabamba (Mioceno, provincial de Loja, sur del Ecuador). Quito: GEO Latitud.
- Tamay , J., Ruano, P., Soto, J., Lamas, F., Azañon, J., & Galindo-Zaldivar, J. (2015). Estructura de las Cuencas Sedimentaria Neogenas-Cuaternarias del Sur del Ecuador mediante datos de gravimetría: Implicaciones de la Evolución Tectónica de los Andes. XIV Reunión Nacional de Cuaternario, Granada. Obtenido de <http://geoserver.ugr.es/aequa15/wp-content/uploads/2015/06/S06-07.pdf>.
- Vargas Cuervo, G. (2000). Boletín de Geología (Vol. 22). Bucaramanga, Colombia: Ediciones UIS.
- Varnes, D. J. (1978). Landslide types and process (Vol. 29). E.B. Eckel.
- Viers, G. (1983). Geomorfología. Barcelona: OIKOS-TAU S.A.
- WIKIPEDIA COMMONS. (septiembre de 2004). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Canal_de_riego
- Zarate Torres, B. A. (2011). Monitoreo de movimientos de ladera en el sector de San Pedro de Vilcabamba mediante procedimientos GPS. Loja: Maskana. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5409/1/MASKANA%20si7285%20%282%29.pdf>



11. ANEXOS

ANEXO N° 1. Registro de Fichas técnicas "*in – situ*".



Anexo 1.1 Ficha de descripción de afloramientos de la parroquia.

-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Fecha:		Afloramiento N°	
Localización Geográfica	Provincia: Cantón: Ciudad: Parroquia:		Coordenadas UTM	
			Sector: X: Y: Altitud:	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico ()			
Vegetación	Escasa () Exuberante () Arbustiva () Arbórea () Herbácea ()			
Meteorización	Alta () Media () Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica ()			
Formación				
		Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	
			Buzamiento	
			Dirección de B.	
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
Observaciones:				



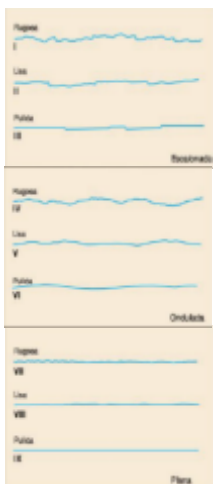
Anexo 1.2 Ficha de descripción de afloramientos del tramo II.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"			Afloramiento N°:	
Datos Generales	Responsable: Fecha:		Coordenadas UTM	
Localización Geográfica	Provincia: Cantón: Ciudad: Parroquia:	Sector: X: Y: Altitud:		
CARACTERIZACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA				
Tipo de afloramiento	Natural ()	Meteorización		Génesis
	Antrópico ()	Alta ()	Media ()	Baja ()
Vegetación	Escasa ()	Formación perteneciente		Ígnea ()
	Exuberante ()			Sedimentaria ()
	Arbustiva ()			Metamórfica ()
	Arbórea ()			
	Herbácea ()			
DATOS ESTRUCTURALES				
Rumbo o Azimut:		Buzamiento:	Dirección de Buzamiento:	
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción general
Observaciones:				



Anexo 1.3 Ficha de levantamiento de Macizos Rocosos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL					
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"					
Datos Generales	Responsable: Tutor: Fecha:				MACIZO N°:
Localización Geográfica	Provincia: Cantón: Ciudad: Parroquia:	DATUM UTM	Sector: X: Y: Altitud:		
1. MATRIZ ROCOSA					
Identificación	Tipo de Roca:				
	Tamaño del grano:				
	Color:				
Meteorización	Fresca	Desintegrada	Decolorada	Descompuesta	
Resistencia Compresión (Esclerómetro)	MPa	Descripción	Selección		
	1-5	Muy Blanda			
	5-25	Blanda			
	25-50	Moderadamente Blanda			
	50-100	Dura			
	100-250	Muy Dura			
	>250	Extremadamente Dura			
2. DISCONTINUIDADES					
Orientación	J₁	J₂	J₃		
Espaciado	Descripción	Espaciado	J₁	J₂	J₃
	Extremadamente Junto	<20mm			
	Muy Junto	20-60 mm			
	Junto	60-200 mm			
	Moderadamente Junto	200-600 mm			
	Separado	600-2000 mm			
	Muy Separado	2000-6000 mm			
	Extremadamente Separado	>6000 mm			
Continuidad o Persistencia	Descripción	Longitud	J₁	J₂	J₃
	Muy Baja	<1 m			
	Baja	1-3 m			
	Media	3-10 m			
	Alta	10-20 m			
	Muy Alta	>20 m			

Rugosidad	Perfiles		J₁	J₂	J₃	
						
Resistencia Paredes	MPa	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	1-5	Muy Blanda				
	5-25	Blanda				
	25-50	Moderadamente Blanda				
	50-100	Dura				
	100-250	Muy Dura				
	>250	Extremadamente Dura				
Abertura	Abertura	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	<0.1 mm	Muy Cerrada				
	0.1-0.25 mm	Cerrada				
	0.25-0.5 mm	Parcialmente Abierta				
	0.5-2.5 mm	Abierta				
	2.5-10 mm	Moderadamente Ancha				
	>10 mm	Ancha				
	1-10 cm	Muy Ancha				
	10-100 cm	Extremadamente Ancha				
	>1 m	Cavernosa				
Relleno	Descripción		Anchura	Resistencia	Presencia Agua	
Filtraciones	Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno	J₁	J₂	J₃
	I	Junta muy plana cerrada, seca y sin agua	Relleno muy consolidado y seco, sin agua			
	II	Junta seca, sin agua	Relleno húmedo sin agua libre			
	III	Junta seca con evidencia de agua	Relleno mojado con goteo ocasional			



	IV	Junta húmeda	Relleno que muestra señales de lavado			
	V	Junta con resume, goteo sin flujo	Relleno lavado, flujo considerable			
	VI	Junta con flujo continuo de agua	Relleno completamente lavado, alta presión			
3. MACIZO ROCOSO						
Elementos de Yacencia	Azimut o Rumbo		Buzamiento		Dirección de B.	
Número y orientación de familias de discontinuidades	Tipo de Macizo Rocoso		Número de Familias		Selección	
	I		Masivo, discontinuidades ocasionales			
	II		Una familia de discontinuidades			
	III		Una familia de discontinuidades más otras ocasionales			
	IV		Dos familias de discontinuidades			
	V		Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VI		Tres familias de discontinuidades			
	VII		Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VIII		Cuatro o más familias de discontinuidades			
	IX		Brechificado			
Tamaño del bloque y forma de los bloques	Clase	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Masivo	Pocas discontinuidades con espaciado muy grande			
	II	Cubico	Bloques aproximadamente equidimensionales			
	III	Tabular	Bloques con una dimensión muy menor que las otras dos			
	IV	Columnar	Bloques con una dimensión mayor que las otras dos			
	V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques			
	VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado			
Grado de Meteorización	Grado	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Fresco	Sin meteorización			
	II	Ligeramente Meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso esta decolorado.			
	III	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	IV	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	V	Completamente Meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en			



			suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.	
	VI	Suelo Residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.	
Fotografías:				
Observaciones:				



Anexo 1.4 Ficha de descripción de movimientos en masa.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA									
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES									
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL									
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"						Deslizamiento N°:			
Datos Generales		Responsable: Fecha:				Coordenadas Planas			
Localización Geográfica		Provincia: Cantón: Ciudad: Parroquia:				X: Y: Altitud:			
I. DESCRIPCION GENERAL DEL ENTORNO DEL MOVIMIENTO EN MASA									
Litología predominante			Estructura Regional			Meteorización			
Roca		Tipo		Falla		Fresca			
Ígnea				Pliegue		Poco			
Sedimentaria				Fractura		Moderadamente			
Metamórfico				Sin relación Estru.		Muy meteorizado			
Fm. Super Deposito		Unidades Geológicas		Estructura Local		Fracturamiento del Macizo Rocoso			
Suelo residual						Macizo			
Aluvial						Poco fracturado			
Coluvial				Estratificación		Ligeramente fracturado			
Fluvioglacial				Foliación		Moderadamente fracturado			
Torrencial				Esquistosidad		Muy fracturado			
Glacial				Diaclasa		Triturado			
Volcánico				Cizalla					
Antiguo deslizamiento				Sin estr. aparente					
Otro.				Orientación preferencial: _____					
Geomorfología									
Ambiente Mofogenético		Geoforma		Forma de la pendiente		Inclinación de la Pendiente			
Denudacional		Colina		Recta		<5° plana a suavemente inclinada			
Denudacional Estru		Montaña		Convexa		6-10° moderadamente inclinada			
Fluvial – aluvial		Piedemontaña		Cóncava		11-15° inclinada			
Glacial		Escarpe		Ondulada		16-30° abrupta			
Periglacial		Valle		Irregular		31-45° escarpada			
Eólico		Cañon				>45° muy escarpada			
Volcánico		Abanico		Longitud de la Pendiente			Erosión		
Costero		Volcán		Muy corta (<500m)			Laminar		
Marino		Otro		Corta (50-250m)			Surcos		
Antrópico				Moder. Larga (250-500m)			Cárcavas		
Cobertura del Suelo		Cuerpo de Agua		Larga (500-1000m)			Hondonadas		
Bosques		Ríos		Muy larga (1000-2500m)			Tierras malas		
Arbustos		Quebradas		Extrem. Larga (>2500m)			Sin erosión inten.		
Pastos		Lagunas/lagos					Erosión		Baja
Suelos desnudos		Estanques					Mode rada		X



Afloramiento Rocas	Represas			Alta
Urbano	Otro			
Uso de Suelo	Infraestructura	Humedad		Seco
	Agricultura			Húmedo
	Ganadería			Saturado
	Forestal			Encharcado
	Industrial			Inundado
	Urbano			
	Minero activo			
	Minero inactivo			
II. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO EN MASA				
Antecedentes:		Fecha inicial detonante: Fecha inicial reactivada:		
Tipo de movimiento	Material Desplazado	Velocidad de Movimiento		
Caída	Suelo orgánico	Extremadamente lento (<0,06m/año)		
Flujo	Suelo residual	Muy lento (0,06m/año – 1,5m/año)		
Deslizamiento	Fragmentos de roca	Lento (1,5 m/año – 1,5 m/mes)		
Volcamiento	Restos vegetales	Moderado (1,5m/día – 3m/s)		
Propagación lateral	Escombros de construcción	Rápido (1,5 m/día – 0.3m/s)		
Hundimiento	Otros.	Muy rápido (0,3 m/min – 3m/s)		
Reptación	Desplazamiento relativo	Extremadamente rápido (>3m/s)		
Movimiento complejo	Lento	Tamaño predominante del material desplazado		
Avenida torrencial	Moderado	Matriz %		
Avalancha	Rápido	Fragmentos %		
Actividad relativa	Avance	Arcillas	Cantos	
Activo	Gravitatorio	Limos	Guijos	
Activo continuo	En graben	Arenas	Bloques	
Activo intermitente	Lateral	Gravas		
Activo progresivo	Progresivo	Edad relativa	F. Ocurrencia	
Activo decreciente	Retrogresivo	Reciente	Único	
Durmiente	Aleatorio	Antiguo	Compuesto	
Estabilizado	No evidente	Fósil	Satélite	
Inactivo			Enjambre	
Mecanismo de Ruptura	Grado de desarrollo	Geometría del Deposito	Forma del Deposito	
Rotacional	Imperceptible	Elongado	Abanico	
Rotacional simple	Desarrollado	Equidimensional	Cono	
Rotacional sucesivo	Transformado	Irregular	Lengua	
Rotacional múltiple		Pendiente inicial: _____	Coladas	
Planar		Pendiente final: _____	Lupas	
Transnacional Estructural			Laminas	
Posición del plano de falla		Suelo orgánico – suelo residual	Lóbulos	
		Suelo residual	Otra	
		Suelo residual – roca	Dimensiones	
		Roca meteorizada	Ancho:	
		Roca meteorizada roca fresca	Altitud relativa:	
		Roca fracturada	Área:	
		Formación superficial	Espesor máximo:	
		Formación superficial – roca	Volumen:	
	No evidente			
Factores intrínsecos	Litología Meteorización	Factores detonantes	Sismos Lluvia	



		Fracturamiento			Creciente
		Morfología			Antrópico
		Pendiente			Erupción volcánica
		Erosión			Otro movimiento en masa
					Infiltración por aguas
Elementos geomorfológicos visibles	Cabeza		Cuerpo		Frente
		Corona		Fisuras longitudinales	Abombamiento
		Fisuras de coronación		Flanco derecho	Pie
		Escarpe principal		Franco izquierdo	Pata
		Escarpe secundarios		Depresión	Protuberancia
	Gradines			Fisuras radial	Lóbulos
Causas		Sobrecarga		Saturación	
		Detonaciones		Sobre pastoreo	
		Deforestación		Urbanismo	
		Minería		Ruptura de tubería	
		Cortes inadecuados		Vertimiento de aguas hervidas	
Posición		Talud		Ladera superior	
		Ladera baja		Cima	
		Ladera media			
III. DAÑOS Y EFECTOS					
Corporales	Cuantifique	Estructuras	Cuantifique	Funcional	
	Pérdidas humanas _____		Viviendas destruidas _____		Recreacional
	Heridos _____		Vivienda averiada _____		Comercial
	Fami. Damnificadas _____		Puente _____		Habitacional
	Perdidas de animales _____		Postes _____		Servicios públicos
			Vías _____		Servicios administr
			Tuberías _____		Social
			Otros _____		Patrimonial
					Otro.
Medidas de Control		Efectos Ambientales			
	Diseños de taludes		Destrucción de bosques		
	Control de drenaje		Obstrucciones de cauce		
	Distribución de masas		Contaminación		
	Reforestación		Otro		
	Muros de contención				
	Instrumentación				
	Otras.				
IV. INFORMACION COMPLEMENTARIA					
Información de Lluvias		Sismo detonante		Calificación de movimiento	
Lluvia ultimo dia	mm	Distancia al epicentro		INTENSIDAD ¹	
Lluvia 3 días	mm	Profundidad del sismo			
Lluvia 10 días	mm	Magnitud Richter			
Persistencia	días	Intensidad Mercalli			
P. de retorno	años			MAGNITUD ²	
Fotografía:					



ANEXO N° 2. Registro Fotográfico.



Fotografía N° 1. Zona de estudio, Canal Alto San Pedro de Vilcabamba. "Tramo II".



Fotografía N° 2. Toma de datos para la Geología Regional y local de la zona de estudio.



Fotografía N° 3. Toma de datos estructurales en los diferentes puntos del levantamiento.



Fotografía N° 4. Toma de datos estructurales en los diferentes puntos del levantamiento.



Fotografía N° 5. Levantamiento de afloramientos a lo largo del tramo II.



Fotografía N° 6. Levantamiento de los diferentes macizos rocosos identificados.










Fotografía N° 7. Aplicación del martillo Schimth para la determinación de la RCS.



Fotografía N° 8. Levantamiento técnico para el análisis del estado actual del tramo II.

	
<p>Fotografía N° 9. Zona de volcamiento del canal por la presencia de un deslizamiento.</p>	<p>Fotografía N° 10. Agujeros en la pared lateral interna del canal.</p>
	
<p>Fotografía N° 11. Fisuras y grietas en las paredes laterales del canal.</p>	<p>Fotografía N° 12. Datos estructurales en las compuertas de desfogue.</p>
	
<p>Fotografía N°13. Asentamientos a lo largo del tramo II.</p>	<p>Fotografía N° 14. Desprendimientos de las paredes del canal.</p>
	
<p>Fotografía N°15. Aplicación del sondeo eléctrico vertical en el deslizamiento N°1.</p>	<p>Fotografía N° 16. Geología a detalle del tramo II.</p>


	
<p>Fotografía N° 17. Canal de roca y tierra.</p>	<p>Fotografía N° 18. Canal completo de hormigon armado.</p>
	
<p>Fotografía N° 19. Canal incompleto con una pared de roca y tierra.</p>	<p>Fotografía N° 20. Canal incompleto con la pared izquierda de roca.</p>
	
<p>Fotografía N° 21. Ensayos de densidades con el método del picnómetro.</p>	<p>Fotografía N° 22. Ensayos para el contenido de humedad con el metodo de absorción.</p>
	
<p>Fotografía N° 23. Ensayos para determinar la porosidad de la roca, méodo de absorción.</p>	<p>Fotografía N° 24. Ensayos para la resistencia de la roca por el metodo RCS.</p>





ANEXO N° 3. Fichas técnicas.




Anexo 3.1 Fichas de afloramientos para la geología regional de la parroquia San Pedro de Vilcabamba.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo		Afloramiento N° 1	
	Fecha: 25-10-2018			
Localización Geográfica	Provincia:	Loja	Coordenadas UTM	
	Cantón:	Loja	Sector:	Barrio Sacapo
	Ciudad:	Loja	X:	698295
	Parroquia:	San Pedro de Vilcabamba	Y:	9531641
			Altitud:	1575 m s.n.m
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva (X) Arbórea (X) Herbácea ()			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)			
Formación	U. Chigüinda			
		Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	103°/S77°E
			Buzamiento	69°
			Dirección de B.	NE
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	15,5 metros	Filitasy Esquistos	Gris oscuray Amarillenta	Presenta una textura esquistosa y además de una estructura foliada y el tamaño del grano es muy fino. Con un brillo satinado y suave al tacto. Esquistosa y grano muy fino visible al ojo humano.
Observaciones: El afloramiento se ubica a lado izquierdo de la vía, se evidencio la presencia de un salto de falla aproximadamente de 1 metro.				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 2	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: Barrio Sacapo X: 697871 Y: 9531524 Altitud: 1572 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva (X) Arbórea (X) Herbácea ()			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)			
Formación	U. Chigüinda		Datos Estructurales Rumbo o Azimut: 243° / S27°O Buzamiento: 59° Dirección de B.: NE	
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	10,5 m.	Esquisto	Marrón oscuro	Presenta una textura esquistosa y con minerales en planos paralelos, además de una estructura foliada y el tamaño del grano visible al ojo.
2	6 m.	Filitas	Gris oscuro	Igualmente, las filitas presentaron un brillo satinado y con una textura esquistosa y grano muy fino.
Observaciones: El afloramiento se ubica al lado izquierdo de la vía, aproximadamente grande de 30 metros de ancho y 16.5 de altura, en el franco derecho esta los esquistos y en el franco izquierdo las filitas.				


-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 3	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: Barrio Sacapo X: 697796 Y: 9331451 Altitud: 1577 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva (X) Arbórea (X) Herbácea ()			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria (X) Metamórfica (X)			
Formación	Formación Cerro Mandango y U. Chigüinda			
			Datos Estructurales	
			Rumbo o Azimut	51° / N39°E
			Buzamiento	65°
			Dirección de B.	NE
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	14 metros	Arenisca – Conglomerados	Marrón amarillento claro	Los conglomerados se encuentran bien distribuidos con cantos angulosos de origen metamórfico de 0.5 – 5 cm, con una matriz arenosa de tonos marrones claros.
2	10 metros	Esquistos - Filitas	Gris oscuro	Afloramiento intercalado de filitas y esquistos, la textura de la filita es de grano muy fino, no visible a simple vista, Capas angulosas y planas.
Observaciones: este afloramiento se ubica a lado izquierdo de la vía, en el cual se evidenció el contacto entre las formaciones Cerro Mangando y San Francisco. El contacto geológico presentó una dirección de azimut de 313°.				

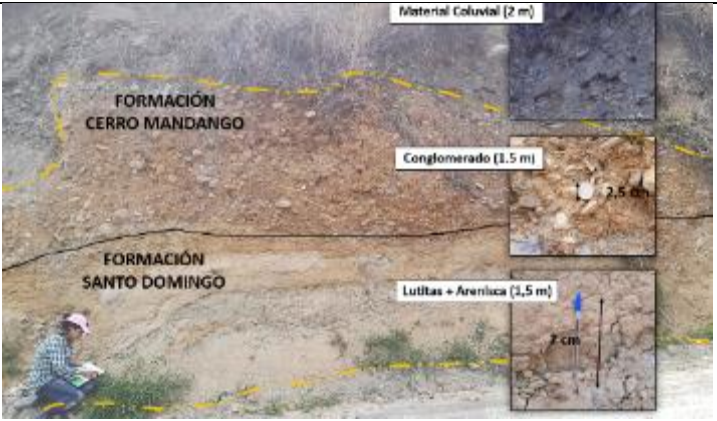
-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
 FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 4	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: Cruz de Chiboloma X: 697732 Y: 9531306 Altitud: 1574 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea ()			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria (X) Metamórfica ()			
Formación	Cerro Mandango Miembro Inferior			
		Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	Afloramiento Masivo
			Buzamiento	
			Dirección de B.	
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	6 metros	Arenisca y limo	Marrón amarillento	Es un afloramiento masivo de una sola capa de conglomerado distribuido uniformemente con cantos angulosos de 0.5-5 cm, y con un matriz limo arenoso y áspero, existe la presencia de oxidación por agua.
Observaciones: Este afloramiento se ubicó a lado izquierdo de la vía frente, al colegio de la parroquia y a 5 metros del cementerio. Se evidencia una capa de aproximadamente 2 metros de nivel de agua el cual solo se presenta en temporada de invierno.				




-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 5	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: Mecánica "Máximo Lanche" X: 697286 Y: 9531005 Altitud: 1575 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural (X) Antrópico ()			
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea ()			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria (X) Metamórfica ()			
Formación	Santo Domingo			
		Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	Afloramiento Masivo
			Buzamiento	
			Dirección de B.	
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	3 metros	Lutitas	Marrón claras a oscuras	Las Lutitas presentaron una textura granular y arcillosa de grano muy fino y constituida por las partículas de arcilla y de limo.
Observaciones: este afloramiento se lo ubico en la vía que va al barrio Sacapo; detrás de la casa del Sr. Máximo Lanche, aproximadamente de 1.5 metros.				






-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 6	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: Barrio Cararango X: 696238 Y: 9531915 Altitud: 1749 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa () Exuberante (X) Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea (X)			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria (X) Metamórfica ()			
Formación	Santo Domingo	Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	Afloramiento Masivo
			Buzamiento	
			Dirección de B.	
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	3.25 metros	Lutitas	Café oscuro	Afloramiento masivo, con presencia de arcilla tipo "montmorillonita" lo que ha venido causando durante algunos años movimientos lentos, además existen la presencia de raíces y tubería de agua.
Observaciones: este afloramiento se ubica a lado derecho de la vía a Vilcabamba, además se evidencio los movimientos de ladera de forma lenta, causando daños en las viviendas y tuberías de agua.				

-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 7	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: Tucu - Tucu X: 696348 Y: 9531441 Altitud: 1737 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa () Exuberante (X) Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea (X)			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria (X) Metamórfica ()			
Formación	Cerro Mandango	Datos Estructurales		Rumbo o Azimut Buzamiento Dirección de B.
				345° / N15°O 8° NO
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	2 m	Conglomerados	Gris	Conglomerados con cantos angulosos hasta 10 cm con una matriz arenosa y una textura granular.
2	1.5 m	Conglomerados	Amarillo rojizo	Conglomerado de clastos de 0-20 cm redondeados con una matriz arcillosa y con una textura granular.
3	1.50 m	Arenisca	Tonos blancos a amarillo	
4	Desconocido	Sedimentario	Crema	Presenta una textura granular.
Observaciones: El presente afloramiento se pudo evidenciar el posible contacto entre las formaciones Mandango y Santo Domingo formando una gran secuencia granocreciente.				



-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 8	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: X: 697732 Y: 9531306 Altitud: 1574 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa () Exuberante (X) Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea (X)			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria (X) Metamórfica ()			
Formación	Cerro Mandango			
		Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	Afloramiento masivo
			Buzamiento	
			Dirección de B.	
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	7 metros	Conglomerado	Gris amarillento	Afloramiento de forma masiva con conglomerados con cantos redondeados mal distribuidos con tamaños de 1 a 5 cm.
Observaciones:				




-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
 FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales		Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018	Afloramiento N° 9	
Localización Geográfica		Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba	Coordenadas UTM	
			Sector: Barrio Amala X: 697041 Y: 9530646 Altitud: 1637 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea ()			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria (X) Metamórfica ()			
Formación	Cerro Mandango y Santo Domingo	Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	Afloramiento masivo
			Buzamiento	
			Dirección de B.	
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	1.5 metros	Conglomerado	Amarillento	Presentan con textura granular, bien uniformes con cantos redondeados con un diámetro de 0-10cm, con una matriz arenosa.
2	2 metros	Arenisca	Marrón amarillo rojizo	Presenta una textura granular.
3	Indefinida	Lutitas	Gris claras a oscuras	Presenta una textura granular con partículas del tamaño de la arcilla y del limo. De grano fino.
Observaciones: Contacto entre las dos formaciones Cerro Mandango y Santo Domingo				



-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 10	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: X: 695580 Y: 9530281 Altitud: 1531 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)			
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea ()			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria (X) Metamórfica ()			
Formación	Cerro Mandango			
		Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	221° / S49°O
			Buzamiento	13°
			Dirección de B.	SE
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	7 metros	Conglomerado	Marrón amarillento	Presentó una textura granular, con una distribución uniforme, con cantos redondeados de 0.10-0.50 cm y con una matriz arenosa.
2	Indefinida	Lutita	Gris claras a oscuras	Presenta una textura granular con partículas del tamaño de la arcilla y del limo. De grano fino.
Observaciones:				

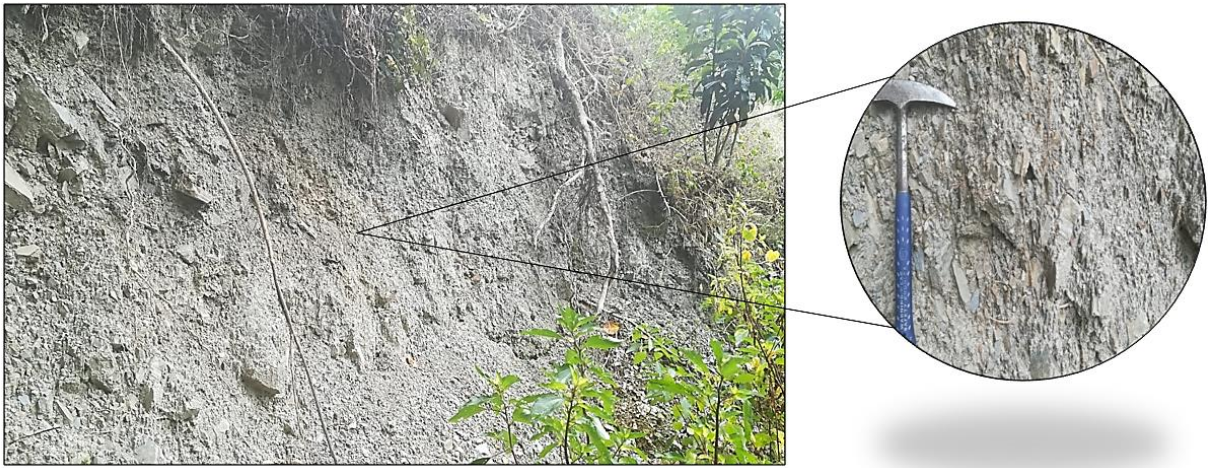


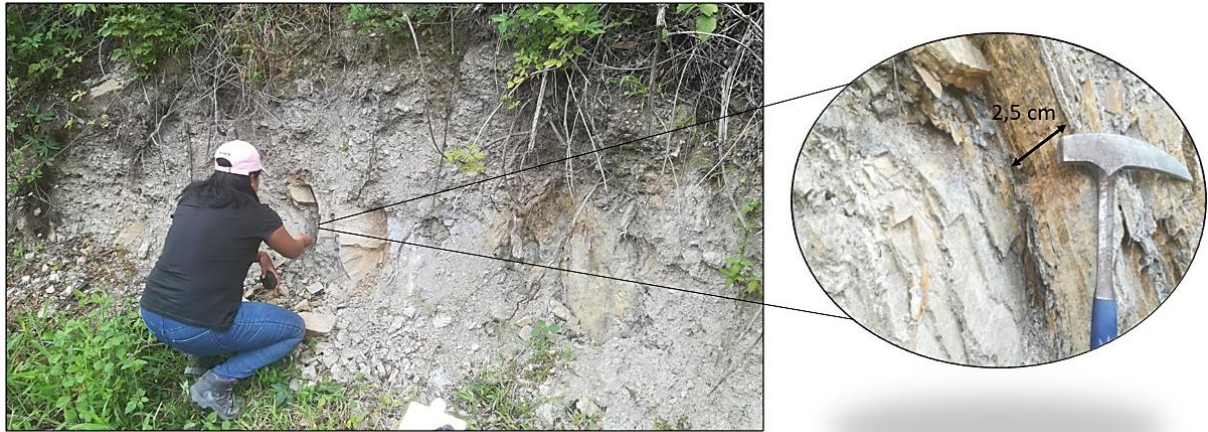
-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 11	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: Barrio "Chaupi" X: 694823 Y: 9530184 Altitud: 1499 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural (X) Antrópico ()			
Vegetación	Escasa () Exuberante (X) Arbustiva (X) Arbórea (X) Herbácea (X)			
Meteorización	Alta () Media (X) Baja ()			
Génesis	Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)			
Formación	Deposito aluvial			
		Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	Afloramiento masivo
			Buzamiento	
			Dirección de B.	
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
				Es un depósito aluvial, al margen del río Solanda, se observó material pétreo y la presencia de aguas residuales. Rocas redondeadas con diferentes tamaños.
Observaciones:				

-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
 FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"				
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Fecha: 25-10-2018		Afloramiento N° 12	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Coordenadas UTM	
			Sector: Pie Grande X: 698037 Y: 931374 Altitud: 1556 m s.n.m	
Caracterización General y Geológica		Fotografía		
Tipo de afloramiento	Natural <input checked="" type="checkbox"/> (X) Antrópico <input type="checkbox"/> ()			
Vegetación	Escasa <input type="checkbox"/> () Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> (X) Arbustiva <input checked="" type="checkbox"/> (X) Arbórea <input type="checkbox"/> () Herbácea <input checked="" type="checkbox"/> (X)			
Meteorización	Alta <input type="checkbox"/> () Media <input checked="" type="checkbox"/> (X) Baja <input type="checkbox"/> ()			
Génesis	Ígnea <input type="checkbox"/> () Sedimentaria <input type="checkbox"/> () Metamórfica <input checked="" type="checkbox"/> (X)			
Formación	U. Chigüinda			
		Datos Estructurales	Rumbo o Azimut	84° / N6°O
			Buzamiento	60°
			Dirección de B.	SE
Perfil Litológico del Afloramiento				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción General (Granulometría y textura)
1	15	Filitas	Gris y amarillentas	Existe un posible contacto entre la Unidad Chigüinda y Cerro Mandango. Con un azimut de 140°.
Observaciones: Este afloramiento se encuentra al filo del Rio Uchima.				




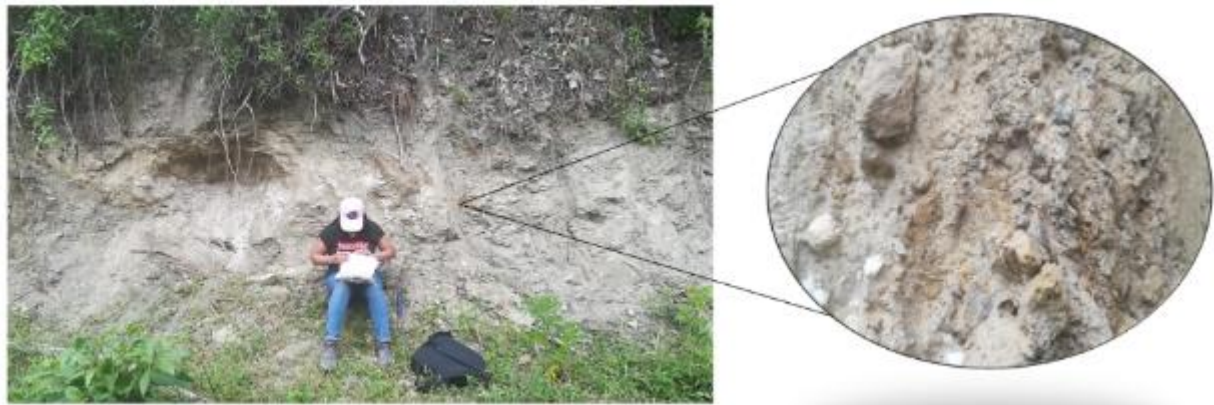
ANEXO N° 3.2 Fichas de afloramientos para la geología de detalle
del tramo II: Sector La Cofradia.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"		Afloramiento N°:	1	
Datos Generales	Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019	Coordenadas UTM		
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba	Sector: La Cofradía X: 698972 Y: 9532458 Altitud: 1770 m s.n.m		
CARACTERIZACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA				
Tipo de afloramiento	Natural (X) Antrópico ()	Meteorización	Génesis	
		Alta (X) Media () Baja ()	Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)	
Vegetación	Escasa () Exuberante (X) Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea ()	Formación perteneciente	Formación Chigüinda	
DATOS ESTRUCTURALES				
Rumbo o Azimut: 200° / S20°O	Buzamiento: 56°	Dirección de Buzamiento: SE		
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO				
				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción general
1	10 cm	Capa de Vegetación	-	Presenta material vegetales raíces y arbustos.
2	50 cm	Suelo Coluvial	Gris claro	-Presenta clastos con tamaños desde milímetros hasta 5 centímetros.
3	30 cm	Esquistos	Gris claro - amarillento	-Muy meteorizados, suave al tacto y mantienen su estructura inicial.
Observaciones: Este afloramiento se encuentra al margen izquierdo aguas arriba del canal.				


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL					
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"			Afloramiento N°:	2	
Datos Generales	Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019		Coordenadas UTM		
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba		Sector: La Cofradía X: 699000 Y: 9532504 Altitud: 1761 m s.n.m		
CARACTERIZACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA					
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)	Meteorización		Génesis	
		Alta (X)	Media () Baja ()	Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)	
Vegetación	Escasa () Exuberante (X) Arbustiva (X) Arbórea () Herbácea (X)	Formación perteneciente	Formación Chigüinda		
DATOS ESTRUCTURALES					
Rumbo o Azimut: 155° / 25° SE		Buzamiento: 60°	Dirección de Buzamiento: NE		
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO					
					
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción general	
1	50 cm	Suelo Coluvial	Gris	-Presenta clastos con tamaños desde milímetros hasta 5 centímetros.	
2	20 cm	Esquistos sericíticos	Gris clara y amarillenta.	-Presenta capas con medidas desde 1 cm hasta 2.5 cm.	
Observaciones: Este afloramiento se encuentra al margen izquierdo aguas arriba del canal.					




UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"			Afloramiento N°:	3
Datos Generales	Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019		Coordenadas UTM	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba	Sector: La Cofradía X: 699005 Y: 9532514 Altitud: 1777 m s.n.m		
CARACTERIZACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA				
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)	Meteorización		Génesis
		Alta () Media (X) Baja ()		Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva () Arbórea () Herbácea (X)	Formación perteneciente	Formación Chigüinda	
DATOS ESTRUCTURALES				
Rumbo o Azimut: Masivo	Buzamiento: Masivo	Dirección de Buzamiento: Masivo		
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO				
				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción general
1	3 m	Suelo Coluvial	Gris - Amarillento	Presenta una matriz limo – arenosa. Con intercalaciones de cuarcita pero en estado de disgregación con incrustaciones delgadas.
Observaciones: Este afloramiento se encuentra al margen izquierdo aguas arriba del canal.				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"		Afloramiento N°:	4	
Datos Generales	Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019	Coordenadas UTM		
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba	Sector: Familia Torres X: 699130 Y: 9532579 Altitud: 1778 m s.n.m		
CARACTERIZACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA				
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)	Meteorización	Génesis	
		Alta () Media (X) Baja ()	Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)	
Vegetación	Escasa () Exuberante () Arbustiva (X) Arbórea (X) Herbácea (X)	Formación perteneciente	Formación Chigüinda	
DATOS ESTRUCTURALES				
Rumbo o Azimut: Masivo	Buzamiento: Masivo	Dirección de Buzamiento: Masivo		
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO				
				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción general
1	2 m	Suelo Coluvial (Filitas + Esquistos + Cuarcita)	Gris claro - Amarillento	- El afloramiento presenta un suelo coluvial pero con intercalaciones de filitas, esquistos y cuarcita con una matriz limo-arcillosa con clastos desde 10 a 20 cm. Este afloramiento es el tope del posible Paleodeslizamiento.
Observaciones: Este afloramiento se encuentra al margen izquierdo aguas arriba del canal.				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"			Afloramiento N°:	5
Datos Generales	Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019		Coordenadas UTM	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba	Sector: Familia Guamán - Lapo X: 699231 Y: 9532518 Altitud: 1765 m s.n.m		
CARACTERIZACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA				
Tipo de afloramiento	Natural () Antrópico (X)	Meteorización		Génesis
		Alta () Media (X) Baja ()		Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)
Vegetación	Escasa (X) Exuberante () Arbustiva () Arbórea () Herbácea (X)	Formación perteneciente	Formación Chigüinda	
DATOS ESTRUCTURALES				
Rumbo o Azimut: 320°	Buzamiento: 13°	Dirección de Buzamiento: NE		
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO				
				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción general
1	1 m	Filitas y esquistos	Gris clara	Presentan una matriz arcillosa de plasticidad muy baja, con presencia de clastos angulosos producto de la disgregación y meteorización de filitas y foliación de los esquistos de tonalidades gris claro, sus clastos angulosos de origen metamórfico varían desde 1 cm hasta 10 cm. Las capas de esquistos casi subhorizontal tienden a profundizarse y estas capas presentan una potencia aproximada de 8 cm.
Observaciones: En este afloramiento se evidencio la perdida de los esquistos los cuales se profundizan siendo capas muy final y foliadas. Este afloramiento se encuentra al margen izquierdo aguas arriba del canal.				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"			Afloramiento N°:	6
Datos Generales	Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019		Coordenadas UTM	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba	Sector: Armico X: 699388 Y: 9532483 Altitud: 1756 m s.n.m		
CARACTERIZACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA				
Tipo de afloramiento	Natural <input checked="" type="checkbox"/> Antrópico <input type="checkbox"/>	Meteorización		Génesis
		Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>		Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentaria <input type="checkbox"/> Metamórfica <input checked="" type="checkbox"/>
Vegetación	Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Exuberante <input type="checkbox"/> Arbustiva <input type="checkbox"/> Arbórea <input checked="" type="checkbox"/> Herbácea <input checked="" type="checkbox"/>	Formación perteneciente	Formación Chigüinda	
DATOS ESTRUCTURALES				
Rumbo o Azimut: 155° / S25°E	Buzamiento: 11°	Dirección de Buzamiento: NE		
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO				
				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción general
1	1.50 m	Filitas	Gris – clara	Las capas de esquistos casi subhorizontal tienden a profundizarse y estas capas presentan una potencia aproximada de 8 cm.
2	4 m	Esquistos	Gris - azulado	Se presenta meteorizadas, frágiles al tacto.
Observaciones: Este afloramiento se encuentra al margen izquierdo aguas arriba del canal.				

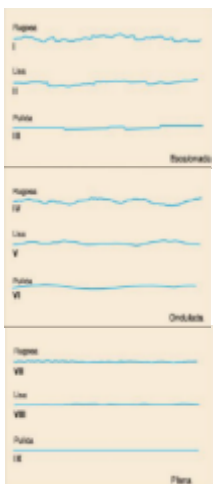
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES				
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"			Afloramiento N°:	7
Datos Generales	Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019		Coordenadas UTM	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba	Sector: Culebrillas X: 700099 Y: 9532242 Altitud: 1765 m s.n.m		
CARACTERIZACIÓN GENERAL Y GEOLOGICA				
Tipo de afloramiento	Natural (X) Antrópico ()	Meteorización		Génesis
		Alta () Media (X) Baja ()		Ígnea () Sedimentaria () Metamórfica (X)
Vegetación	Escasa (X) Exuberante (X) Arbustiva () Arbórea () Herbácea (X)	Formación perteneciente	Formación Chigüinda	
DATOS ESTRUCTURALES				
Rumbo o Azimut: 276° / N84°O	Buzamiento: 13°	Dirección de Buzamiento: NO		
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO				
				
N°	Potencia (cm-m)	Tipo de roca	Color	Descripción general
1	15 m	Esquistos grafitosos	Gris azulado	Se presentan de grano fino, notablemente contiene más de un 50% de minerales planos y laminares (micas). Pero los esquistos grafitosos se presentan con una tonalidad gris azulado, con textura esquistosa y pizarrosa, también se caracterizan por su brillo satinado producto de la orientación de posibles micas, además presenta intercalaciones de cuarcita con un espesor de 2 cm.
Observaciones: Este afloramiento se encuentra al margen izquierdo aguas arriba del canal.				



ANEXO 3.3 Ficha de levantamiento para Macizos Rocosos,
pertenecientes al tramo II: Sector La Cofradía.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA					
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL					
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"					
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo				MACIZO N°: 1
	Tutor: Ing. Iván Puglla.				
Localización Geográfica	Provincia:	Loja	UTM	Sector:	Banderillas
	Cantón:	Loja		X:	700495
	Ciudad:	Loja		Y:	9531951
	Parroquia:	San Pedro de Vilcabamba		Altitud:	1769 m s.n.m
4. MATRIZ ROCOSA					
Identificación	Tipo de Roca:	Filitas			
	Tamaño del grano:	Grano Fino			
	Color:	Gris - amarillento			
Meteorización	Fresca	Desintegrada	Decolorada	Descompuesta	
			Se observa cambios en el color original de la matriz rocosa		
Resistencia Compresión (Esclerómetro)	MPa	Descripción		Selección	
	1-5	Muy Blanda			
	5-25	Blanda			
	25-50	Moderadamente Blanda			
	50-100	Dura			
	100-250	Muy Dura		140 MPa	
>250	Extremadamente Dura				
5. DISCONTINUIDADES					
Orientación	J₁	J₂		J₃	
	160° / 52° SO	85° / 90° N			
Espaciado	Descripción	Espaciado	J₁	J₂	J₃
	Extremadamente Junto	<20mm	15 mm	9 mm	
	Muy Junto	20-60 mm			
	Junto	60-200 mm			
	Moderadamente Junto	200-600 mm			
	Separado	600-2000 mm			
	Muy Separado	2000-6000 mm			
	Extremadamente Separado	>6000 mm			
Continuidad o Persistencia	Descripción	Longitud	J₁	J₂	J₃
	Muy Baja	<1 m			
	Baja	1-3 m		1 m	
	Media	3-10 m	5 m		
	Alta	10-20 m			
	Muy Alta	>20 m			

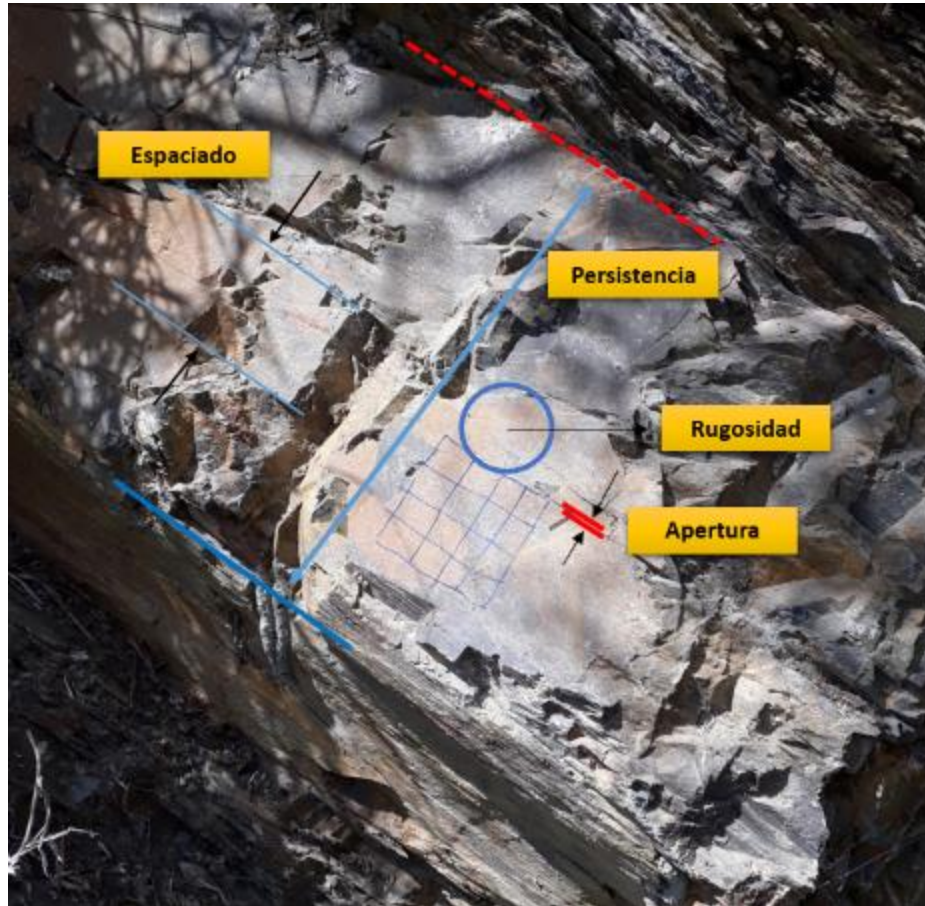
Rugosidad	Perfiles		J₁	J₂	J₃	
			Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa		
Resistencia Paredes	MPa	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	1-5	Muy Blanda				
	5-25	Blanda				
	25-50	Moderadamente Blanda				
	50-100	Dura	90 MPa	65 MPa		
	100-250	Muy Dura				
	>250	Extremadamente Dura				
Abertura	Abertura	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	<0.1 mm	Muy Cerrada	0,1 mm	0,1 mm		
	0.1-0.25 mm	Cerrada				
	0.25-0.5 mm	Parcialmente Abierta				
	0.5-2.5 mm	Abierta				
	2.5-10 mm	Moderadamente Ancha				
	>10 mm	Ancha				
	1-10 cm	Muy Ancha				
	10-100 cm	Extremadamente Ancha				
>1 m	Cavernosa					
Relleno	Descripción		Anchura	Resistencia	Presencia Agua	
	NULO		NULO	NULO	NULO	
Filtraciones	Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno	J₁	J₂	J₃
	I	Junta muy plana cerrada, seca y sin agua	Relleno muy consolidado y seco, sin agua			
	II	Junta seca, sin agua	Relleno húmedo sin agua libre	X	X	
	III	Junta seca con evidencia de agua	Relleno mojado con goteo ocasional			



	IV	Junta húmeda	Relleno que muestra señales de lavado			
	V	Junta con resume, goteo sin flujo	Relleno lavado, flujo considerable			
	VI	Junta con flujo continuo de agua	Relleno completamente lavado, alta presión			
6. MACIZO ROCOSO						
Elementos de Yacencia	Azimut o Rumbo		Buzamiento		Dirección de B.	
	145° / S35°E		58°		SO	
Número y orientación de familias de discontinuidades	Tipo de Macizo Rocoso		Número de Familias		Selección	
	I		Masivo, discontinuidades ocasionales			
	II		Una familia de discontinuidades			
	III		Una familia de discontinuidades más otras ocasionales			
	IV		Dos familias de discontinuidades		X	
	V		Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VI		Tres familias de discontinuidades			
	VII		Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VIII		Cuatro o más familias de discontinuidades			
	IX		Brechificado			
Tamaño del bloque y forma de los bloques	Clase	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Masivo	Pocas discontinuidades con espaciado muy grande			
	II	Cubico	Bloques aproximadamente equidimensionales		X	
	III	Tabular	Bloques con una dimensión muy menor que las otras dos			
	IV	Columnar	Bloques con una dimensión mayor que las otras dos			
	V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques			
	VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado			
Grado de Meteorización	Grado	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Fresco	Sin meteorización			
	II	Ligeramente Meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso esta decolorado.		X	
	III	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	IV	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	V	Completamente Meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en			

			suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.	
	VI	Suelo Residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.	

Fotografías:

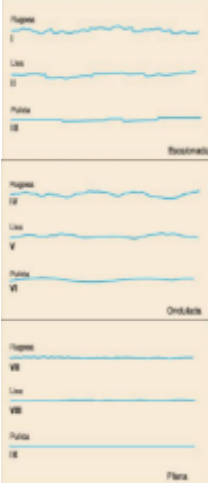


Observaciones:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA					
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL					
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"					
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo				MACIZO N°: 2
	Tutor: Ing. Iván Puglla.				
Fecha: 11 – 03 -2019					
Localización Geográfica	Provincia:	Loja	Coordenadas UTM	Sector:	Quebrada Culebrillas
	Cantón:	Loja		X:	700099
Ciudad: Loja			Y:	9532242	
Parroquia: San Pedro de Vilcabamba			Altitud:	1765 m s.n.m	
1. MATRIZ ROCOSA					
Identificación	Tipo de Roca:	Filitas			
	Tamaño del grano:	Grano Fino			
	Color:	Gris - amarillento			
Meteorización	Fresca	Desintegrada	Decolorada	Descompuesta	
			Se observa cambios en el color original de la matriz rocosa		
Resistencia Compresión (Esclerómetro)	MPa	Descripción		Selección	
	1-5	Muy Blanda			
	5-25	Blanda			
	25-50	Moderadamente Blanda			
	50-100	Dura			
	100-250	Muy Dura		145 MPa	
	>250	Extremadamente Dura			
2. DISCONTINUIDADES					
Orientación	J₁		J₂		J₃
	350°/ 61° NO		320° / 64° NO		
Espaciado	Descripción	Espaciado	J₁	J₂	J₃
	Extremadamente Junto	<20mm			
	Muy Junto	20-60 mm			
	Junto	60-200 mm	180 mm	180 mm	
	Moderadamente Junto	200-600 mm			
	Separado	600-2000 mm			
	Muy Separado	2000-6000 mm			
	Extremadamente Separado	>6000 mm			
Continuidad o Persistencia	Descripción	Longitud	J₁	J₂	J₃
	Muy Baja	<1 m			
	Baja	1-3 m		2 m	
	Media	3-10 m	7 m		
	Alta	10-20 m			



	Muy Alta	>20 m				
Rugosidad	Perfiles		J₁	J₂	J₃	
			Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa		
Resistencia Paredes	MPa	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	1-5	Muy Blanda				
	5-25	Blanda				
	25-50	Moderadamente Blanda				
	50-100	Dura	100 MPa	95 MPa		
	100-250	Muy Dura				
	>250	Extremadamente Dura				
Abertura	Abertura	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	<0.1 mm	Muy Cerrada	Nada	<0.1 mm		
	0.1-0.25 mm	Cerrada				
	0.25-0.5 mm	Parcialmente Abierta				
	0.5-2.5 mm	Abierta				
	2.5-10 mm	Moderadamente Ancha				
	>10 mm	Ancha				
	1-10 cm	Muy Ancha				
	10-100 cm	Extremadamente Ancha				
	>1 m	Cavernosa				
Relleno	Descripción		Anchura	Resistencia	Presencia Agua	
	NULO		NULO	NULO	NULO	
Filtraciones	Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno	J₁	J₂	J₃
	I	Junta muy plana cerrada, seca y sin agua	Relleno muy consolidado y seco, sin agua			
	II	Junta seca, sin agua	Relleno húmedo sin agua libre	X	X	
	III	Junta seca con evidencia de agua	Relleno mojado con goteo ocasional			



	IV	Junta húmeda	Relleno que muestra señales de lavado			
	V	Junta con resume, goteo sin flujo	Relleno lavado, flujo considerable			
	VI	Junta con flujo continuo de agua	Relleno completamente lavado, alta presión			
3. MACIZO ROCOSO						
Elementos de Yacencia	Azimut o Rumbo		Buzamiento		Dirección de B.	
	344° / N16°O		59°		NO	
Número y orientación de familias de discontinuidades	Tipo de Macizo Rocoso		Número de Familias		Selección	
	I		Masivo, discontinuidades ocasionales			
	II		Una familia de discontinuidades			
	III		Una familia de discontinuidades más otras ocasionales			
	IV		Dos familias de discontinuidades		X	
	V		Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VI		Tres familias de discontinuidades			
	VII		Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VIII		Cuatro o más familias de discontinuidades			
	IX		Brechificado			
Tamaño del bloque y forma de los bloques	Clase	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Masivo	Pocas discontinuidades con espaciado muy grande			
	II	Cubico	Bloques aproximadamente equidimensionales		X	
	III	Tabular	Bloques con una dimensión muy menor que las otras dos			
	IV	Columnar	Bloques con una dimensión mayor que las otras dos			
	V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques			
	VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado			
Grado de Meteorización	Grado	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Fresco	Sin meteorización			
	II	Ligeramente Meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso esta decolorado.		X	
	III	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	IV	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	V	Completamente Meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en			

			suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.	
	VI	Suelo Residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.	

Fotografías:

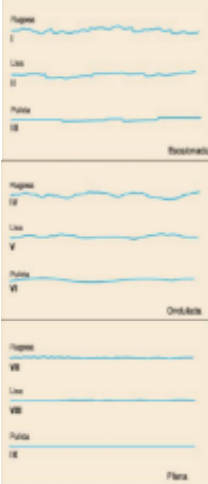


Observaciones:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA					
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL					
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"					
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo				MACIZO N°: 3
	Tutor: Ing. Iván Puglla.				
Fecha: 11 – 03 -2019					
Localización Geográfica	Provincia:	Loja	Coordenadas UTM	Sector:	La Cofradía
	Cantón:	Loja		X:	699972
Ciudad:		Loja	Y:	9532202	1760 m s.n.m
Parroquia:		San Pedro de Vilcabamba	Altitud:		
1. MATRIZ ROCOSA					
Identificación	Tipo de Roca:	Filitas			
	Tamaño del grano:	Grano Fino			
	Color:	Gris – Marrón			
Meteorización	Fresca	Desintegrada	Decolorada	Descompuesta	
			Se observa cambios en el color original de la matriz rocosa		
Resistencia Compresión (Esclerómetro)	MPa	Descripción		Selección	
	1-5	Muy Blanda			
	5-25	Blanda			
	25-50	Moderadamente Blanda		210 MPa	
	50-100	Dura			
	100-250	Muy Dura			
	>250	Extremadamente Dura			
2. DISCONTINUIDADES					
Orientación	J₁	J₂		J₃	
	44° SO	30° SE			
Espaciado	Descripción	Espaciado	J₁	J₂	J₃
	Extremadamente Junto	<20mm			
	Muy Junto	20-60 mm			
	Junto	60-200 mm	160 mm	160 mm	
	Moderadamente Junto	200-600 mm			
	Separado	600-2000 mm			
	Muy Separado	2000-6000 mm			
	Extremadamente Separado	>6000 mm			
Continuidad o Persistencia	Descripción	Longitud	J₁	J₂	J₃
	Muy Baja	<1 m		1,5 cm	
	Baja	1-3 m			
	Media	3-10 m			
	Alta	10-20 m	15 m		
	Muy Alta	>20 m			



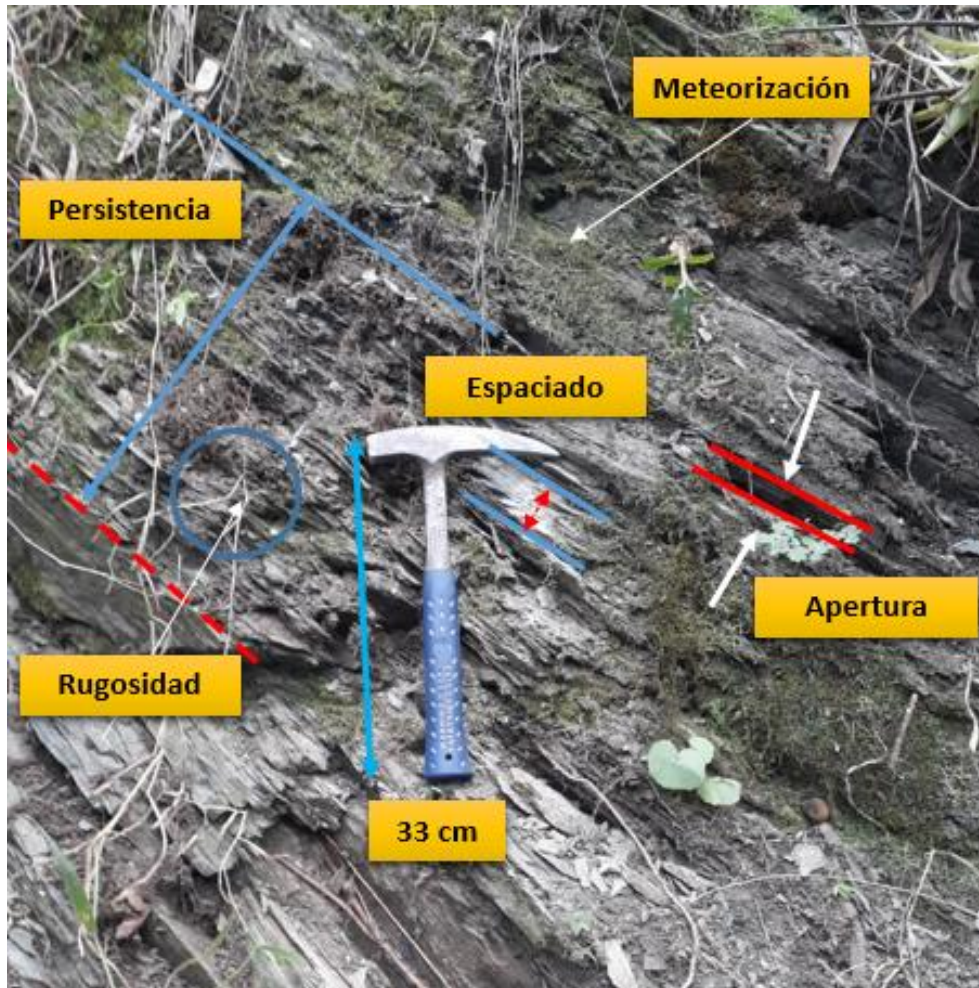
Rugosidad	Perfiles		J₁	J₂	J₃	
						
			Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa		
Resistencia Paredes	MPa	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	1-5	Muy Blanda				
	5-25	Blanda				
	25-50	Moderadamente Blanda		50 MPa		
	50-100	Dura	80 MPa			
	100-250	Muy Dura				
	>250	Extremadamente Dura				
Abertura	Abertura	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	<0.1 mm	Muy Cerrada	0.1 mm	0.1 mm		
	0.1-0.25 mm	Cerrada				
	0.25-0.5 mm	Parcialmente Abierta				
	0.5-2.5 mm	Abierta				
	2.5-10 mm	Moderadamente Ancha				
	>10 mm	Ancha				
	1-10 cm	Muy Ancha				
	10-100 cm	Extremadamente Ancha				
>1 m	Cavernosa					
Relleno	Descripción		Anchura	Resistencia	Presencia Agua	
	NULO		NULO	NULO	NULO	
Filtraciones	Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno	J₁	J₂	J₃
	I	Junta muy plana cerrada, seca y sin agua	Relleno muy consolidado y seco, sin agua			
	II	Junta seca, sin agua	Relleno húmedo sin agua libre	X	X	
	III	Junta seca con evidencia de agua	Relleno mojado con goteo ocasional			



	IV	Junta húmeda	Relleno que muestra señales de lavado			
	V	Junta con resume, goteo sin flujo	Relleno lavado, flujo considerable			
	VI	Junta con flujo continuo de agua	Relleno completamente lavado, alta presión			
3. MACIZO ROCOSO						
Elementos de Yacencia	Azimut o Rumbo		Buzamiento		Dirección de B.	
	240° / S30°O		41°		SO	
Número y orientación de familias de discontinuidades	Tipo de Macizo Rocoso		Número de Familias		Selección	
	I		Masivo, discontinuidades ocasionales			
	II		Una familia de discontinuidades			
	III		Una familia de discontinuidades más otras ocasionales			
	IV		Dos familias de discontinuidades		X	
	V		Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VI		Tres familias de discontinuidades			
	VII		Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VIII		Cuatro o más familias de discontinuidades			
	IX		Brechificado			
Tamaño del bloque y forma de los bloques	Clase	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Masivo	Pocas discontinuidades con espaciado muy grande			
	II	Cubico	Bloques aproximadamente equidimensionales		X	
	III	Tabular	Bloques con una dimensión muy menor que las otras dos			
	IV	Columnar	Bloques con una dimensión mayor que las otras dos			
	V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques			
	VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado			
Grado de Meteorización	Grado	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Fresco	Sin meteorización			
	II	Ligeramente Meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso esta decolorado.		X	
	III	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	IV	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	V	Completamente Meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en			

			suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.	
	VI	Suelo Residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.	

Fotografías:

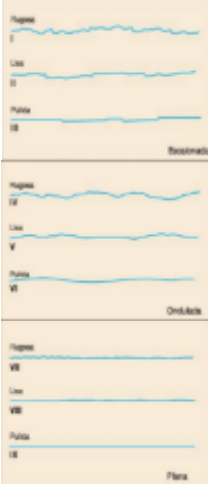


Observaciones:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA					
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL					
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"					
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo				MACIZO N°: 4
	Tutor: Ing. Iván Puglla.				
Fecha: 11 – 03 -2019					
Localización Geográfica	Provincia:	Loja	Coordenadas UTM	Sector:	La Cofradía
	Cantón:	Loja		X:	699867
Ciudad:		Loja	Y:	9532201	1763 m s.n.m
Parroquia:		San Pedro de Vilcabamba	Altitud:		
1. MATRIZ ROCOSA					
Identificación	Tipo de Roca:	Filitas			
	Tamaño del grano:	Grano Fino			
	Color:	Gris – marrón			
Meteorización	Fresca	Desintegrada	Decolorada	Descompuesta	
			Se observa cambios en el color original de la matriz rocosa		
Resistencia Compresión (Esclerómetro)	MPa	Descripción		Selección	
	1-5	Muy Blanda			
	5-25	Blanda			
	25-50	Moderadamente Blanda			
	50-100	Dura			
	100-250	Muy Dura		150 MPa	
>250	Extremadamente Dura				
2. DISCONTINUIDADES					
Orientación	J₁	J₂		J₃	
	30° SO	41° SO			
Espaciado	Descripción	Espaciado	J₁	J₂	J₃
	Extremadamente Junto	<20mm	150 mm	150 mm	
	Muy Junto	20-60 mm			
	Junto	60-200 mm			
	Moderadamente Junto	200-600 mm			
	Separado	600-2000 mm			
	Muy Separado	2000-6000 mm			
	Extremadamente Separado	>6000 mm			
Continuidad o Persistencia	Descripción	Longitud	J₁	J₂	J₃
	Muy Baja	<1 m		0.60 m	
	Baja	1-3 m	1.5 m		
	Media	3-10 m			
	Alta	10-20 m			
	Muy Alta	>20 m			



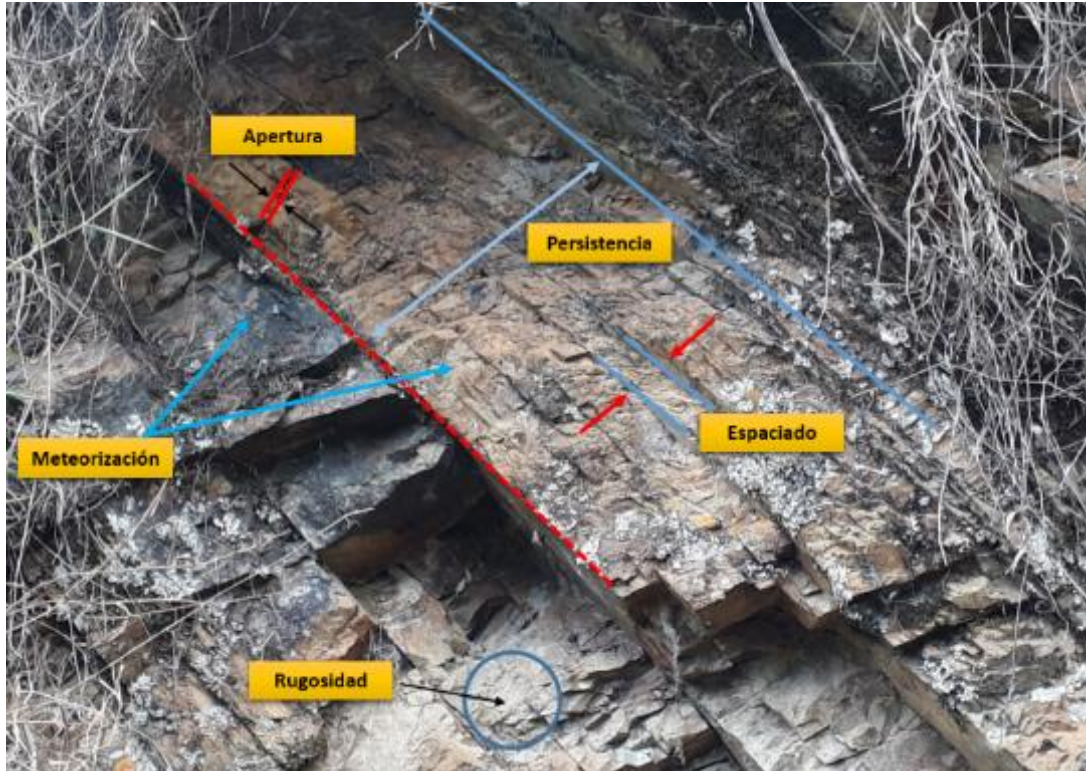
Rugosidad	Perfiles		J₁	J₂	J₃	
						
			Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa		
Resistencia Paredes	MPa	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	1-5	Muy Blanda				
	5-25	Blanda				
	25-50	Moderadamente Blanda	49 MPa			
	50-100	Dura				
	100-250	Muy Dura		110 MPa		
	>250	Extremadamente Dura				
Abertura	Abertura	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	<0.1 mm	Muy Cerrada	Ninguno	Ninguno		
	0.1-0.25 mm	Cerrada				
	0.25-0.5 mm	Parcialmente Abierta				
	0.5-2.5 mm	Abierta				
	2.5-10 mm	Moderadamente Ancha				
	>10 mm	Ancha				
	1-10 cm	Muy Ancha				
	10-100 cm	Extremadamente Ancha				
>1 m	Cavernosa					
Relleno	Descripción		Anchura	Resistencia	Presencia Agua	
	NULO		NULO	NULO	NULO	
Filtraciones	Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno	J₁	J₂	J₃
	I	Junta muy plana cerrada, seca y sin agua	Relleno muy consolidado y seco, sin agua	X	X	
	II	Junta seca, sin agua	Relleno húmedo sin agua libre			
	III	Junta seca con evidencia de agua	Relleno mojado con goteo ocasional			



	IV	Junta húmeda	Relleno que muestra señales de lavado			
	V	Junta con resume, goteo sin flujo	Relleno lavado, flujo considerable			
	VI	Junta con flujo continuo de agua	Relleno completamente lavado, alta presión			
3. MACIZO ROCOSO						
Elementos de Yacencia	Azimut o Rumbo		Buzamiento		Dirección de B.	
	210° / S60°O		39°		SO	
Número y orientación de familias de discontinuidades	Tipo de Macizo Rocoso		Número de Familias		Selección	
	I		Masivo, discontinuidades ocasionales			
	II		Una familia de discontinuidades			
	III		Una familia de discontinuidades más otras ocasionales			
	IV		Dos familias de discontinuidades		X	
	V		Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VI		Tres familias de discontinuidades			
	VII		Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VIII		Cuatro o más familias de discontinuidades			
	IX		Brechificado			
Tamaño del bloque y forma de los bloques	Clase	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Masivo	Pocas discontinuidades con espaciado muy grande			
	II	Cubico	Bloques aproximadamente equidimensionales		X	
	III	Tabular	Bloques con una dimensión muy menor que las otras dos			
	IV	Columnar	Bloques con una dimensión mayor que las otras dos			
	V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques			
	VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado			
Grado de Meteorización	Grado	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Fresco	Sin meteorización			
	II	Ligeramente Meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso esta decolorado.		X	
	III	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	IV	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo. La roca fresca decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	V	Completamente Meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en			

			suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.	
	VI	Suelo Residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.	

Fotografías:

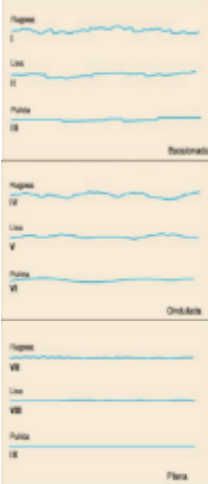


Observaciones:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA					
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL					
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"					
Datos Generales	Responsable: Daniela del Cisne Sánchez Mogrovejo Tutor: Ing. Iván Puglla. Fecha: 11 – 03 -2019			MACIZO N°: 5	
Localización Geográfica	Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba	Coordenadas UTM	Sector: X: Y: Altitud:	La Cofradía 699912 9532201 1766 m s.n.m	
1. MATRIZ ROCOSA					
Identificación	Tipo de Roca:	Esquistos			
	Tamaño del grano:	Grano Fino			
	Color:	Gris – azulado			
Meteorización	Fresca	Desintegrada	Decolorada	Descompuesta	
			Se observa cambios en el color original de la matriz rocosa		
Resistencia Compresión (Esclerómetro)	MPa	Descripción		Selección	
	1-5	Muy Blanda			
	5-25	Blanda		20 MPa	
	25-50	Moderadamente Blanda			
	50-100	Dura			
	100-250	Muy Dura			
>250	Extremadamente Dura				
2. DISCONTINUIDADES					
Orientación	J₁	J₂	J₃		
	20° SE	22° SE			
Espaciado	Descripción	Espaciado	J₁	J₂	J₃
	Extremadamente Junto	<20mm			
	Muy Junto	20-60 mm			
	Junto	60-200 mm	150 mm	150 mm	
	Moderadamente Junto	200-600 mm			
	Separado	600-2000 mm			
	Muy Separado	2000-6000 mm			
Extremadamente Separado	>6000 mm				
Continuidad o Persistencia	Descripción	Longitud	J₁	J₂	J₃
	Muy Baja	<1 m		0.60 cm	
	Baja	1-3 m	1,5 m		
	Media	3-10 m			
	Alta	10-20 m			
	Muy Alta	>20 m			



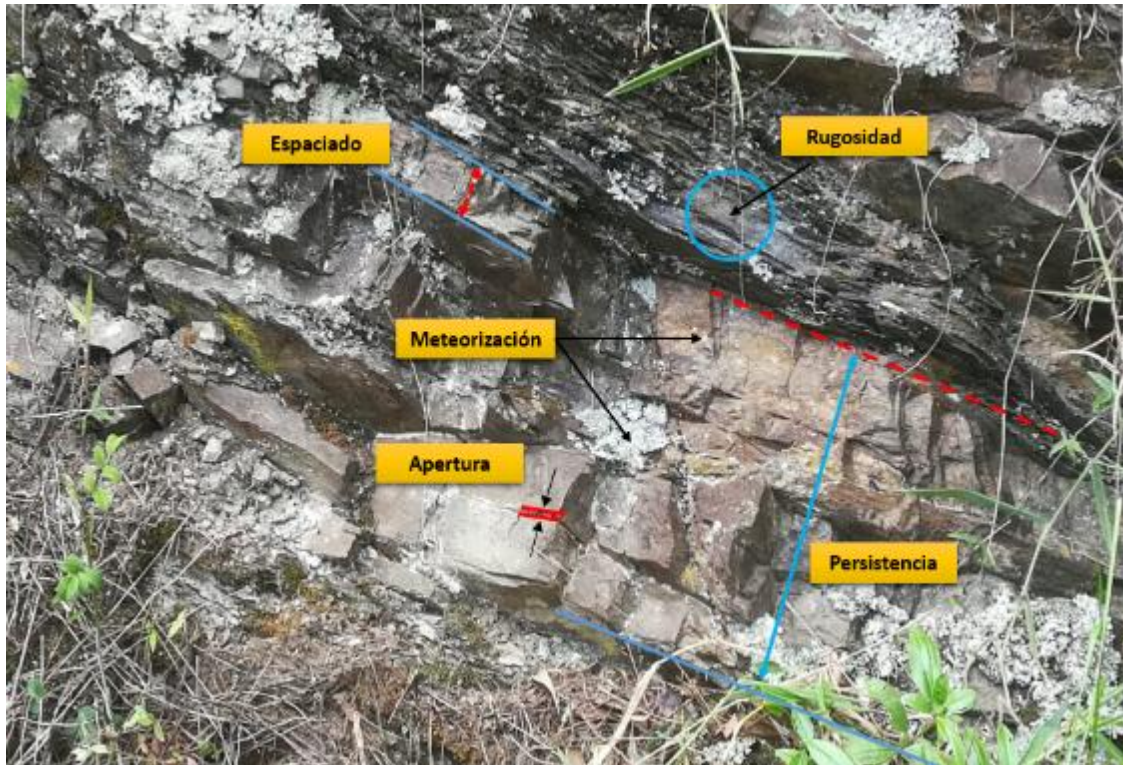
Rugosidad	Perfiles		J₁	J₂	J₃	
			Rugosa	Rugosa		
Resistencia Paredes	MPa	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	1-5	Muy Blanda				
	5-25	Blanda				
	25-50	Moderadamente Blanda	26 MPa	24 MPa		
	50-100	Dura				
	100-250	Muy Dura				
	>250	Extremadamente Dura				
Abertura	Abertura	Descripción	J₁	J₂	J₃	
	<0.1 mm	Muy Cerrada	0 mm	0 mm		
	0.1-0.25 mm	Cerrada				
	0.25-0.5 mm	Parcialmente Abierta				
	0.5-2.5 mm	Abierta				
	2.5-10 mm	Moderadamente Ancha				
	>10 mm	Ancha				
	1-10 cm	Muy Ancha				
	10-100 cm	Extremadamente Ancha				
>1 m	Cavernosa					
Relleno	Descripción		Anchura	Resistencia	Presencia Agua	
	NULO		NULO	NULO	NULO	
Filtraciones	Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno	J₁	J₂	J₃
	I	Junta muy plana cerrada, seca y sin agua	Relleno muy consolidado y seco, sin agua			
	II	Junta seca, sin agua	Relleno húmedo sin agua libre	X	X	
	III	Junta seca con evidencia de agua	Relleno mojado con goteo ocasional			



	IV	Junta húmeda	Relleno que muestra señales de lavado			
	V	Junta con resume, goteo sin flujo	Relleno lavado, flujo considerable			
	VI	Junta con flujo continuo de agua	Relleno completamente lavado, alta presión			
3. MACIZO ROCOSO						
Elementos de Yacencia	Azimut o Rumbo		Buzamiento		Dirección de B.	
	210°		39°		SO	
Número y orientación de familias de discontinuidades	Tipo de Macizo Rocoso		Número de Familias		Selección	
	I		Masivo, discontinuidades ocasionales			
	II		Una familia de discontinuidades			
	III		Una familia de discontinuidades más otras ocasionales			
	IV		Dos familias de discontinuidades		X	
	V		Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VI		Tres familias de discontinuidades			
	VII		Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales			
	VIII		Cuatro o más familias de discontinuidades			
	IX		Brechificado			
Tamaño del bloque y forma de los bloques	Clase	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Masivo	Pocas discontinuidades con espaciado muy grande			
	II	Cubico	Bloques aproximadamente equidimensionales		X	
	III	Tabular	Bloques con una dimensión muy menor que las otras dos			
	IV	Columnar	Bloques con una dimensión mayor que las otras dos			
	V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques			
	VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado			
Grado de Meteorización	Grado	Tipo	Descripción		Selección	
	I	Fresco	Sin meteorización			
	II	Ligeramente Meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso esta decolorado.		X	
	III	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y trasformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	IV	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y trasformado en suelo. La roca fresca decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.			
	V	Completamente Meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o trasformado en			

			suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.	
	VI	Suelo Residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.	

Fotografías:



Observaciones:



ANEXO 3.4 Ficha de descripción de Fenómenos de remoción en masa pertenecientes al tramo II: Sector la Cofradia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA									
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES									
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL									
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"						Deslizamiento N°:	1		
Datos Generales		Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019				Coordenadas Planas			
Localización Geográfica		Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba				X: Y: Altitud:		699163 9532570 1761m s.n.m	
V. DESCRIPCION GENERAL DEL ENTORNO DEL MOVIMIENTO EN MASA									
Litología predominante			Estructura Regional			Meteorización			
Roca		Tipo		Falla		Fresca			
	Ígnea			Pliegue		Poco			
	Sedimentaria			Fractura		Moderadamente			
X	Metamórfico	Filitas + esquistos + cuarcita	X	Sin relación Estru.		Muy meteorizado			
	Completamente								
Fm. Super Deposito		Unidades Geológicas		Estructura Local		Fracturamiento del Macizo Rocosó			
	Suelo residual								
	Aluvial								
X	Coluvial			Estratificación		Macizo			
	Fluvioglacial		X	Foliación		Poco fracturado			
	Torrencial		X	Esquistosidad		Ligeramente fracturado			
	Glacial			Diaclasa		Moderadamente fracturado			
	Volcánico			Cizalla		Muy fracturado			
	Antiguo deslizamiento			Sin estr. aparente		Triturado			
	Otro.								
Orientación preferencial: _____									
Geomorfología									
Ambiente Mofogenético		Geoforma		Forma de la pendiente		Inclinación de la Pendiente			
X	Denudacional		Colina		Recta				<5° plana a suavemente inclinada
	Denudacional Estru	X	Montaña		Convexa				6-10° moderadamente inclinada
	Fluvial – aluvial		Piedemontaña	X	Cóncava				11-15° inclinada
	Glacial		Escarpe		Ondulada	X			16-30° abrupta
	Periglacial		Valle		Irregular				31-45° escarpada
	Eólico		Cañon						>45° muy escarpada
	Volcánico		Abanico		Longitud de la Pendiente		Erosión		
	Costero		Volcán	X	Muy corta (<500m)		X	Laminar	
	Marino		Otro		Corta (50-250m)			Surcos	
	Antrópico				Moder. Larga (250-500m)			Cárcavas	
	Cobertura del Suelo		Cuerpo de Agua		Larga (500-1000m)			Hondonadas	
	Bosques		Ríos		Muy larga (1000-2500m)			Tierras malas	
X	Arbustos		Quebradas		Extrem. Larga (>2500m)			Sin erosión inten.	
	Pastos		Lagunas/lagos						
X	Suelos desnudos		Estanques					Erosión	Baja
	Afloramiento Rocos		Represas						Moderada
	Urbano	X	Otro Canal						Alta
		X	Infraestructura		Humedad	X			Seco



Uso de Suelo	<input type="checkbox"/>	Agricultura	<input checked="" type="checkbox"/>	Húmedo				
	<input type="checkbox"/>	Ganadería	<input type="checkbox"/>	Saturado				
	<input type="checkbox"/>	Forestal	<input type="checkbox"/>	Encharcado				
	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>	Inundado				
	<input type="checkbox"/>	Urbano	<input type="checkbox"/>					
	<input type="checkbox"/>	Minero activo	<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>	Minero inactivo	<input type="checkbox"/>						
VI. DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA								
Antecedentes:		Fecha inicial detonante: Noviembre 2010. Fecha inicial reactivada: Mayo 2017.						
Tipo de movimiento		Material Desplazado		Velocidad de Movimiento				
<input type="checkbox"/>	Caída	<input type="checkbox"/>	Suelo orgánico	<input type="checkbox"/>	Extremadamente lento (<0,06m/año)			
<input type="checkbox"/>	Flujo	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo residual	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy lento (0,06m/año – 1,5m/año)			
<input checked="" type="checkbox"/>	Deslizamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	Fragmentos de roca	<input type="checkbox"/>	Lento (1,5 m/año – 1,5 m/mes)			
<input type="checkbox"/>	Volcamiento	<input type="checkbox"/>	Restos vegetales	<input type="checkbox"/>	Moderado (1,5m/día – 3m/s)			
<input type="checkbox"/>	Propagación lateral	<input type="checkbox"/>	Escombros de construcción	<input type="checkbox"/>	Rápido (1,5 m/día – 0.3m/s)			
<input type="checkbox"/>	Hundimiento	<input type="checkbox"/>	Otros.	<input type="checkbox"/>	Muy rápido (0,3 m/min – 3m/s)			
<input type="checkbox"/>	Reptación	Desplazamiento relativo		<input type="checkbox"/>	Extremadamente rápido (>3m/s)			
<input type="checkbox"/>	Movimiento complejo	<input checked="" type="checkbox"/>	Lento	Tamaño predominante del material desplazado				
<input type="checkbox"/>	Avenida torrencial	<input type="checkbox"/>	Moderado					
<input type="checkbox"/>	Avalancha	<input type="checkbox"/>	Rápido					
Actividad relativa		Avance		<input type="checkbox"/>	Arcillas	<input checked="" type="checkbox"/>	Cantos	
				<input checked="" type="checkbox"/>	Limos	<input type="checkbox"/>	Guijos	
<input type="checkbox"/>	Activo	<input type="checkbox"/>	Gravitatorio	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenas	<input checked="" type="checkbox"/>	Bloques	
<input type="checkbox"/>	Activo continuo	<input type="checkbox"/>	En graben	<input type="checkbox"/>	Gravas	<input type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	Activo intermitente	<input type="checkbox"/>	Lateral	Edad relativa		F. Ocurrencia		
<input type="checkbox"/>	Activo progresivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Progresivo	<input type="checkbox"/>	Reciente	<input checked="" type="checkbox"/>	Único	
<input type="checkbox"/>	Activo decreciente	<input type="checkbox"/>	Retrogresivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Antiguo	<input type="checkbox"/>	Compuesto	
<input type="checkbox"/>	Durmiente	<input type="checkbox"/>	Aleatorio	<input type="checkbox"/>	Fósil	<input type="checkbox"/>	Satélite	
<input type="checkbox"/>	Estabilizado	<input type="checkbox"/>	No evidente	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Enjambre	
<input type="checkbox"/>	Inactivo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Mecanismo de Ruptura		Grado de desarrollo		Geometría del Deposito		Forma del Deposito		
<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacional	<input type="checkbox"/>	Imperceptible	<input type="checkbox"/>	Elongado	<input checked="" type="checkbox"/>	Abanico	
<input type="checkbox"/>	Rotacional simple	<input checked="" type="checkbox"/>	Desarrollado	<input checked="" type="checkbox"/>	Equidimensional	<input type="checkbox"/>	Cono	
<input type="checkbox"/>	Rotacional sucesivo	<input type="checkbox"/>	Transformado	<input type="checkbox"/>	Irregular	<input type="checkbox"/>	Lengua	
<input type="checkbox"/>	Rotacional múltiple	Pendiente inicial: ____ Pendiente final: ____		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Coladas	
<input type="checkbox"/>	Planar			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Lupas
<input type="checkbox"/>	Transnacional Estructural	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Laminas	
Posición del plano de falla		<input type="checkbox"/>	Suelo orgánico – suelo residual	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Lóbulos	
		<input type="checkbox"/>	Suelo residual	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Otra
		<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo residual – roca	Dimensiones		Ancho: 35 m		
		<input type="checkbox"/>	Roca meteorizada			Altitud relativa: 25 m		
		<input type="checkbox"/>	Roca meteorizada roca fresca			Área: 875 m²		
		<input type="checkbox"/>	Roca fracturada			Espesor máximo: 2 m		
<input type="checkbox"/>	Formación superficial	Volumen: 1750 m³						
<input type="checkbox"/>	Formación superficial – roca	<input type="checkbox"/>	No evidente	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Factores intrínsecos		<input checked="" type="checkbox"/>	Litología	Factores detonantes		<input checked="" type="checkbox"/>	Sismos	
		<input checked="" type="checkbox"/>	Meteorización			<input checked="" type="checkbox"/>	Lluvia	
		<input type="checkbox"/>	Fracturamiento			<input checked="" type="checkbox"/>	Creciente	
		<input type="checkbox"/>	Morfología			<input type="checkbox"/>	Antrópico	
		<input checked="" type="checkbox"/>	Pendiente			<input type="checkbox"/>	Erupción volcánica	
		<input checked="" type="checkbox"/>	Erosión			<input type="checkbox"/>	Otro movimiento en masa	
Elementos geomorfológicos visibles		Cabeza		Cuerpo		Frente		
		<input checked="" type="checkbox"/>	Corona	<input checked="" type="checkbox"/>	Fisuras longitudinales	Abombamiento		
		<input type="checkbox"/>	Fisuras de coronación	<input type="checkbox"/>	Flanco derecho	Pie		Pata
		<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpe principal	<input type="checkbox"/>	Franco izquierdo	<input type="checkbox"/>	Protuberancia	Lóbulos
<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpe secundarios	<input type="checkbox"/>	Depresión	<input type="checkbox"/>	Fisuras radial	<input type="checkbox"/>		

	Gradines		
Causas		Sobrecarga	Saturación
		Detonaciones	Sobre pastoreo
		Deforestación	Urbanismo
		Minería	Ruptura de tubería
		Cortes inadecuados	Vertimiento de aguas hervidas
Posición		Talud	Ladera superior
		Ladera baja	Cima
	X	Ladera media	

VII. DAÑOS Y EFECTOS

Corporales	Cuantifique	Estructuras	Cuantifique	Funcional
Pérdidas humanas	_____	Viviendas destruidas	_____	Recreacional
Heridos	_____	Vivienda averiada	_____	Comercial
Fami. Damnificadas	_____	Puente	_____	Habitacional
X Perdidas de animales	1	Postes	_____	Servicios públicos
		Vías	_____	Servicios administr
		Tuberías	_____	Social
		X Otros	0.035 km	Patrimonial
				Otro. Canal de R.

Medidas de Control	Efectos Ambientales
X Diseños de taludes	Destrucción de bosques
Control de drenaje	Obstrucciones de cauce
X Distribución de masas	Contaminación
Reforestación	Otro
Muros de contención	
Instrumentación	
Otras.	

VIII. INFORMACION COMPLEMENTARIA

Información de Lluvias	Sismo detonante	Calificación de movimiento
Lluvia ultimo dia 0 mm Lluvia 3 dias 0 mm Lluvia 10 dias 40 mm Persistencia días P. de retorno 1 años	Distancia al epicentro Profundidad del sismo Magnitud Richter Intensidad Mercalli	INTENSIDAD ¹ Baja MAGNITUD ² Baja

Fotografía:





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
"CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL									
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"					Deslizamiento N°:	2			
Datos Generales		Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019			Coordenadas Planas				
Localización Geográfica		Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba			X:	699388			
					Y:	9532483			
					Altitud:	1756m s.n.m			
I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO DEL MOVIMIENTO EN MASA									
Litología predominante			Estructura Regional		Meteorización				
Roca		Tipo							
	Ígnea		Falla		Fresca				
	Sedimentaria		Pliegue		Poco				
	Metamórfico		Fractura		X				
X		Filitas + esquistos	X		Moderadamente				
			Sin relación Estru.		Muy meteorizado				
					Completamente				
Fm. Super Deposito		Unidades Geológicas	Estructura Local		Fracturamiento del Macizo Rocoso				
	Suelo residual								
	Aluvial	Unidad Chigüinda	Estratificación		Macizo				
X			X		Poco fracturado				
	Coluvial		Foliación		Ligeramente fracturado				
	Fluvioglacial		X		Moderadamente fracturado				
	Torrencial		X		X				
	Glacial		Diaclasa		Muy fracturado				
	Volcánico		Cizalla		Triturado				
	Antiguo deslizamiento		Sin estr. Aparente						
	Otro.			Orientación preferencial: N40°O					
Geomorfología									
Ambiente Mofogenético		Geoforma	Forma de la pendiente		Inclinación de la Pendiente				
	Denudacional	Colina	X		Recta				
X		Denudacional Estru	X		Montaña				
	Fluvial – aluvial	Piedemontaña	Convexa		<5° plana a suavemente inclinada				
	Glacial	Escarpe	Cóncava		6-10° moderadamente inclinada				
	Periglacial	Valle	Ondulada		11-15° inclinada				
	Eólico	Cañon	Irregular		X				
	Volcánico	Abanico			>45° muy escarpada				
	Costero	Volcán	X		Longitud de la Pendiente		Erosión		
	Marino	Otro	Muy corta (<500m)		X		Laminar		
	Antrópico	Cuerpo de Agua	Corta (50-250m)		Surcos				
			Moder. Larga (250-500m)		Cárcavas				
Cobertura del Suelo			Larga (500-1000m)		Hondonadas				
	Bosques	Ríos	Muy larga (1000-2500m)		Tierras malas				
X		Arbustos	Quebradas		Extrem. Larga (>2500m)				
	Pastos	Lagunas/lagos			Erosión				
	Suelos desnudos	Estanques						Baja	
X		Afloramiento Rocos	Represas					Moderada	
	Urbano	X	Otro Canal					Alta	
Uso de suelo		X		Humedad	X		Seco		
		Infraestructura			X		Húmedo		
		Agricultura					Saturado		
		Ganadería							



		Forestal			Encharcado
		Industrial			Inundado
		Urbano			
		Minero activo	Forestal		Minero activo
		Minero inactivo	Industrial		Minero inactivo
		Otro.	Urbano		Otro
II. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO EN MASA					
Antecedentes:		Fecha inicial detonante: Noviembre 2010. Fecha inicial reactivada: Mayo 2017.			
Tipo de movimiento		Material Desplazado		Velocidad de Movimiento	
	Caída		Suelo orgánico		Extremadamente lento (<0,06m/año)
<input checked="" type="checkbox"/>	Flujo	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo residual	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy lento (0,06m/año – 1,5m/año)
	Deslizamiento		Fragmentos de roca		Lento (1,5 m/año – 1,5 m/mes)
	Volcamiento		Restos vegetales		Moderado (1,5m/día – 3m/s)
	Propagación lateral		Escombros de construcción		Rápido (1,5 m/día – 0.3m/s)
	Hundimiento		Otros.		Muy rápido (0,3 m/min – 3m/s)
	Reptación		Desplazamiento relativo		Extremadamente rápido (>3m/s)
	Movimiento complejo	<input checked="" type="checkbox"/>	Lento	Tamaño predominante del material desplazado	
	Avenida torrencial		Moderado	Matriz 30 %	
	Avalancha		Rápido	Fragments 70%	
Actividad relativa		Avance			Arcillas <input checked="" type="checkbox"/>
	Activo		Gravitatorio	<input checked="" type="checkbox"/>	Cantos
	Activo continuo		En graben	<input checked="" type="checkbox"/>	Guijos
<input checked="" type="checkbox"/>	Activo intermitente		Lateral		Bloques
	Activo progresivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Progresivo	Edad relativa	
	Activo decreciente		Retrogresivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Reciente <input checked="" type="checkbox"/>
	Durmiente		Aleatorio		Antiguo
	Estabilizado		No evidente		Fósil
	Inactivo				Único <input checked="" type="checkbox"/>
					Compuesto
					Satélite
					Enjambre
Mecanismo de Ruptura		Grado de desarrollo		Geometría del Deposito	
<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacional		Imperceptible		Elongado
	Rotacional simple	<input checked="" type="checkbox"/>	Desarrollado	<input checked="" type="checkbox"/>	Equidimensional
	Rotacional sucesivo		Transformado		Irregular
	Rotacional múltiple				
	Planar				
	Transnacional Estructural				
			Pendiente inicial: _____		
			Pendiente final: _____		
Posición del plano de falla			Suelo orgánico – suelo residual		Abanico
			Suelo residual		Cono
			Suelo residual – roca		Lengua
			Roca meteorizada		Coladas
			Roca meteorizada roca fresca		Lupas
		<input checked="" type="checkbox"/>	Roca fracturada		Laminas
			Formación superficial		Lóbulos
			Formación superficial – roca		Otra
			No evidente		
					Dimensiones
					Ancho: 20 m
					Altitud relativa: 15 m
					Área: 300 m²
					Espesor máximo: 1.5 m
					Volumen: 450 m³
Factores intrínsecos		Factores detonantes			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Litología		<input checked="" type="checkbox"/>	Sismos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Meteorización			Lluvia
	<input checked="" type="checkbox"/>	Fracturamiento		<input checked="" type="checkbox"/>	Creciente
	<input checked="" type="checkbox"/>	Morfología			Antrópico
	<input checked="" type="checkbox"/>	Pendiente			Erupción volcánica
	<input checked="" type="checkbox"/>	Erosión		<input checked="" type="checkbox"/>	Otro movimiento en masa
					Infiltración por aguas
Elementos geomorfológicos visibles		Cabeza		Cuerpo	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Corona	<input checked="" type="checkbox"/>	Fisuras longitudinales	Abombamiento
	<input checked="" type="checkbox"/>	Fisuras de coronación	<input checked="" type="checkbox"/>	Flanco derecho	Pie
	<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpe principal	<input checked="" type="checkbox"/>	Franco izquierdo	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpe secundarios		Depresión	Protuberancia
					Fisuras radial
					Pata
					Lóbulos

		Gradines	
Causas		Sobrecarga	Saturación
		Detonaciones	Sobre pastoreo
		Deforestación	Urbanismo
		Minería	Ruptura de tubería
		Cortes inadecuados	Vertimiento de aguas hervidas
Posición	X	Talud	Ladera superior
		Ladera baja	Cima
		Ladera media	

III. DAÑOS Y EFECTOS

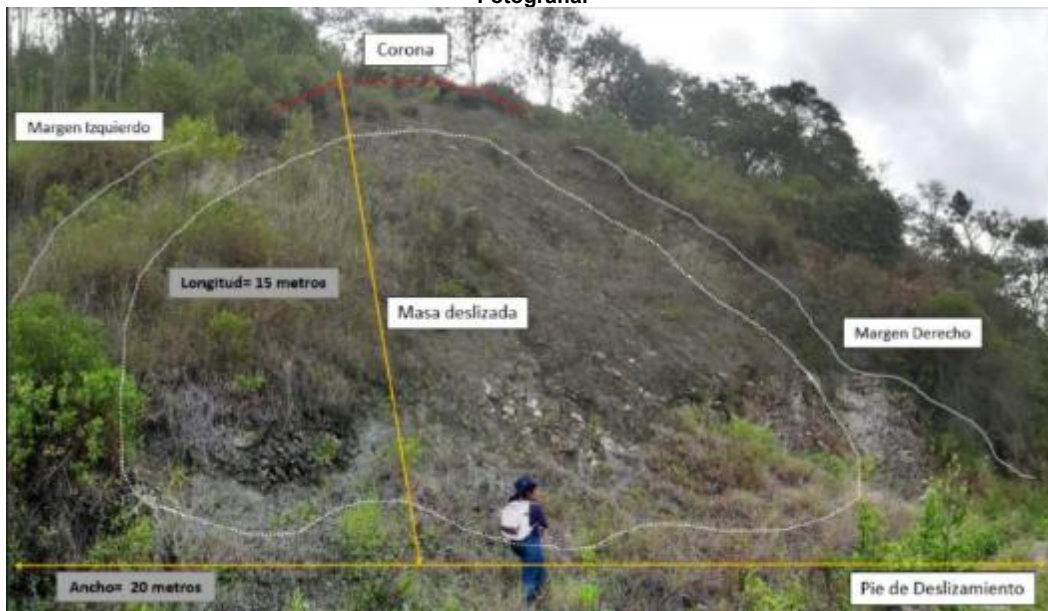
Corporales	Cuantifique	Estructuras	Cuantifique	Funcional
Pérdidas humanas	_____	Viviendas destruidas	_____	Recreacional
Heridos	_____	Vivienda averiada	_____	Comercial
Fami. Damnificadas	_____	Puente	_____	Habitacional
Perdidas de animales	_____	Postes	_____	Servicios públicos
		Vías	_____	Servicios administr
		Tuberías	_____	Social
		Otros	0.020 km	Patrimonial
				Otro. Canal de R.

Medidas de Control	Efectos Ambientales
X Diseños de taludes	Destrucción de bosques
Control de drenaje	Obstrucciones de cauce
X Distribución de masas	Contaminación
Reforestación	Otro
Muros de contención	
Instrumentación	
X Otras.	

IV. INFORMACION COMPLEMENTARIA

Información de Lluvias	Sismo detonante	Calificación de movimiento
Lluvia ultimo dia 0 mm Lluvia 3 dias 0 mm Lluvia 10 dias 30 mm Persistencia días P. de retorno 2 años	Distancia al epicentro Profundidad del sismo Magnitud Richter Intensidad Mercalli	INTENSIDAD ¹ Baja MAGNITUD ² Baja

Fotografía:

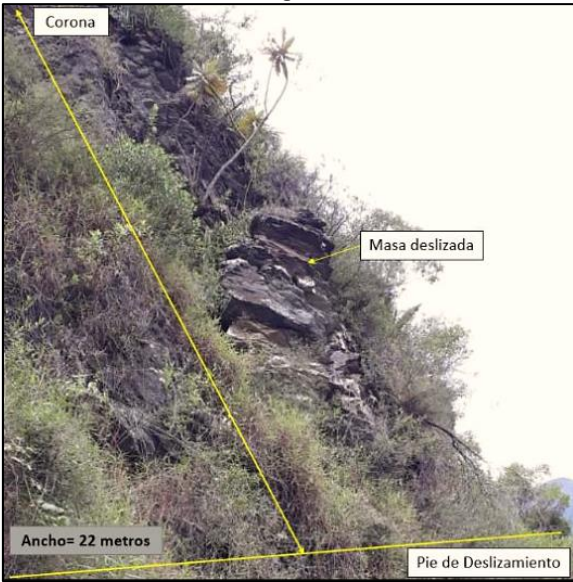




UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA									
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES									
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL									
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"						Deslizamiento N°:	3		
Datos Generales		Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019				Coordenadas Planas			
Localización Geográfica		Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba				X: Y: Altitud:		700129 9532131 1772 m s.n.m	
I. DESCRIPCION GENERAL DEL ENTORNO DEL MOVIMIENTO EN MASA									
Litología predominante				Estructura Regional			Meteorización		
Roca		Tipo		Falla			Fresca		
Ígnea				Pliegue			Poco		
Sedimentaria				Fractura			X Moderadamente		
X Metamórfico		Filitas + esquistos		X Sin relación Estru.			Muy meteorizado		
							Completamente		
Fm. Super Deposito		Unidades Geológicas		Estructura Local			Fracturamiento del Macizo Rocoso		
Suelo residual							Macizo		
Aluvial							Poco fracturado		
X Coluvial		Unidad Chigüinda		X Estratificación			X Ligeramente fracturado		
Fluvioglacial							Moderadamente fracturado		
Torrencial							Muy fracturado		
Glacial							Triturado		
Volcánico									
Antiguo deslizamiento									
Otro.									
Orientación preferencial: 90° N									
Geomorfología									
Ambiente Mofogenético		Geoforma		Forma de la pendiente		Inclinación de la Pendiente			
Denudacional		Colina		X Recta		<5° plana a suavemente inclinada			
X Denudacional Estru		X Montaña		Convexa		6-10° moderadamente inclinada			
Fluvial – aluvial		Piedemontaña		Cóncava		11-15° inclinada			
Glacial		Escarpe		Ondulada		16-30° abrupta			
Periglacial		Valle		Irregular		31-45° escarpada			
Eólico		Cañon				X >45° muy escarpada			
Volcánico		Abanico		Longitud de la Pendiente			Erosión		
Costero		Volcán		X Muy corta (<500m)			Laminar		
Marino		Otro		Corta (50-250m)			Surcos		
Antrópico				Moder. Larga (250-500m)			X Cárcavas		
Cobertura del Suelo		Cuerpo de Agua		Larga (500-1000m)			Hondonadas		
Bosques		Ríos		Muy larga (1000-2500m)			Tierras malas		
Arbustos		Quebradas		Extrem. Larga (>2500m)			Sin erosión inten.		
Pastos		Lagunas/lagos					Erosión Baja Moderada X Alta		
Suelos desnudos		Estanques							
X Afloramiento Rocos		Represas							
Urbano		X Otro Canal							
Uso de suelo		X Infraestructura			Humedad		X Seco		
		Agricultura					X Húmedo		
		Ganadería					Saturado		



		Forestal			Encharcado
		Industrial			Inundado
		Urbano			
		Minero activo			
		Minero inactivo			
		Otro			
II. DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA					
Antecedentes:		Fecha inicial detonante: Junio 2015. Fecha inicial reactivada: Diciembre 2018.			
Tipo de movimiento	Material Desplazado		Velocidad de Movimiento		
<input checked="checked" type="checkbox"/> Caída		Suelo orgánico		Extremadamente lento (<0,06m/año)	
<input type="checkbox"/> Flujo		Suelo residual		Muy lento (0,06m/año – 1,5m/año)	
<input type="checkbox"/> Deslizamiento	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Fragmentos de roca	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Lento (1,5 m/año – 1,5 m/mes)	
<input type="checkbox"/> Volcamiento		Restos vegetales		Moderado (1,5m/día – 3m/s)	
<input type="checkbox"/> Propagación lateral		Escombros de construcción		Rápido (1,5 m/día – 0.3m/s)	
<input type="checkbox"/> Hundimiento		Otros.		Muy rápido (0,3 m/min – 3m/s)	
<input type="checkbox"/> Reptación	Desplazamiento relativo			Extremadamente rápido (>3m/s)	
<input type="checkbox"/> Movimiento complejo		Lento		Tamaño predominante del material desplazado	
<input type="checkbox"/> Avenida torrencial	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Moderado		Matriz 30 %	
<input type="checkbox"/> Avalancha		Rápido		Fragmentos 70%	
Actividad relativa	Avance			Arcillas	<input checked="checked" type="checkbox"/> Cantos
<input type="checkbox"/> Activo	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Gravitatorio	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Limos	<input checked="checked" type="checkbox"/> Guijos
<input checked="checked" type="checkbox"/> Activo continuo		En graben	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Arenas	<input checked="checked" type="checkbox"/> Bloques
<input type="checkbox"/> Activo intermitente		Lateral		Gravas	
<input type="checkbox"/> Activo progresivo		Progresivo		Edad relativa	
<input type="checkbox"/> Activo decreciente		Retrogresivo	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Reciente	<input checked="checked" type="checkbox"/> Único
<input type="checkbox"/> Durmiente		Aleatorio		Antiguo	Compuesto
<input type="checkbox"/> Estabilizado		No evidente		Fósil	Satélite
<input type="checkbox"/> Inactivo					Enjambre
Mecanismo de Ruptura	Grado de desarrollo	Geometría del Deposito		Forma del Deposito	
<input type="checkbox"/> Rotacional		Imperceptible	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Elongado	<input checked="checked" type="checkbox"/> Abanico
<input type="checkbox"/> Rotacional simple	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Desarrollado	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Equidimensional	Cono
<input type="checkbox"/> Rotacional sucesivo		Transformado		Irregular	Lengua
<input type="checkbox"/> Rotacional múltiple					Coladas
<input checked="checked" type="checkbox"/> Planar					Lupas
<input type="checkbox"/> Transnacional Estructural		Pendiente inicial: _____			Laminas
		Pendiente final: _____			Lóbulos
					Otra
Posición del plano de falla		Suelo orgánico – suelo residual			
		Suelo residual			
		Suelo residual – roca			
		<input checked="checked" type="checkbox"/> Roca meteorizada	Dimensiones		
		<input checked="checked" type="checkbox"/> Roca meteorizada roca fresca	Ancho: 22 m		
		<input checked="checked" type="checkbox"/> Roca fracturada	Altitud relativa: 18 m		
		Formación superficial	Área: 396 m²		
		Formación superficial – roca	Espesor máximo: 2.5 m		
		No evidente	Volumen: 990 m³		
Factores intrínsecos	<input checked="checked" type="checkbox"/> Litología	Factores detonantes		<input checked="checked" type="checkbox"/> Sismos	
	<input checked="checked" type="checkbox"/> Meteorización			<input type="checkbox"/> Lluvia	
	<input checked="checked" type="checkbox"/> Fracturamiento			<input checked="checked" type="checkbox"/> Creciente	
	<input type="checkbox"/> Morfología			<input type="checkbox"/> Antrópico	
	<input checked="checked" type="checkbox"/> Pendiente			<input type="checkbox"/> Erupción volcánica	
	<input type="checkbox"/> Erosión			<input type="checkbox"/> Otro movimiento en masa	
				<input checked="checked" type="checkbox"/> Infiltración por aguas	
Elementos geomorfológicos visibles	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Cabeza	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Cuerpo	Frete
	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Corona	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Fisuras longitudinales	Abombamiento
	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Fisuras de coronación	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Flanco derecho	Pie
	<input type="checkbox"/>	Escarpe principal	<input checked="checked" type="checkbox"/>	Franco izquierdo	Pata
	<input type="checkbox"/>	Escarpe secundarios	<input type="checkbox"/>	Depresión	Protuberancia
<input type="checkbox"/>	Gradines			Fisuras radial	Lóbulos
					<input checked="checked" type="checkbox"/>

Causas		Sobrecarga		Saturación
		Detonaciones		Sobre pastoreo
		Deforestación		Urbanismo
		Minería		Ruptura de tubería
		Cortes inadecuados		Vertimiento de aguas hervidas
Posición	<input checked="" type="checkbox"/>	Talud		Ladera superior
		Ladera baja		Cima
		Ladera media		
III. DAÑOS Y EFECTOS				
Corporales	Cuantifique	Estructuras	Cuantifique	Funcional
Pérdidas humanas _____		Viviendas destruidas _____		Recreacional _____
Heridos _____		Vivienda averiada _____		Comercial _____
Fami. Damnificadas _____		Puente _____		Habitacional _____
Perdidas de animales _____		Postes _____		Servicios públicos _____
		Vías _____		Servicios administr. _____
		Tuberías _____		Social _____
		<input checked="" type="checkbox"/> Otros	0.022 km	Patrimonial _____
				Otro. Canal de R.
				<input checked="" type="checkbox"/>
Medidas de Control		Efectos Ambientales		
<input checked="" type="checkbox"/> Diseños de taludes		Destrucción de bosques		
Control de drenaje		Obstrucciones de cauce		
<input checked="" type="checkbox"/> Distribución de masas		Contaminación		
Reforestación		Otro		
Muros de contención				
Instrumentación				
Otras.				
IV. INFORMACION COMPLEMENTARIA				
Información de Lluvias	Sismo detonante		Calificación de movimiento	
Lluvia ultimo dia 0 mm	Distancia al epicentro		INTENSIDAD ¹ Baja	
Lluvia 3 dias 0 mm	Profundidad del sismo		MAGNITUD ² Baja	
Lluvia 10 dias 30 mm	Magnitud Richter			
Persistencia _____ días	Intensidad Mercalli			
P. de retorno 2 años				
Fotografía:				
				



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA												
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES												
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL												
PROYECTO: "Estudio Geológico para la conducción principal del Sistema de Riego del Canal Alto San Pedro de Vilcabamba, comprendido en el tramo II: sector La Cofradía, longitud 2 kilómetros, cantón y provincia de Loja"						Deslizamiento N°:	4					
Datos Generales		Responsable: Daniela Sánchez Mogrovejo Fecha: 27-01-2019				Coordenadas Planas						
Localización Geográfica		Provincia: Loja Cantón: Loja Ciudad: Loja Parroquia: San Pedro de Vilcabamba				X: Y: Altitud:		699306 9532475 1763 m s.n.m				
I. DESCRIPCION GENERAL DEL ENTORNO DEL MOVIMIENTO EN MASA												
Litología predominante				Estructura Regional			Meteorización					
Roca		Tipo		Falla Pliegue Fractura Sin relación Estru.			Fresca Poco Moderadamente Muy meteorizado Completamente					
Ígnea												
Sedimentaria							X					
Metamórfico		Filitas		X								
Fm. Super Deposito		Unidades Geológicas		Estructura Local			Fracturamiento del Macizo Rocoso					
Suelo residual												
Aluvial												
X Coluvial				X Estratificación			Macizo					
Fluvioglacial				X Foliación			Poco fracturado					
Torrencial				X Esquistosidad			Ligeramente fracturado					
Glacial							X Moderadamente fracturado					
Volcánico							Muy fracturado					
Antiguo deslizamiento							Triturado					
Otro.												
Orientación preferencial:												
Geomorfología												
Ambiente Mofogenético		Geoforma		Forma de la pendiente			Inclinación de la Pendiente					
X Denundacional		X Colina		Recta			<5° plana a suavemente inclinada					
Denundacional Estru		Montaña		X Convexa			6-10° moderadamente inclinada					
Fluvial – aluvial		Piedemontaña		Cóncava			X 11-15° inclinada					
Glacial		Escarpe		Ondulada			16-30° abrupta					
Periglacial		Valle		Irregular			31-45° escarpada					
Eólico		Cañon					>45° muy escarpada					
Volcánico		Abanico		Longitud de la Pendiente			Erosión					
Costero		Volcán		X Muy corta (<500m)			X Laminar					
Marino		Otro		Corta (50-250m)			Surcos					
Antrópico				Moder. Larga (250-500m)			Cárcavas					
Cobertura del Suelo		Cuerpo de Agua		Larga (500-1000m)			Hondonadas					
Bosques		Ríos		Muy larga (1000-2500m)			Tierras malas					
X Arbustos		Quebradas		Extrem. Larga (>2500m)			Sin erosión inten.					
X Pastos		Lagunas/lagos					Erosión					
Suelos desnudos		Estanques								Baja		
Afloramiento Rocas		Represas								Moderada X		
Urbano		X Otro Canal					Alta					
Uso de suelo		X Infraestructura			Humedad			X Seco				
		Agricultura						X Húmedo				
		Ganadería						Saturado				



		Forestal			Encharcado
		Industrial			Inundado
		Urbano			
		Minero activo			
		Minero inactivo			
		Otro			
II. DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA					
Antecedentes:		Fecha inicial detonante: Mayo 2010. Fecha inicial reactivada: Abril 2018.			
Tipo de movimiento		Material Desplazado		Velocidad de Movimiento	
	Caída		Suelo orgánico	<input checked="" type="checkbox"/>	Extremadamente lento (<0,06m/año)
	Flujo		Suelo residual		Muy lento (0,06m/año – 1,5m/año)
<input checked="" type="checkbox"/>	Deslizamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	Fragmentos de roca		Lento (1,5 m/año – 1,5 m/mes)
	Volcamiento		Restos vegetales		Moderado (1,5m/día – 3m/s)
	Propagación lateral		Escombros de construcción		Rápido (1,5 m/día – 0.3m/s)
	Hundimiento		Otros.		Muy rápido (0,3 m/min – 3m/s)
	Reptación		Desplazamiento relativo		Extremadamente rápido (>3m/s)
	Movimiento complejo	<input checked="" type="checkbox"/>	Lento	Tamaño predominante del material desplazado	
	Avenida torrencial		Moderado		
	Avalancha		Rápido		
				Matriz 50 %	Fragmentos 50%
Actividad relativa		Avance			
	Activo		Gravitatorio		<input checked="" type="checkbox"/> Cantos
<input checked="" type="checkbox"/>	Activo continuo		En graben	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Guijos
	Activo intermitente		Lateral	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Bloques
	Activo progresivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Progresivo	Edad relativa	
	Activo decreciente		Retrogresivo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Único
	Durmiente		Aleatorio		Compuesto
	Estabilizado		No evidente		Satélite
	Inactivo				Enjambre
Mecanismo de Ruptura		Grado de desarrollo	Geometría del Deposito		Forma del Deposito
<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacional		Imperceptible		<input checked="" type="checkbox"/> Abanico
	Rotacional simple	<input checked="" type="checkbox"/>	Desarrollado	<input checked="" type="checkbox"/>	Cono
	Rotacional sucesivo		Transformado		Lengua
	Rotacional múltiple				Coladas
	Planar	Pendiente inicial: _____			Lupas
	Transnacional Estructural	Pendiente final: _____			Laminas
					Lóbulos
					Otra
Posición del plano de falla			Suelo orgánico – suelo residual	Dimensiones	
			Suelo residual		
		<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo residual – roca		
			Roca meteorizada		
			Roca meteorizada roca fresca		
			Roca fracturada		
			Formación superficial		
			Formación superficial – roca	Ancho: 17 m	
			No evidente	Altitud relativa: 22.5 m	
				Área: 382.5 m²	
				Espesor máximo: 2.5 m	
				Volumen: 956.25 m³	
Factores intrínsecos			Factores detonantes		
	<input checked="" type="checkbox"/> Litología		<input checked="" type="checkbox"/> Sismos		
	<input checked="" type="checkbox"/> Meteorización		Lluvia		
	<input checked="" type="checkbox"/> Fracturamiento		Creciente		
	Morfología		Antrópico		
	Pendiente		Erupción volcánica		
	Erosión		Otro movimiento en masa		
			<input checked="" type="checkbox"/> Infiltración por aguas		
Elementos geomorfológicos visibles		Cabeza	Cuerpo	Frete	
	<input checked="" type="checkbox"/> Corona		<input checked="" type="checkbox"/> Fisuras longitudinales	<input checked="" type="checkbox"/> Abombamiento	
	<input checked="" type="checkbox"/> Fisuras de coronación		<input checked="" type="checkbox"/> Flanco derecho	Pie	Pata
	<input checked="" type="checkbox"/> Escarpe principal		<input checked="" type="checkbox"/> Franco izquierdo	<input type="checkbox"/> Protuberancia	<input type="checkbox"/> Lóbulos
	<input checked="" type="checkbox"/> Escarpe secundarios		<input type="checkbox"/> Depresión	<input type="checkbox"/> Fisuras radial	
	<input type="checkbox"/> Gradines				

Causas		Sobrecarga		Saturación
		Detonaciones		Sobre pastoreo
		Deforestación		Urbanismo
		Minería		Ruptura de tubería
		Cortes inadecuados		Vertimiento de aguas hervidas
Posición		Talud		Ladera superior
	X	Ladera baja		Cima
		Ladera media		

III. DAÑOS Y EFECTOS

Corporales	Cuantifique	Estructuras	Cuantifique	Funcional
Pérdidas humanas	_____	Viviendas destruidas	_____	Recreacional
Heridos	_____	Vivienda averiada	_____	Comercial
Fami. Damnificadas	_____	Puente	_____	Habitacional
Perdidas de animales	_____	Postes	_____	Servicios públicos
		Vías	_____	Servicios administr
		Tuberías	_____	Social
		Otros	0.017 km	Patrimonial
				Otro. Canal de R.

Medidas de Control	Efectos Ambientales
X Diseños de taludes	Destrucción de bosques
Control de drenaje	Obstrucciones de cauce
X Distribución de masas	Contaminación
Reforestación	Otro
Muros de contención	
Instrumentación	
Otras.	

IV. INFORMACION COMPLEMENTARIA

Información de Lluvias	Sismo detonante	Calificación de movimiento
Lluvia ultimo dia 0 mm Lluvia 3 días 0 mm Lluvia 10 días 30 mm Persistencia días P. de retorno 1 años	Distancia al epicentro Profundidad del sismo Magnitud Richter Intensidad Mercalli	INTENSIDAD ¹ 1 Baja MAGNITUD ² Baja

Fotografía:





Anexo 4. Mapas.



Anexo 4.1 Mapa Topográfico de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba, escala 1: 60 000.



Anexo 4.2 Mapa topográfico del tramo II: Sector la Cofradía, escala
1: 5 000.



Anexo 4.3 Mapa de pendientes del tramo II: Sector La Cofradía,
escala 1: 5 000.



Anexo 4.4 Mapa Geológico de la parroquia San Pedro de
Vilcabamba, escala 1: 80 000.



Anexo 4.5 Mapa Geológico a detalle del tramo II: Sector la Cofradía, escala 1: 5 000.



Amexo 4.6 Mapa de ubicación de los macizos rocosos tramo II:
Sector la Cofradía, escala 1: 5 000.



Anexo 4.7 Mapa de ubicación del SEV perteneciente al Tramo II:
Sector La Cofradía, escala 1: 5 000.



Anexo 4.8 Mapa de ubicación de los Fenómenos de Remoción en masa en el Tramo II: Sector La Cofradía, escala 1: 5 000.



Anexo 4.9 Mapa de la Localización Geográfica del tramo II: Sector La Cofradía.



Anexo 4.10. Mapa Estructural de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, escala 1: 80 000.



Anexo 4.11. Mapa Hidrológico de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, escala 1: 60 000.



Anexo 4.12 Mapa de zonas inestables del tramo II: Sector la Cofradía, escala 1: 5 000.



Anexo 4.13 Mapa de ubicación del Diagnostico del tramo II: sector
La Cofradía, escala 1: 5 000.



Anexo 4.14 Mapa del tipo de Infraestructura del Tramo II: Sector La Cofradía, escala 1: 5 000.