



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL

**“ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DEL ÁREA DE
INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA
ENTRE LOS SECTORES DUR DUR – FÁTIMA DE LA
PARROQUIA CHANTACO, PROVINCIA DE LOJA”**

*Tesis previa a optar el Título de Ingeniero en
Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial.*

AUTOR:

José Armando Aguinsaca García.

DIRECTOR:

Ing. Jimmy Stalin Paladines.

LOJA – ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

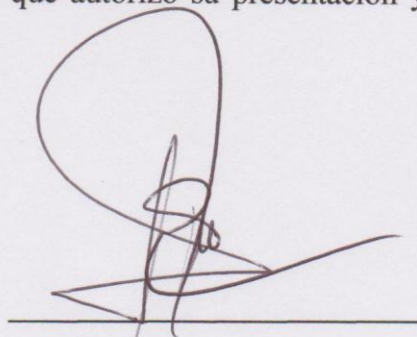
Ing. Jimmy Stalin Paladines

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA ENTRE LOS SECTORES DUR DUR – FÁTIMA DE LA PARROQUIA CHANTACO, PROVINCIA DE LOJA”**, previa a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, realizado por el señor egresado **José Armando Aguiñaca García**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 04 de Marzo del 2013



Ing. Jimmy Stalin Paladines
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo José Armando Aguinsaca García declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y 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.

Autor: José Armando Aguinsaca García

Firma:

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, written over a horizontal line.

Cédula: 1104194871

Fecha: 30 de septiembre de 2013

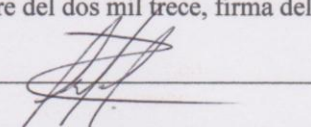
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo José Armando Aguinsaca García declaro ser autor de la tesis titulada: “ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA ENTRE LOS SECTORES DUR DUR – FÁTIMA DE LA PARROQUIA CHANTACO, PROVINCIA DE LOJA”, como registro para optar al grado de: Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 29 días del mes de septiembre del dos mil trece, firma del autor.

Firma: 

Autor: José Armando Aguinsaca García

Cédula: 1104194871

Dirección: Ciudad de Loja, Calles Colon entre Olmedo y Bernardo Valdivieso.

Correo Electrónico: josh1986@hotmail.com

Teléfono: 072-57 63 95 Celular: 098 564 4627

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Jimmy Stalin Paladines

Tribunal de Grado: Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrio

 Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho

 Ing. Walter Simón Tambo Encalada

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía y los Recursos Naturales No Renovables, Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, a sus Directivos y Docentes por los conocimientos impartidos en la trayectoria de mi formación y de manera especial a la Ing. Jimmy Stalin Paladines por su acertada dirección, brindándome desinteresadamente la asesoría requerida y la oportunidad de una preparación profesional acorde a los requerimientos de nuestra sociedad y nuestras posibilidades.

José Armando Aguiñaca García

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres que no solo me dieron la vida, sino que también guiaron mis pasos, han logrado hacer de mí una persona de éxito, además de haber estado conmigo en el momento indicado les dedico parte de este triunfo.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar todas mis metas en la vida.

A mis amigos por compartir momentos y circunstancias que dejaron enseñanzas en mí para toda la vida.

A mis maestros que con sus conocimientos, ayuda oportuna y desinteresada contribuyeron a la finalización de este trabajo.

Y a todos aquellos que son movidos por un gran amor a la vida y a la naturaleza, que están convencidos de que un mundo mejor es posible si se tiene los conocimientos para ayudar y el corazón para vencer.

A todos ustedes dedico el producto de mi esfuerzo.

José Armando Agüinsaca García

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
<i>CERTIFICACIÓN</i>	<i>I</i>
<i>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</i>	<i>II</i>
<i>CARTA DE AUTORIZACIÓN</i>	<i>III</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>III</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>V</i>
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
3. INTRODUCCIÓN	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1. ESTUDIOS GEOLÓGICOS	7
4.1.1. Geología	7
4.1.2. Geología estructural	7
4.1.3. Geomecánica	8
4.1.4. Mecánica de suelos	8
4.1.5. Mapeo temático	8
4.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	10
4.2.1. Ensayo de mecánica de suelos	10
4.2.2. Determinación de zonas susceptibles a movimientos de masa	12
4.2.3. Determinación de Factores de Seguridad FS	12
4.2.4. Graficas de sensibilidad	13
4.3. NECESIDAD DE ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS EN OBRAS CIVILES MENORES	14
5. MATERIALES Y MÉTODOS	16
5.1. Materiales	16
5.2. Métodos	17
5.2.1. Metodología para el primer objetivo	17
5.2.2. Metodología para el segundo objetivo	18
5.2.3. Metodología para el tercer objetivo	19
6. RESULTADOS	25
6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
6.1.1. Accesos	25
6.1.2. Ubicación Administrativa	25

6.1.3.	Ubicación Geográfica	27
6.1.4.	Topografía	29
6.1.5.	Geología Regional	30
6.1.6.	Geología Local	33
6.1.7.	Geomorfología	42
6.1.8.	Tectónica	45
6.1.9.	Geología Estructural	46
6.1.10.	Clima e Hidrología	54
6.1.11.	Infraestructuras Presentes	59
6.1.12.	Suelos	61
6.1.12.1.	Uso Actual del Suelo	61
6.1.12.2.	Uso Potencial de los Suelos	64
6.1.13.	Capacidad Productiva de la Tierra y Pendientes	66
6.2.	ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO	69
6.2.1.	Fotointerpretación	69
6.2.2.	Geología a Detalle	72
6.2.3.	Corroboración de Zonas de Inestabilidad	77
6.2.4.	Mecánica de Suelos	78
6.2.4.1.	Muestreo y Técnicas Específicas	78
6.2.4.2.	Ensayos y Resultados	80
6.2.5.	Calicatas	84
6.2.6.	Mecánica de Rocas	102
6.2.6.1.	Muestreo y Ensayos	102
6.2.6.2.	Valoración de Macizos.	105
6.2.7.	Deslizamientos Superficiales	115
6.3.	VALORACIÓN CUALITATIVA DEL SECTOR	125
6.3.1.	Capacidades en Función de Mecánica de Rocas y Mecánica de Suelos	125
6.3.2.	Mapa de Susceptibilidad a Deslizamiento	127
6.3.3.	Definición de Sitios Críticos	130
7.	DISCUSIÓN	131
8.	CONCLUSIONES	133
9.	RECOMENDACIONES	135
10.	BIBLIOGRAFÍA	137
11.	ANEXOS	140

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Ubicación geográfica del Proyecto de Riego.....	28
Figura 2. Geología Regional.....	32
Figura 3. Geomorfología del Proyecto.....	44
Figura 4. Mapa estructural.....	48
Figura 5. Discordancia irregular.....	53
Figura 6. Precipitación promedio anual desde Enero de 1969 a Diciembre de 1998.....	55
Figura 7. Isoyetas del Proyecto.....	57
Figura 8. Mapa hidrográfico.....	58
Figura 9. Dimensiones de la línea de conducción principal.....	61
Figura 10. Uso actual del suelo.....	63
Figura 11. Cobertura vegetal.....	65
Figura 12. Pendientes del Proyecto.....	68
Figura 13. Fotografía aérea del Proyecto.....	69
Figura 14. Área total y área de regado del Proyecto.....	70
Figura 15. Zona agrícola y ganadera.....	71
Figura 16. Captación y líneas de conducción.....	72
Figura 17. Mapa de ubicación de calicatas.....	101
Figura 18. Geometría del deslizamiento.....	118

Figura 19. Gráfica de sensibilidad.....122

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tabla 1. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.....	20
Tabla 2. Pesos asignados para pendientes.....	21
Tabla 3. Pesos asignados para litología.....	21
Tabla 4. Pesos asignados para cobertura vegetal y uso de suelo.....	21
Tabla 5. Pesos asignados para geomorfología.....	22
Tabla 6. Pesos asignados para movimientos en masa.....	22
Tabla 7. Pesos asignados para isoyetas.....	22
Tabla 8. Suma ponderada de las variables.....	24
Tabla 9. Población total de la Parroquia Chantaco.....	26
Tabla 10. Ubicación de las líneas de conducción.....	27
Tabla 11. Longitudes de las líneas de conducción.....	30
Tabla 12. Características del afloramiento 1.....	34
Tabla 13. Minerales y porcentaje de la muestra 1.....	35
Tabla 14. Características del afloramiento 2.....	36
Tabla 15. Minerales y porcentaje de la muestra 2.....	37
Tabla 16. Características del afloramiento 3.....	38
Tabla 17. Minerales y porcentaje de la muestra 3.....	39
Tabla 18. Ubicación de socavones.....	40

Tabla 19. Geomorfología del Proyecto.....	43
Tabla 20. Uso actual del suelo.....	62
Tabla 21. Cobertura vegetal.....	64
Tabla 22. Pendientes.....	67
Tabla 23. Resumen de resultados de suelos obtenidos en laboratorio.....	82
Tabla 24. Ubicación de calicatas.....	84
Tabla 25. Características de la calicata 1.....	85
Tabla 26. Relación a carga admisible – clasificación geotécnica.....	85
Tabla 27. Características de la calicata 2.....	88
Tabla 28. Características de la calicata 3.....	91
Tabla 29. Características de la calicata 4.....	94
Tabla 30. Características de la calicata 5.....	97
Tabla 31. Resumen de resultados de rocas obtenido en laboratorio.....	102
Tabla 32. Parámetros para determinar peligro de hinchamiento.....	104
Tabla 33. Parámetros para caracterizar el macizo rocoso.....	106
Tabla 34. Rangos para la valoración del macizo rocoso.....	106
Tabla 35. Azimut y buzamiento de las fracturas.....	110
Tabla 36. Valoración del macizo rocoso según Barton, 1974.....	113
Tabla 37. Valoración del índice Q.....	114
Tabla 38. Correlación entre el RMR y el índice Q.....	115

Tabla 39. Factor de Seguridad relacionado al Ángulo de Superficie de Talud.....	122
Tabla 40. Capacidades en función de Mecánica de Rocas y Mecánica de Suelos.....	126
Tabla 41. Área y porcentaje susceptible a deslizamiento.....	128

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA	PÁGINA
Fotografía 1. Vista panorámica del sector de estudio.....	29
Fotografía 2. Afloramiento 1.....	34
Fotografía 3. Afloramiento 2.....	36
Fotografía 4. Afloramiento 3.....	38
Fotografía 5. Socavón.....	40
Fotografía 6. Deslizamiento.....	41
Fotografía 7. Deslizamiento traslacional de rocas y suelos.....	51
Fotografía 8. Sistema de diaclasas.....	52
Fotografía 9. Viviendas de adobe.....	59
Fotografía 10. Línea de conducción principal.....	60
Fotografía 11. Afloramientos de la línea de conducción principal.....	73
Fotografía 12. Afloramientos de la línea de conducción secundaria 1.....	74
Fotografía 13. Afloramientos de la línea de conducción secundaria 2.....	75
Fotografía 14. Afloramientos de la línea de conducción secundaria 3.....	76
Fotografía 15. Afloramientos de la línea de conducción secundaria 4.....	77
Fotografía 16. Flancos muestreados.....	79
Fotografía 17. Esquema para ensayos de suelos.....	81
Fotografía 18. Calicata 1.....	86

Fotografía 19. Calicata 2.....	89
Fotografía 20. Calicata 3.....	92
Fotografía 21. Calicata 4.....	95
Fotografía 22. Calicata 5.....	98
Fotografía 23. Esquema de ensayos a la compresión simple.....	103
Fotografía 24. Fracturas en el eje X.....	107
Fotografía 25 Fracturas en el eje Y.....	108
Fotografía 26. Fracturas en el eje Z.....	108
Fotografía 27. Estado de las fracturas.....	109
Fotografía 28. Macizo rocoso andesítico.....	113
Fotografía 29. Deslizamiento traslacional de rocas y suelos.....	116

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

1. TÍTULO

“Estudio geológico – geotécnico del área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja”.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

2. RESUMEN

El presente trabajo se lo realizó en la Provincia de Loja, específicamente en la Parroquia Chantaco entre los sectores Fátima – Dur Dur, la zona se destaca por la producción agrícola y por ende la necesidad de agua para riego en todos los meses del año, previo al desarrollo y ejecución de este trabajo investigativo se procedió a la recolección de información del Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Chantaco (2011), posterior de la recolección de esta información se inició con la fase de campo, que consistió en la ubicación de la línea de conducción principal y levantamiento topográfico de toda el área del Proyecto, se realizó el diseño de cuatro líneas de conducción secundarias, además se elaboró el mapa geológico – estructural tomando como base los afloramientos del sector, además en la zona se encuentra un deslizamiento traslacional de rocas y suelos, al mismo se le calculó el factor de seguridad y sus respectivas medidas de estabilización.

Posterior se elaboró el mapa de susceptibilidad a deslizamientos estableciendo cuatro rangos de susceptibilidad: bajo, medio, alto y muy alto; esto con la finalidad de controlar el regado de agua en zonas que se encuentren más susceptibles a deslizamientos.

En base a los resultados obtenidos se pretende que la longitud del canal sea de 3.41 Km con un área de influencia directa de 36.74 ha, el macizo rocoso del sector presenta una calidad muy buena como base para cimentación de obras de ingeniería.

Con la ejecución de este Proyecto de Riego se beneficiarán directamente 150 personas que se dedican a la agricultura y ganadería, cabe resaltar que la población del Barrio Fátima según el Plan de Ordenamiento Territorial (2011) es de 150 personas; con la ejecución del Proyecto el desarrollo agropecuario del sector será mayor brindando mejores posibilidades de desarrollo a sus habitantes.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

ABSTRACT

This work was conducted in the Province of Loja, specifically in the Parish Chantaco between sectors Fatima - Dur Dur, the area is characterized by agricultural production and hence the need for irrigation water in all months of the year, prior the development and implementation of this research work proceeded to data collection Zoning Plan of the Parish Chantaco (2011), after the collection of this information began with the field phase, which consisted of the location of the main pipeline survey of the entire project area, was the design of four secondary lines, and the geological map was drawn - based structural outcrops in the industry and there is a translational sliding rocks and soil was calculated at the same safety factor and their stabilization measures.

Post was drawn map of landslide susceptibility establishing four ranges: low, medium, high and very high, that in order to control the water irrigated areas that are more susceptible to landslides.

Based on the results it is intended that the channel length is 3.41 km with an area of direct influence of 36.74 ha, the rock mass of the sector has a very good quality as a basis for foundation engineering works.

With the implementation of this irrigation project will directly benefit 150 people dedicated to agriculture and livestock, it is worth noting that the population of neighborhood Fatima according to the Land Use Plan (2011) is 150 people, with the implementation of the project agricultural development sector will be larger providing better opportunities for development to its inhabitants.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

3. INTRODUCCIÓN

“El Ecuador en el año 2010, el porcentaje de la cobertura del abastecimiento de agua (conexiones domésticas) era de 96% en las zonas urbanas y 74% en las rurales, mientras que el acceso a un sistema adecuado de saneamiento era de 96% en zonas urbanas y 84% en zonas rurales. La cobertura de los servicios de agua y saneamiento tiende a ser menor en la costa y en el oriente que en la sierra. Además, la cobertura del abastecimiento de agua muestra amplias variaciones según el ingreso, alcanzando aproximadamente el 90% en los primeros tres deciles de ingreso en las zonas urbanas, comparados con niveles de sólo un 60% en los últimos tres deciles de ingreso¹”.

“En Ecuador el 85% del agua utilizada se destina al riego, Las empresas que producen productos destinados a la exportación reciben la mayoría de esta agua. El Estado destina más agua de riego en función de la rentabilidad de los productos²”.

Los principales problemas vinculados al aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos en el sur del Ecuador, tiene relación con el relieve abrupto, suelos frágiles fácilmente erosionables, estacionalidad marcada de la precipitación con lluvias de elevada intensidad y fuertes sequías de varios meses, deforestación acelerada, mal manejo del bosques y mal uso del agua de riego.

“Los canales de riego tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta el campo donde será utilizado para el regadío de los cultivos. Son obras de ingeniería importantes, que deben ser cuidadosamente analizadas para su ejecución³”.

Enmarcándose en la zona de estudio, la Parroquia Chantaco ubicada al noroccidente de la ciudad de Loja, según el PDOT (2011) la Parroquia Chantaco está conformada por ocho barrios, con un total de 1.259 habitantes. El barrio Fátima posee problemas por la falta de agua para el regadío en tiempos de verano, en este contexto el siguiente Proyecto va encaminado en realizar un estudio geológico - geotécnico, con la finalidad de construir un canal de riego para el Barrio Fátima de la Parroquia Chantaco.

¹ Programa de Monitoreo Conjunto OMS/UNICEF para agua potable y saneamiento.

² Sistema de investigación de la problemática agraria en el Ecuador (SIPAE).

³ Memoria Técnica Valoración Recurso Hídrico Loja.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

El Proyecto beneficiará directamente a 150 personas, se pretende que la longitud del canal sea de 3.5 km con un área de influencia directa de 36 hectáreas.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Realizar un estudio geológico – geotécnico del área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco.

Objetivos Específicos:

- Realizar el mapeo geológico – estructural a detalle del área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima.
- Desarrollar el estudio geotécnico a lo largo del eje del canal principal y secundarios en miras a interpretar sus resultados.
- Identificar las posibles zonas de inestabilidad y lineamientos estratégicos para su solución.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Paladines y Soto, 2010 indican que el conocimiento de la tierra es esencial para el desarrollo sostenible y la riqueza de los pueblos. Ecuador es un país muy montañoso caracterizado por una amplia diversidad de entornos geológicos, que comprende: la cordillera de los Andes jalonada por volcanes y cuencas sedimentarias encajadas en las que se asientan las principales ciudades. Esta alineación montañosa separa la impenetrable Amazonía al Este de la franja litoral al Oeste con llanuras abiertas al Océano Pacífico. Además las Islas Galápagos tienen un marcado vulcanismo activo que acompaña a su fauna singular. 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.

4.1.1. Geología

Chariguin, 1964 indica que la geología es la ciencia que estudia la historia de la evolución de la tierra (composición, estructura y origen). En muchos casos, la geología permite juzgar acerca de las condiciones físico-geográficas de sectores aislados de la superficie terrestre en épocas geológicas remotas. El objeto de la geología es dar explicación a las leyes y causas que rigen estas variaciones en nuestro planeta, la geología estudia los restos orgánicos fosilizados y los procesos geológicos modernos.

4.1.2. Geología estructural

“Todas las masas de roca tienen algunas características o aspectos que constituyen su estructura. El estudio de las disposiciones y significación de éstas, constituye el campo de la geología, llamado geología estructural. Las estructuras geológicas están relacionadas con todos los accidentes tectónicos de la masa rocosa, estas son formadas por movimientos epirogénicos y movimientos orogénicos. Estructura es la forma en la que han sido depositadas las rocas, es decir, como están colocadas. Nos ayudan a determinar el método y costo de excavación como material de préstamo ya sea para una

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

carretera o vía férrea, la excavación de un túnel y la ubicación de pozos de agua subterránea”⁴.

4.1.3. Geomecánica

Vásquez, 2002 indica que la geomecánica es la disciplina que estudia las características mecánicas de los materiales geológicos que conforman las rocas de formación. Esta disciplina está basada en los conceptos y teorías de mecánica de rocas y mecánica de suelos, que relacionan el comportamiento de la formación bajo los cambios de esfuerzo.

La geomecánica utiliza resultados experimentales de campo y laboratorio como son la caracterización de diaclasamientos y la determinación de resistencias de las rocas y clasificación de macizos respectivamente, lo que permitirá conocer el comportamiento mecánico del basamento en donde se desarrollará el canal de riego Fátima – Dur Dur.

4.1.4. Mecánica de suelos

“La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar.

Esta investigación que hace parte de la ingeniería civil e ingeniería geológica es clave en la realización de una obra para determinar si el terreno es apto para llevar a cabo la construcción de un inmueble u otro tipo de intervención”⁵.

4.1.5. Mapeo temático

“Los mapas temáticos son mapas basados en mapas topográficos y mapas de ciudad que representan cualquier fenómeno geográfico de la superficie terrestre en el cual también viene la información de la localidad. Persiguen objetivos bien definidos. Hacen referencia a la representación de ciertas características de distribución, relación,

⁴ United States Geological Survey. Minerals Commodity Summaries.

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Estudio_de_suelos (Estudio de Suelos).

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

densidad o regionalización de objetos reales (vegetación, suelos, geología, etc.), o de conceptos abstractos (indicadores de violencia, de desarrollo económico, de calidad de vida, etc.). Para representar variables numéricas utilizan todo tipo de recursos visuales, como superficies de distintos colores o tramas (coropletas), flechas para indicar el movimiento de un fenómeno (flujos - a veces tienen un grosor proporcional a su magnitud), el trazado de líneas que unen puntos de igual valor (isolíneas), círculos o símbolos de tamaño proporcional al valor numérico, o incluso mapas deformados para que cada unidad geográfica se represente con un tamaño proporcional a su valor numérico (cartogramas o mapas anamórficos)”⁶.

⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Mapa_tem%C3%A1tico (Mapa temático).

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

4.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

“La Ingeniería geotécnica es la rama de la Ingeniería civil e ingeniería geológica que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra. Los ingenieros geotécnicos investigan el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, centrales hidroeléctricas, estabilizar taludes, construir túneles y carreteras, etc.”⁷

➤ **Resistencia a la Compresión Simple**

Zienkiewicz, 1970 indica que la reacción del suelo o la roca a los esfuerzos es el factor más importante para el proyecto de cimentaciones, terraplenes, taludes y estructuras para el sostenimiento del terreno. La resistencia a la compresión simple, llamada No Confinada o Uniaxial es el máximo esfuerzo de compresión que puede soportar un espécimen de roca. El ensayo a la compresión simple consiste en aplicar una fuerza hasta llegar a la rotura y conocida el área se determina el σ (esfuerzo) del espécimen.

4.2.1. Ensayo de mecánica de suelos

Es necesario un estudio de suelo en el presente trabajo, porque toda obra de Ingeniería se apoya sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, además, utilizan el suelo como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, productores a su vez de deformaciones importantes, fisuras, grietas, desplomos que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono. En consecuencia, es indispensable conocer las características mecánicas del suelo donde se pretende construir el canal de riego del presente trabajo.

⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_geot%C3%A9cnica (Geotecnia).

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

➤ **Determinación del contenido de humedad**

“La determinación del contenido de humedad es un ensayo para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

➤ **Límites líquido y plástico de un suelo**

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de 3mm de espesor con el suelo. Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites:

- Límite líquido: Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.
- Límite plástico: Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.
- Límite de retracción o contracción: Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

➤ **Análisis granulométrico**

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante AASHTO o USCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos son utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc. Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

➤ **Clasificación de los suelos**

Se realizó 2 tipos de clasificaciones: por la Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

El SUCS tiene 3 grupos de clasificación mayores: suelos de grano grueso como arenas y gravas, suelos de grano fino como limos y arcillas, y suelos altamente orgánicos referidos como "turba". El SUCS además subdivide a esas 3 mayores clases de suelos para clarificación.

La clasificación AASHTO establece 7 grupos de suelos y agregados con base en la determinación en el laboratorio de la granulometría, el límite líquido y el límite plástico. Un octavo grupo corresponde a los suelos orgánicos. Esta clasificación puede ser utilizada cuando se requiere una clasificación geotécnica precisa, especialmente para la construcción de carreteras y obras civiles de importancia”⁸.

4.2.2. Determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa

Ayala – Carcedo, 2003 señala que la susceptibilidad es la facilidad o propensión de determinadas zonas a generar movimientos en masa o a ser impactadas dependiendo si estoy caracterizando la susceptibilidad a la rotura o al alcance.

Con la información topográfica, geológica, hidrológica, geotécnica y la geo-referencia de los movimientos en masa se crea una base de datos en un ambiente SIG, posteriormente se determina los factores que inciden en la susceptibilidad a procesos de remoción en masa, se procesa la información y se puede obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa.

4.2.3. Determinación de Factores de Seguridad FS

Fellenius, 1927 indica que el coeficiente de seguridad es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.

⁸ Bowles J. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Para calcular el factor de seguridad en los taludes existentes en la zona de estudio se aplicó el método de rotura planar y talud infinito, este método sintetiza, los parámetros necesarios mínimos para el equilibrio a corto plazo de un talud homogéneo dado (geometría del mismo, ángulo de fricción interna, cohesión y densidad del suelo que lo compone), sin necesidad de establecer la superficie crítica del deslizamiento.

4.2.4. Graficas de sensibilidad

Los análisis de sensibilidad de parámetros tienen su utilidad para comprobar la modificación del coeficiente de seguridad ante la variación de los parámetros asociados al modelo que define el comportamiento del talud, tal como el ángulo de rozamiento, el grado de cohesión del material, nivel freático.

Las gráficas de sensibilidad permiten relacionar los factores de seguridad con los límites de talud inestable y dar la factibilidad técnica para implementar medidas de estabilización y control.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

4.3. NECESIDAD DE ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS EN OBRAS CIVILES MENORES

“Zonificación, en sentido amplio, indica la división de un área geográfica en sectores homogéneos conforme a ciertos criterios. Por ejemplo: capacidad productiva, tipo de construcciones permitidas, intensidad de una amenaza”⁹.

La zonificación parte de un mapeo geológico – estructural, estableciendo zonas de deslizamiento, zonas inestables, zonas seguras, entre otros. Es necesario zonificar el área donde vamos a emplazar cualquier infraestructura, para garantizar la construcción de la obra.

Con los deslizamientos geo-referenciados, mapeo geológico - estructural y demás datos de campo se procede a realizar el mapa de zonificación de deslizamiento, a través de los Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 9.3) se procesa la información y se obtiene un mapa con diferentes zonas desde estables hasta inestables.

Cada vez resulta más importante el conocimiento del subsuelo, el cual constituye el soporte de las actividades humanas, de materiales de excavación, de almacenamiento o de construcción, de ahí la importancia del estudio geológico-geotécnico como base para los proyectos de ingeniería civil.

Los estudios geológico-geotécnicos tienen como objeto el desarrollo de modelos geológicos, geomecánicos y geotécnicos que permitan un conocimiento del comportamiento de los materiales del subsuelo. La geología proporciona la información necesaria para el reconocimiento litológico, estructural, geométrico, geomorfológico, de comportamiento hidrogeológico.

La geotecnia proporciona la herramienta desde un punto de vista geomecánico de identificación, agresividad, expansividad, resistencia y deformabilidad de los materiales. Las dos disciplinas garantizan la solución óptima de los problemas en la ingeniería civil.

⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Zonificaci%C3%B3n> (Zonificación).

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

El comportamiento de toda obra apoyada sobre el terreno dependerá en gran número de las condiciones geológicas-geotécnicas en que se encuentre. El estudio geológico-geotécnico debe ser un requisito indispensable, sea cual sea la magnitud del Proyecto.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

- Estación Total Trimble S6.
- GPS Mobile Mapper 6 W/GIS Software.
- Martillo geológico.
- Brújula Brunton.
- Lupa de bolsillo de 30x.
- Ácido clorhídrico diluido al 5 %.
- Libreta de campo.
- Fichas para afloramientos.
- Fichas para deslizamientos.
- Fundas plásticas para muestreo de suelos y rocas.
- Portátil.
- Software ArcGis 9.3.
- Software AutoCad 2010.
- Software ForeSight.
- Cámara fotográfica.
- Carta topográfica de Catamayo, escala: 1:50.000, año 2011.
- Carta geológica de Loja, escala 1:100.000, año 1975.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

5.2. Métodos

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó el Método Científico, el mismo que es un método de estudio sistemático de la naturaleza que incluye las técnicas de observación, reglas para el razonamiento y la predicción de sucesos, además otorga ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados experimentales y teóricos; además se usó el Método de Observación Directa para conocer, verificar e interpretar los fenómenos existentes en la zona de estudio, sin dejar de lado el Método Inductivo que permitió obtener conclusiones generales a partir de premisas particulares, es decir la derivación inductiva parte de los hechos y permite llegar a una generalización y la contrastación para brindar la solución al problema planteado.

A continuación se establece en detalle la metodología que se utilizó para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

5.2.1. Metodología para el primer objetivo

“Realizar el mapeo geológico – estructural a detalle del área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima”

Primero se realizó un levantamiento topográfico a detalle con la utilización de la Estación Total Trimble S6, obteniendo la topografía del canal principal, canales secundarios y el área de influencia directa del Proyecto. Este trabajo dio como resultado puntos topográficos levantados en el campo, luego, estos datos son procesados en la oficina para generar el mapa base utilizando el software Forside y Autocad; y trabajando con el Datum WGS 84.

Con la topografía realizada se procedió al desarrollo del mapeo geológico-estructural; primero se elaboró una malla de muestreo de 100m x 100m, luego en campo se procedió con la observación directa de cada una de las unidades geológicas, descripción de afloramientos a través de fichas, reconocimiento de rocas en campo, las rocas que no se pueden reconocer en campo fueron llevadas a laboratorio para su posterior análisis.

Luego de procedió a la identificación de estructuras geológicas, que se encuentren dentro del área levantada anteriormente con la Estación Total S6, también se tomó como

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

base la información de la Carta Geológica de Loja, la misma que sirvió como soporte de corroboración de la información obtenida en el campo.

5.2.2. Metodología para el segundo objetivo

“Desarrollar el estudio geotécnico a lo largo del eje del canal principal y secundarios en miras a interpretar sus resultados”

Para la realización del estudio geotécnico de suelos se procedió a la elaboración de una malla de muestreo tomando como referencia el mapa topográfico y geológico antes realizados, se procede a la realización de cinco calicatas, una por cada línea de conducción, luego se recolectó las cinco muestras que serán llevadas al laboratorio para los siguientes ensayos de mecánica de suelos:

- Determinación del contenido de humedad mediante la Norma ASTM D2216-71.
- Límites líquido y plástico mediante la Norma ASTM 423– 66 (límite líquido) y D424 – 59 (límite plástico).
- Análisis granulométrico mediante la Norma ASTM D421 – 58 y D422 – 63 (método mecánico).
- Clasificación de suelos mediante los métodos AASHTO y SUCS.

Para el ensayo de mecánica de rocas se procedió a elaborar la malla de muestreo del eje principal y ejes secundarios tomando como referencia el mapa geológico y topográfico. Las muestras se recolectan cada 1000 m, si es posible de un talud o sino realizando calicatas, las muestras fueron llevadas a laboratorio para el ensayo a la compresión simple mediante la Norma ASTM 2166 – 66 y AASHTO T208 - 70. Con los resultados obtenidos se realizó el análisis geotécnico del área de estudio.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

5.2.3. Metodología para el tercer objetivo

“Identificar las Posibles Zonas de Inestabilidad y Lineamientos Estratégicos para su Solución”

Primeramente se utilizó el método de observación directa con la siguiente secuencia:

- Identificar los factores condicionantes para que se produzcan deslizamientos.
- Geo referenciar y llenar la ficha técnica para caracterizar deslizamientos.
- Clasificación de deslizamientos según Varnes (1978).
- Identificar los taludes para determinar los factores de seguridad por el método de ábacos de Taylor o rotura planar si fuera necesario.

Para elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamiento se usó el software ArcGIS 9.3 a partir de la siguiente información:

- Mapa topográfico (Elaboración propia, escala 1:1.000).
- Mapa geológico – estructural (Elaboración propia, escala 1:1.000).
- Deslizamientos geo referenciados (Elaboración propia, escala 1:1.000).
- Mapa de isoyetas (Fuente: IGM, escala 1: 50.000, año 2011).
- Mapa geomorfológico (Fuente: IGM, escala 1:50.000, año 2011).
- Mapa de pendientes (Elaboración propia, escala 1:1.000).
- Mapa de cobertura vegetal (Fuente: IGM, escala 1:50.000, año 2011).
- Mapa de uso actual del suelo (Fuente: IGM, escala 1:50.000, año 2011).

Se adoptó la metodología heurística cuya elección estuvo fundamentada en la cantidad y calidad de información disponible y en el conocimiento tanto del fenómeno analizado como de la zona de estudio. Para el análisis de la susceptibilidad a movimientos en masa desde una perspectiva heurística, un territorio se zonifica con base en las apreciaciones y aportes de información existente y conocimiento del tema.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Específicamente se usó la técnica de combinación cualitativa de mapas para lo cual se generó mapas parámetro, o de variables. Cada mapa parámetro fue dividido en rangos y a cada uno de los cuales se le asignó un peso indicativo de su grado de importancia. Los pesos menores corresponden a zonas de menor susceptibilidad, y viceversa.

Asignación de pesos a las variables

La asignación de pesos se aplica a cada una de las variables a utilizar para la zonificación de susceptibilidad a deslizamiento, cuyos rangos varían de 1 a 5.

Tabla 1. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.

Peso	Criterio
1	Va presentar susceptibilidad a deslizamiento muy baja, por las rocas andesitas poco meteorizadas, la breve precipitación en el área, y la pendiente ondulada no son síntomas que puedan ocurrir deslizamientos.
2	Presenta susceptibilidad a deslizamiento baja, debido a su poca pendiente y formas onduladas del terreno que se hace difícil el desplazamiento del material en estado seco o húmedo sumado a la roca andesita fresca que no se encuentra fracturada, se puede decir que en esta zona no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
3	Presenta susceptibilidad a deslizamiento media, debido a la erosión de las roca arcillosa que sumado con la precipitación se transforma en material saturado, en esta zona no existe la completa seguridad de que no ocurran deslizamientos.
4	Va presentar susceptibilidad a deslizamiento alta, por la intensa erosión tanto en la roca andesita como en la arcilla, sumado a las precipitaciones, se alteran las propiedades físico-mecánicas aumentando peso y humedad en el terreno y por ende tiende a desplazarse, en esta zona han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran..
5	Presenta susceptibilidad a deslizamiento muy alta, debido a masas de suelo altamente meteorizadas, saturadas y fracturadas donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.

Fuente: El Autor.

El rango de las ponderaciones es de 1 a 5 para identificar con facilidad el significado de la susceptibilidad creciente, es decir el valor 1 corresponde a una susceptibilidad “muy baja” con menor grado de inestabilidad y con condiciones menos favorables para que se

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

produzcan los deslizamientos y por el contrario el valor 5 corresponde a una susceptibilidad “muy alta” y se refiere a las condiciones más favorables para que se produzcan los deslizamientos.

Tabla 2. Pesos asignados para pendientes

PENDIENTES		
Categoría	Clases (%)	Pesos
Muy Baja	0 – 15	1
Baja	15 – 30	2
Media	30 – 50	3
Alta	50 – 100	4
Muy Alta	> 100	5

Fuente: Sarkar y Karungo, 2004.

Tabla 3. Pesos asignados para litología

LITOLOGÍA	
Variable	Pesos
Lavas, riolitas, andesitas porfiríticas	1
Esquistos, grafitos, gneis	2
Roca granítica, granodiorita alterada	3
Limonita, arcilla, arenisca, conglomerado	4
Depósitos coluviales, aluviales, terrazas	5

Fuente: Sarkar y Karungo, 2004.

Tabla 4. Pesos asignados para cobertura vegetal y uso de suelo

COBERTURA VEGETAL	
Variable	Pesos
Bosque húmedo denso	1
Matorral húmedo alto	2
Vegetación arbustiva	3
Pasto cultivado	4
Cultivos	5

Fuente: Sarkar y Karungo, 2004.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 5. Pesos asignados para geomorfología

GEOMORFOLOGÍA	
Variable	Pesos
Relieve montañoso	1
Colinas medianas	2
Colinas altas	3
Vertientes irregulares	4
Relieve escarpado	5

Fuente: Sarkar y Karungo, 2004.

Tabla 6. Pesos asignados para movimientos en masa

DESLIZAMIENTOS	
Variable	Peso
Caída de rocas	1
Deslizamiento traslacional	2
Deslizamiento rotacional	2
Flujos	4

Fuente: Sarkar y Karungo, 2004.

Tabla 7. Pesos asignados para isoyetas

ISOYETAS	
Precipitación (mm/año)	Peso
0 – 1500	1
1500 – 3000	2
3000 – 4500	3
4500 – 6000	4
> 6000	5

Fuente: Sarkar y Karungo, 2004

Seguidamente se realizó un Dissolve = disolver, de cada uno de los shapes para agrupar la información según los pesos, la herramienta “dissolver” fusiona los polígonos cuyos valores son iguales en el campo de la tabla de atributos que haya sido seleccionado para ejecutar ésta tarea.

Esta información se la tiene en formato vectorial para transformarla en formato ráster utilizo la herramienta Feature to Ráster = función para ráster. Esta herramienta se utiliza para cualquier clase de entidad (geodatabase, shapefile o cobertura) que contenga entidades de punto, línea o polígono se puede convertir a un dataset ráster, el tipo de campo de entrada determina el tipo de ráster de salida, es decir si el campo es entero, el ráster de salida será entero, si es punto flotante, la salida será punto flotante. Esta

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

herramienta siempre utiliza el centro de la celda para decidir el valor de un píxel de ráster, en este caso el tamaño de pixel se encuentra por default por que se observa con facilidad todas las características del ráster.

Con la información en formato ráster se hace una reclasificación utilizando la herramienta Reclassify = reclasificar, esta herramienta sirve para clasificar el ráster en cinco categorías según los pesos de 1 a 5 asignado a cada variable.

La herramienta Weighted Sum = suma ponderada, superpone varios rásteres al multiplicar cada uno por su peso dado y sumar los resultados. Es una forma útil de sumar varios rásteres es introducir rásteres múltiples y establecer todas las ponderaciones como iguales a 1, también los valores de ponderación pueden ser cualquier valor decimal positivo o negativo. No se restringe a un porcentaje relativo o igual a 1.

Para la suma ponderada de las variables se utilizó la Evaluación Multicriterio, al ser un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisión que permite: ponderar impactos ambientales provocados por el accionar humano, a partir de la confrontación de las variables naturales y antrópicas, construir escenarios que permitan disminuir la incertidumbre en relación a la toma de decisiones y evaluar alternativas, es decir suma de variables que tienen características similares tanto de peso como importancia, en el cual se dividió en criterios por la jerarquía mayor que tienen éstos, y sub criterios por los componentes presentes.

Los criterios seleccionados fueron:

- Condición intrínseca.
- Condición biológica.
- Condición hidrometeorológica.

Los sub criterios fueron seleccionados de acuerdo a los que más influyan en la ocurrencia de los deslizamientos:

- Condición intrínseca: litología, geomorfología, pendientes.
- Condición biológica: cobertura vegetal, uso actual del suelo.
- Condición hidrometeorológica: Intensidad de lluvia.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Basado en la clasificación de la jerarquización antes mencionada, se procedió a la valoración y evaluación de los componentes, asignando los pesos correspondientes para su análisis, es decir a cada uno de los criterios y sub criterios, se les asigno un peso, de acuerdo al grado de influencia que tiene cada uno al momento de generar el mapa de susceptibilidad a deslizamiento. Los pesos asignados fueron tomados según los métodos del valor esperado y la suma de fila, contenidos en el SIG ILWIS 3.4 (**ver anexo 1, SIG ILWIS 3.4**).

Tabla 8. Suma ponderada de las variables.

Criterio	Peso Criterio	Sub criterio	Peso Sub criterio	Peso Relativo
Condición Intrínseca	0.61	Litología	0.50	1 – 5
		Geomorfología	0.33	1 – 5
		Pendientes	0.17	1 – 5
Condición hidrometeorológica	0.28	Intensidad de lluvia	1	1 – 5
Condición biológica	0.11	Cobertura vegetal	0.66	1 – 5
		Uso actual del suelo	0.34	1 - 5

Fuente: El Autor a partir del SIG ILWIS 3.4.

A continuación, a través la herramienta Weighted Sum = suma ponderada, cuya función es multiplicar el porcentaje de los sub criterios por el valor de los pesos relativos y ese resultado se suma y luego se multiplica por el valor de cada uno de los criterios. Mediante este procedimiento se obtiene el mapa de susceptibilidad a deslizamiento, el cual se lo reclasifica de acuerdo al criterio del investigador.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6. RESULTADOS

6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

6.1.1. Accesos

El acceso se lo puede realizar de tres maneras:

- Desde la ciudad de Quito por la Vía a la sierra tomando la Panamericana Sur pasando por Latacunga, Ambato, Riobamba, Azoguez, Cuenca, Saraguro, Loja, Cerro Villonaco, en la Y se continúa por la vía que conduce a la Parroquia Chantaco, posterior se toma la vía Fátima – Dur Dur (única vía al barrio) y se camina cerca de 1Km para llegar a la zona de estudio.
- Partiendo de la Capital del Ecuador Quito por la vía a la costa pasando por Santo Domingo, Babahoyo, Naranjal, La Balsa, Chaguarpamba, la Toma, Cerro Villonaco, en la Y se continúa por la vía que conduce a la Parroquia Chantaco, posterior se toma la vía Fátima – Dur Dur (única vía al barrio) y se camina cerca de 1Km para llegar a la zona de estudio.
- Desde la ciudad de Quito vía aérea hasta el aeropuerto Camilo Ponce Enríquez, luego vía terrestre hasta el Cerro Villonaco, en la Y se continúa por la vía que conduce a la Parroquia Chantaco, posterior se toma la vía Fátima – Dur Dur (única vía al barrio) y se camina cerca de 1Km para llegar a la zona de estudio.

6.1.2. Ubicación Administrativa

El Proyecto de Riego Fátima - Dur Dur se encuentra en la Parroquia Chantaco, la misma pertenece al Cantón Loja, La Parroquia Chantaco políticamente cuenta con los siguientes barrios:

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 9. Población total de la Parroquia Chantaco.

Nombre del barrio	Número de habitantes	Número de Familias
Chantaco	350	90
Linderos	80	30
Auxilio	52	17
Cañaro	188	74
San Nicolás	78	22
Fátima	150	40
Cumbe	334	88
Motupe	29	9
Total	1259	370

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Chantaco (2011).

La Parroquia Chantaco limita al Norte con la Parroquia Chuquiribamba, al Sur con la Parroquia Taquil, al Este con la Parroquia Santiago y al Oeste con el Cantón Catamayo. Según en P.D.O.T. (2011) la Parroquia Chantaco tiene una extensión de 2491.2 ha y cuenta con las siguientes instituciones.

- Junta Parroquial.
- Tenencia Política.
- Distrito Municipal.
- Destacamento de Policía Rural, responsable del control del orden público.
- Oficina del Registro Civil que funciona desde 1988.
- Servicio telefónico desde el 16 de mayo de 1991 administrado por CNT.
- Junta Administrativa de agua potable y alcantarillado sanitario, creada en 1992.
- Escuela Benjamín Franklin, ubicada en el centro Parroquial.
- Escuela Sin Nombre del Barrio Linderos.
- Escuela Clorinda Espinoza de Fátima.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- Escuela Hugo Guillermo Gonzáles del Barrio Cumbe.
- Colegio Nacional “Dr. Eduardo Mora Moreno”, creado el 9 de abril de 1987.
- Dispensario del Seguro Social Campesino.
- Organizaciones Sociales y Deportivas.

6.1.3. Ubicación Geográfica

El Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur se encuentra en la Provincia de Loja, Cantón Loja, a 30 Km de la Ciudad de Loja, el mismo pertenece a la Parroquia Chantaco.

Con el GPS Mobile Mapper 6 se registraron las coordenadas con tres decimales respectivamente, esto ofrece precisión profesional en tiempo real y pos-procesado gracias al receptor GPS/GIS portátil profesional que el equipo dispone.

El Proyecto de Riego se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 10. Ubicación de las líneas de conducción.

SECTOR	COORDENADAS (Datum WGS84)		
	X	Y	Z
Captación	683864.65	9571183.151	2700 m s.n.m.
Conducción Principal	684092.72	9571295.098	2655 m s.n.m.
Conducción Secundaria # 1	684561.187	9571169.81	2455 m s.n.m.
Conducción Secundaria # 2	684631.755	9571517.488	2488 m s.n.m.
Conducción Secundaria # 3	684683.452	9571664.962	2475 m s.n.m.
Conducción Secundaria # 4	684568.774	9571835.116	2515 m s.n.m.

Fuente: El Autor.

El área del Proyecto es de 51.9 ha, el Barrio Fátima es el beneficiario de este Proyecto de Riego. El canal de riego que se pretende construir cuenta con una longitud de 3.41 km e inicia la captación en la quebrada Dur – Dur, con un área de regado de 36.74 ha. En la figura 1 se observa la ubicación geográfica del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

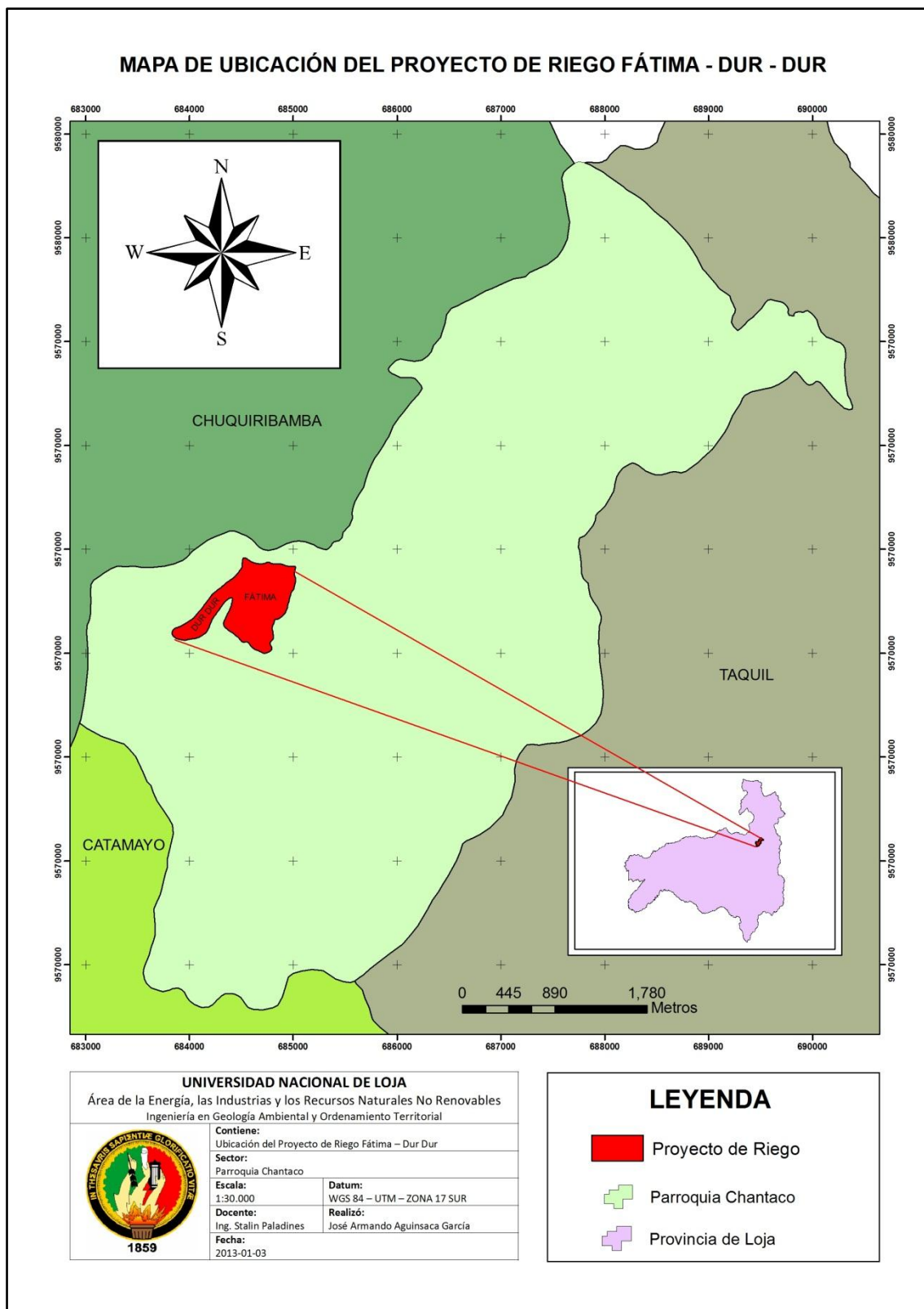


Fig. 1. Mapa de ubicación geográfica del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: El Autor a partir de Información del IGM, carta topográfica de Catamayo, escala 1:50.000, año 2011.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.1.4. Topografía

El Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur se encuentra ubicado en una zona que está constituida por colinas altas con una altitud de 2700 m s.n.m. y colinas medianas con altitud de 2400 m s.n.m. y sus pendientes son escarpadas montañosas.

Fotografía 1. Vista panorámica del sector de estudio.



Fuente: El Autor.

Mediante la utilización de la Estación Total Trimble S6 se procedió a realizar el levantamiento topográfico a detalle, con curvas secundarias cada metro y curvas principales cada cinco metros (**ver anexo 2, mapa topográfico**), La cota más alta del sector es de 2700 m s.n.m. (zona de captación) y la más baja es 2390 m s.n.m.

A partir de este levantamiento topográfico se procedió a determinar las pendientes para el diseño de las líneas de conducción con los respectivos cortes longitudinales. Se diseñó una línea de conducción principal y cuatro líneas de conducción secundarias, las mismas que abarcan toda el área de regado del Proyecto.

El Proyecto contempla una línea de conducción principal y cuatro líneas de conducción secundarias. La línea de conducción principal y secundaria uno (**ver anexo 2.1, corte longitudinal A – A 0 y A 0 – A 1**), la línea de conducción secundaria dos y secundaria tres (**ver anexo 2.2, corte longitudinal A 0 –A 2 y A 0 – A 3**), y la línea de conducción secundaria cuatro (**ver anexo 2.3, corte longitudinal A 0 – A 4**).

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

En la siguiente tabla se resumen las longitudes de las líneas de conducción.

Tabla 11. Longitudes de las líneas de conducción.

Línea de conducción	Longitud (km)
Principal	0.84
Secundaria # 1	0.79
Secundaria # 2	0.52
Secundaria # 3	0.56
Secundaria # 4	0.70
Total	3.41

Fuente: El Autor.

El área total del Proyecto es de 51.9 ha y el área de regado es de 36.74 ha, al Norte limita con el Señor Gilberto Satama, al Sur con el Señor Emilio Banegas, al Este con el Señor Germán Caraguay, y al Oeste limita con la Señora Elvira Chuncho (**ver anexo 3, área de regado del proyecto**).

6.1.5. Geología Regional

Atendiendo a la carta geológica de Loja, escala 1: 100.000, año 1975. El sector de estudio se encuentra asentado en la Formación Sacapalca como se muestra en la figura 2, tiene una edad del Paleoceno, consiste de lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas y rellena una fosa tectónica de casi 15 Km de ancho, la misma que se extiende con dirección Sur hacia la frontera con el Perú. Las lavas son andesitas porfiríticas de color café, castaño o gris en contraste con las andesitas verdes de la Formación Piñon. Son ricas en fenocristales de andesina, labradorita, los metales máficos incluyen hiperstena, augita y raramente hornablenda. Las lavas son basálticas en parte, los piroclastos son tobas andesíticas con tobas aglomeráticas y aglomerados subordinados. Son de color castaño, amarillo y gris, compuestos de fragmentos vítreos.

La estratificación alrededor de la Parroquia Taquil presenta buzamientos fuertes hacia el Oeste y en ciertos lugares los estratos de encuentran verticales. El espesor de la Formación Sacapalca es desconocida debido a que el afloramiento está limitado por fallas, pero se ha deducido que tiene varios miles de metros.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Los derrumbes son comunes en los terrenos de la Formación Sacapalca y en el lado occidental de la Cuenca donde las propiedades lubricantes de los esquistos grafitosos son causa de inestabilidad. El fallamiento de N-S controla la disposición de la Formación Sacapalca dentro de un graben.

La Formación Sacapalca limita al Norte con la Formación Piñon, donde los afloramientos son escasos debido a una intensa meteorización que ha producido un manto residual de arcillas, el cual, localmente, tiene algunos metros de espesor. Los afloramientos esporádicos muestran una andesita verdosa o gris. Al Sur limita con la Formación Gonzanamá, la Formación consiste principalmente de lutitas verdes, moradas y castañas, que contienen cristales dispersos de selenita, sin embargo también se encuentran capas de toba y diatomita, la Formación Gonzanamá descansa discordantemente sobre la Formación Sacapalca. Al Este limita con la Serie Zamora, la Serie está bien expuesta a lo largo de los caminos que se extienden a la hoya de Loja, se destacan los micaesquistos y esquistos grafiticos, pero también se encuentran cuarcitas y cuarcitas sericíticas, además son característicos: pizarras, filitas, esquistos sericíticos y cuarcitas. Al Oeste limita con cuerpos intrusivos que varían en composición desde diorita pasando por tonalita a granodiorita, y monzonita cuarcítica. La granodiorita es el tipo más abundante, la edad de las intrusiones es difícil de deducir debido a la edad incierta de las Formaciones que ellos intruyen, además se encuentran escasos afloramientos de intrusivos en la Formación Sacapalca.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.1.6. Geología Local

La zona se encuentra dentro de la Formación Sacapalca, la mayoría del área está compuesta por rocas andesitas grisáceas con mediano grado de meteorización, con fractura irregular, de granulometría masiva – fina. La roca andesita se encuentra como basamento de la zona, abarca un área de 30.1 hectáreas, la andesita es una roca ígnea ácida, que se forma a partir de un enfriamiento rápido, a gran profundidad y en grandes masas del magma, mineralógicamente la roca andesita está constituida por: cuarzo, granates, anfíboles, plagioclasas, magnetitas y pirita; sobre éste basamento se encuentra arcilla - limosa de coloración amarillenta rojiza con alto grado de alterabilidad, con rotura frágil – irregular, su formación está relacionada al proceso de meteorización de la roca andesita, la arcilla – limosa abarca 21.4 hectáreas, y está constituida mineralógicamente por: plagioclasas sódicas, feldespatos, cuarzo, limonitas, anfíboles, granates y magnéticos; además en la zona se encuentran dispersos 25 piroclastos de toba aglomerática, con un diámetro que va de 0.75 a 1.5 metros, su formación está relacionada a procesos volcánicos principalmente por la deposición de aglomerados durante las erupciones piroclásticas, su velocidad de enfriamiento es más rápida que en el caso de rocas intrusivas como el granito y con una menor concentración en cristales, mineralógicamente está constituida por: cuarzo, estaurolitas, limonitas, olivinos, sillimanitas, anfíboles, fragmentos de roca, pirita y magnéticos .

En el **anexo 4, ficha para reconocimiento y descripción de afloramientos**, se muestra la ubicación, dimensiones, resistencia a la rotura, fractura – aspecto, textura, color, inmersión H₂O₂, inmersión H CL diluido a 5%, descripción litológica, granulometría, tipo de roca de los 51 afloramientos encontrados.

En el sector de estudio se encuentran 3 socavones abandonados, los mismos están cerca a la captación, los socavones están constituidos de roca andesita mineralizada, en la zona se explotaba artesanalmente mineral aurífero.

Se procedió a identificar 1 deslizamiento traslacional de rocas andesitas fracturadas y suelo arcilloso – limoso, el deslizamiento se encuentra obstruyendo la línea de conducción principal, además los socavones abandonados, son uno de los factores para que se produjere el movimiento en masa, debido que tienen dirección al deslizamiento.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

A continuación se presenta la descripción de los afloramientos identificados en el sector de estudio:

➤ **Afloramiento de Arcilla - Limosa**

Fotografía 2. Afloramiento 1. Arcilla – limosa.



Fuente: El Autor.

Tabla 12. Características del afloramiento 1.

Coordenadas UTM WGS84	X = 684773.921 Y = 9571240.836 Z= 2420.121 m s.n.m.
Ubicación	Cerca de la conducción principal y conducción secundaria 1, 2, 3 y 4.
Área	21.4 ha.
Granulometría	Fina con incrustaciones de andesita con un diámetro de 12 cm.
Descripción Litológica	Arcilla - limosa de grano fino de color amarillento rojizo con alto grado de meteorización, con fractura granular irregular, textura áspera y con resistencia a la rotura baja.

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

En el análisis mineralógico – petrográfico, se encontró los siguientes minerales: (ver anexo 5, análisis mineralógico – petrográfico de la muestra 1).

Tabla 13. Minerales y porcentaje de la muestra 1.

Minerales	Porcentaje
Plagioclasas sódicas	20 – 25 %
Feldespatos	15 – 20 %
Cuarzo	10 – 20 %
Limonitas	10 – 20 %
Anfíboles	5 – 10 %
Granates	2 – 5 %
Magnéticos	< 1 %
Tipo de Roca	Roca sedimentaria, arcilla limosa de color amarillento rojizo.

Fuente: El Autor.

Descripción Técnica: La arcilla – limosa con incrustaciones de roca andesita con diámetro que oscila los 12 centímetros abarca un área de 21.4 hectáreas, es arcilla - limosa con alto grado de meteorización de color amarillento, su granulometría es de grano fino, mineralógicamente está constituida en mayor cantidad por plagioclasas sódicas y feldespatos; y en menor cantidad de cuarzo, limonitas, anfíboles, granates y magnéticos; este tipo de roca sedimentaria se forma por la meteorización de la roca ígnea andesita.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

➤ **Afloramiento de Roca Andesita**

Fotografía 3. Afloramiento 2. Andesita.



Fuente: El Autor.

Tabla 14. Características del afloramiento 2.

Coordenadas UTM WGS84	X = 684558.097 Y = 957174.353 Z= 2521.221 m s.n.m.
Ubicación	Cerca de la conducción principal y conducción secundaria 1, 2, 3 y 4.
Área	30.1 ha.
Granulometría	Masiva fina.
Descripción Litológica	Andesita masiva de grano fino de color verde grisáceo con poco grado de meteorización, con fractura granular irregular, textura poco áspera y con resistencia a la rotura alta a media.

Fuente: El Autor.

En el análisis mineralógico – petrográfico, se encontraron los siguientes minerales: **(ver anexo 5, análisis mineralógico – petrográfico de la muestra 2).**

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 15. Minerales y porcentaje de la muestra 2.

Minerales	Porcentaje
Cuarzo	30 – 40 %
Granates	20 – 30 %
Anfíboles	10 – 20 %
Plagioclasas	10 – 15 %
Magnetitas	5 – 10 %
Pirita	< 5 %
Tipo de Roca	Andesita.

Fuente: El Autor.

Descripción Técnica: La andesita abarca un área de 30.1 hectáreas, es de color verde grisáceo, de granulometría fina masiva. Esta roca ígnea ácida, pertenece a la Formación Sacapalca, este tipo de roca se forma por magmas profundos que experimentan un rápido enfriamiento y en grandes masas de magma que han sufrido procesos de diferenciación magmática o que han sufrido procesos de contaminación por materiales continentales en zonas de subducción. Mineralógicamente la roca andesita está constituida en su mayor parte de cuarzo, granates y anfíboles; y en menor cantidad de plagioclasas, magnetitas y pirita.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

➤ **Afloramiento Piroclasto de Toba Aglomerática**

Fotografía 4. Afloramiento 3. Piroclasto de toba aglomerática.



Fuente: El Autor.

Tabla 16. Características del afloramiento 3.

Coordenadas UTM WGS84	X = 684031.085 Y = 9571246.729 Z= 2674.521 m s.n.m.
Ubicación	Dispersa en toda la zona de estudio.
Diámetro	1.2 metros.
Granulometría	Masiva fina.
Descripción Litológica	Piroclasto de toba aglomerática, masiva de color verde oscuro con alto grado de meteorización, con fractura granular irregular, textura poco áspera y con resistencia a la rotura alta a media.

Fuente: El Autor.

En el análisis mineralógico – petrográfico, se encontró los siguientes minerales: **(ver anexo 5, análisis mineralógico – petrográfico de la muestra 3).**

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 17. Minerales y porcentaje de la muestra 3.

Minerales	Porcentaje
Cuarzo	30 – 40 %
Estauroalitas	10 – 15 %
Limonitas	10 – 15 %
Olivinos	5 – 10 %
Sillimanitas	5 – 10 %
Anfíboles	5 – 10 %
Fragmentos de roca	5 – 10 %
Pirita y magnéticos	< 1 %
Tipo de Roca	Piroclasto de toba aglomerática.

Fuente: El Autor.

Descripción Técnica: Los piroclastos de toba aglomerática son verde oscuro, de grano fino con alto grado de meteorización; en la zona se encuentran 25 piroclastos de estas características con un diámetro que va de 0.75 a 1.5 metros. Este tipo de roca se encuentra dispersa en todo el sector de estudio, su formación está relacionada con los procesos volcánicos, por la deposición de aglomerados durante las erupciones piroclásticas, su velocidad de enfriamiento es más rápida que en el caso de rocas intrusivas como el granito y con una menor concentración en cristales, mineralógicamente está constituida en su mayoría por cuarzo y en menores cantidades estauroalitas, limonitas, olivinos, sillimanitas, anfíboles, fragmentos de roca, pirita y mangéticos.

➤ **Socavón Abandonado**

Cerca de la zona de captación se encuentran tres socavones abandonados, en donde se extraía material aurífero artesanalmente, se evidencia la presencia de andesitas mineralizadas de la Formación Sacapalca, la longitud de los socavones no se pudo medir por el acceso difícil y porque se encuentran obstruidos por material derrumbado. Los socavones se encuentran en las siguientes coordenadas:

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 18. Ubicación de Socavones.

Estructura	Coordenadas Geográficas Datum WGS 84				
	X	Y	Z	Acimut	Rumbo
Socavón 1	683902.088	9571185.47	2688 m s.n.m.	315°	N 45° W
Socavón 2	684005.505	9571287.444	2676 m s.n.m.	294°	N 66° W
Socavón 3	684049.758	9571219.141	2673 m s.n.m.	305°	N 55° W

Fuente: El Autor.

Fotografía 5. Socavón.



Fuente: El Autor.

➤ **Deslizamiento**

Cerca de la captación se encuentra un deslizamiento traslacional de rocas y suelos, más adelante será caracterizado con sus medidas morfométricas y se le calculará el factor de seguridad con sus respectivas medidas de estabilización. El deslizamiento se encuentra en las siguientes coordenadas:

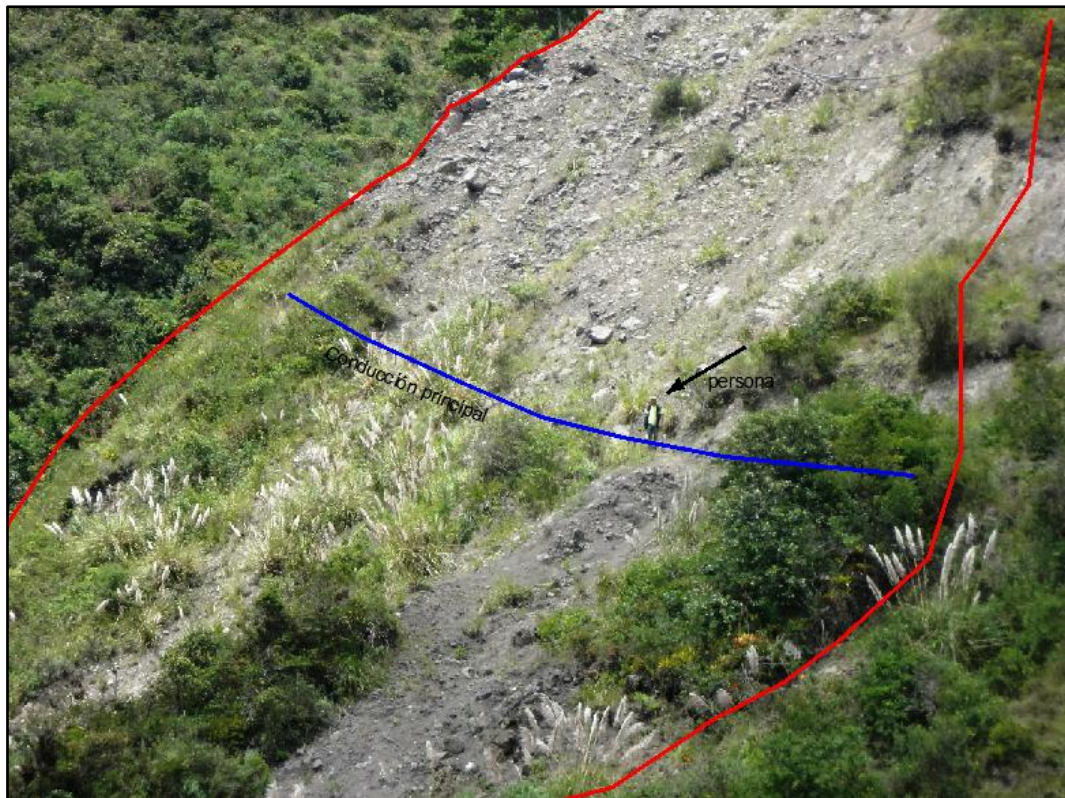
Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

X: 683917.233

Y: 9571181.227

Z: 2675 m s.n.m.

Fotografía 6. Deslizamiento.



Fuente: El Autor.

El movimiento presenta rocas andesitas fracturadas con alto grado de meteorización, las andesitas son de color verde grisáceo con fractura irregular y textura áspera, además la presencia de arcilla - limosa depositada sobre la roca andesita, la misma pertenece a la Formación Sacapalca.

Con todos los afloramientos y datos descritos anteriormente, se procedió a elaborar el **mapa geológico – estructural, ver anexo 6**, además se realizó cinco cortes geológicos por donde se pretende pasarán las líneas de conducción, los cortes tienen dirección Oeste – Este con las siguientes características:

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Línea de conducción principal (**ver anexo 6.1, corte geológico A – A 0**), pasa por un deslizamiento traslacional de rocas y suelos, rocas andesitas de la Formación Sacapalca y arcilla - limosa con alto grado de meteorización.

Línea de conducción secundaria uno (**ver anexo 6.1, corte geológico A 0 – A 1**), pasa por rocas meteorizadas, arcilla – limosa y por andesitas fracturadas de la Formación Sacapalca.

Línea de conducción secundaria dos (**ver anexo 6.2, corte geológico A 0 – A 2**), pasa por roca andesita de la Formación Sacapalca, luego por arcilla - limosa y nuevamente por rocas andesitas.

Línea de conducción secundaria tres (**ver anexo 6.2, corte geológico A 0 – A 3**), pasa por roca andesita, luego por arcilla - limosa, nuevamente por roca andesita y arcilla - limosa, y finalmente por roca andesita de la Formación Sacapalca.

Línea de conducción secundaria cuatro (**ver anexo 6.3, corte geológico A 0 – A 4**), pasa en su mayor recorrido por roca andesita y luego por roca arcilla - limosa con alto grado de meteorización.

Según las características geológicas del sector de estudio, los tramos de las líneas de conducción que pasan por roca andesita, no presentarán inconvenientes por las características físico-químicas de la andesita, más bien los tramos de las líneas de conducción que cruzan por roca arcillosa - limosa pueden presentar dificultades por las características físico-químicas de la arcilla; se debe tener muy presente el tipo de roca al momento de la construcción de las líneas de conducción.

6.1.7. Geomorfología

El sector de estudio según el mapa geomorfológico a escala 1:50.000 del año 2011 elaborado por Instituto Geográfico Militar y corroboración de campo con la topografía realizada, presenta: colinas medianas, relieve escarpado y vertientes irregulares.

La geomorfología del sector está constituida por formas de desgaste o erosión, representadas por la estructura de la Sierra Volcánica; estas formas se encuentran en una

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

etapa de madurez ya que sus rasgos constructivos iniciales han sido en su mayor parte erosionados bajo un clima típico.

El modelado de la superficie es muy irregular y lo conforman principalmente vertientes, colinas medianas y relieves escarpados con diversos grados de pendientes, sobre las cuales se han desarrollado suelos provenientes de depósitos volcánicos (andesita) en avanzado estado de meteorización (arcilla – limosa).

El relieve general del área es bastante irregular, con colinas medianas y presenta escarpados de gran pendiente, zonas de poca ondulación y vertientes irregulares.

En las áreas más accidentadas y altas, el escurrimiento superficial manifiesta un lento movimiento de agua, en época lluviosa o bajo condiciones de sobre riego, pero no constituye un problema crítico. Por otra parte la quebrada Dur Dur que atraviesa el Proyecto ayuda a eliminar cualquier exceso de agua en la época lluviosa.

Geomorfológicamente la mayor parte del Proyecto, está ocupado por colinas medianas con un 47.2%, con 44.7% se encuentran vertientes irregulares y con 8.1% se encuentran relieves escarpados.

Tabla 19. Geomorfología del Proyecto.

Geomorfología	Área (ha)	Porcentaje (%)	Cota (m s.n.m.)
Colinas medianas	24.5	47.2	2395 – 2480
Vertientes irregulares	23.2	44.7	2480 – 2655
Relieve escarpado	4.2	8.1	2655 – 2725
Total	51.9	100	

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

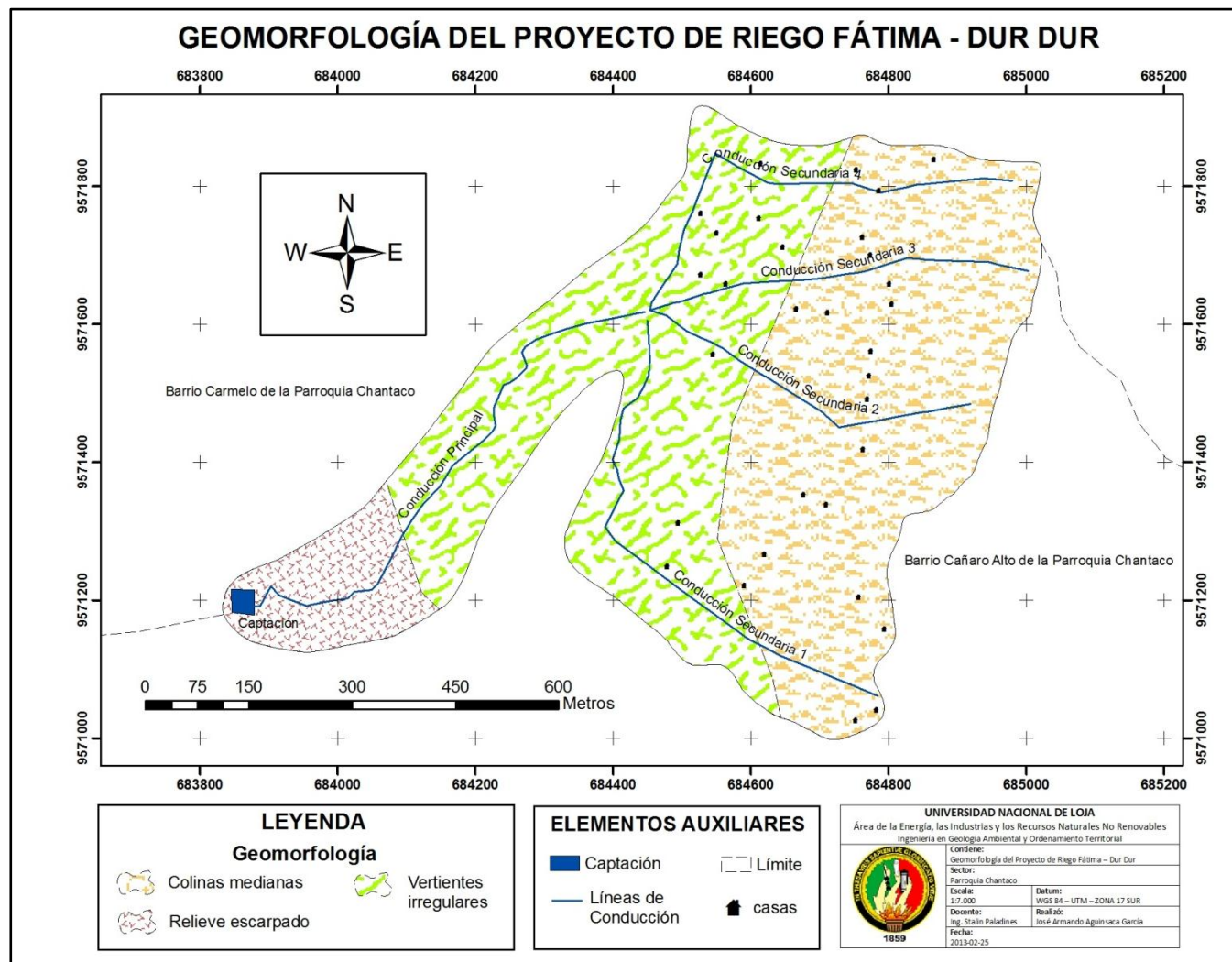


Fig. 3. Mapa Geomorfológico del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: I.G.M. Mapa Geomorfológico, escala 1:50.000, año 2011.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.1.8. Tectónica

El Ecuador se encuentra ubicado dentro del Cinturón Circumpacífico, bien conocido por sus peculiaridades en cuanto a la actividad tectónica, sísmica y volcánica.

Según Johnson P. 1976, el marco geotécnico está controlado por el choque de las placas de Nazca y Suramérica, complicado por la cercanía de la placa Cocos, la zona de expansión de Las Galápagos y el aporte friccionante y el efecto de la "boya" inducido por la introducción de la Cordillera Submarina de Carnegie. El inicio probable de la subducción de esta cordillera data de alrededor de 2 a 3 millones de años y ha ocurrido a un ritmo promedio de alrededor de 5 cm/año.

El proceso de subducción permite explicar los fenómenos sismo - tectónicos que se producen en el Ecuador. La subducción de la placa oceánica Nazca bajo la placa continental América del Sur, es la causante de la evolución tectónica neógena y cuaternaria de los Andes septentrionales.

El resultado de este complejo sistema de subducción, ha sido primeramente la generación y desarrollo de la actual Cordillera de los Andes y sus componentes de fallamiento, sismicidad y vulcanismo.

Los estados de esfuerzos compresionales, resultantes de la subducción y el empuje de ambas placas, han generado complejos sistemas de fallamiento inverso y desplazamiento de rumbo, al tiempo que la boyancia de la Cresta de Carnegie y las componentes secundarias del estado de esfuerzos, han desarrollado cabalgamientos normales. Los rasgos fisiográficos que resultan de este proceso se enmarcan en la presencia de una fosa tectónica de dirección aproximada Norte – Sur localizada costa afuera, la formación de una cuenca de ante - arco (región costera), el desarrollo de los Andes formados por las cordilleras Occidental y Real, y la cuenca de tras - arco en la región oriental.

La subducción de la placa Nazca origina una zona de alta sismicidad (Zona de Beni off) inclinada hacia el Este, formando un ángulo de 35° en dirección N35°E, deducido a partir del estudio de mecanismos focales y la distribución de los hipocentros de los sismos.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

La geometría de la zona de subducción en los Andes septentrionales del Ecuador, difiere de aquella de los Andes meridionales, donde tiene un ángulo menor, una sismicidad menos intensa y ausencia de volcanismo cuaternario.

La Cuenca de la Parroquia Chantaco según el Plan de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la cuenca Catamayo – Chira (2011), forma parte de las cuencas intramontañosas neógenas de la zona Sur del corredor Interandino de Ecuador, próxima a la divisoria de aguas entre los océanos Atlántico y Pacífico. Está rellena por rocas esencialmente detríticas de edad Mioceno Medio y Superior discordantes sobre el basamento de composición dominante con un alto estructural que separa dos subcuencas para justificar las diferencias entre las series. El relleno sedimentario se inició con depósitos fluviales, detríticos y lacustres y depósitos volcánicos de roca andesita con piroclastos de toba aglomerática dispersa.

6.1.9. Geología Estructural

Para la descripción de la Geología Estructural del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur, se procedió analizar la Carta Geológica de Loja a escala 1:100.000, a partir de los límites del Proyecto y con un radio de 10 kilómetros a la redonda (ver figura 4), el sector de estudio se encuentra dentro del graben Catamayo - Cariamanga – Huancabamba, es importante destacar que rocas de la Formación Sacapalca de edad Paleocénica son las que predominan el área de estudio. Hacia el Sureste se extienden las rocas de la Formación Loma Blanca y al Este se encuentran rocas metamórficas de la Formación Chiguinda. Además una gran extensión de material vulcano sedimentarios cubre el centro de la cuenca, característicos de la Formación Gonzanamá.

La Formación Sacapalca regionalmente no continua al Norte del Ecuador, pero si es característica para los Andes Centrales. Esta misma Formación aflora también al Norte del Perú y se la conoce en ese país como la Formación Llama que forma parte del cinturón volcanogénico de Calipuy en el Perú.

A 10 kilómetros a la redonda y dentro del límite del Proyecto, se encuentran las siguientes estructuras geológicas:

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- **Hundimiento:** Se encuentra al Norte del Proyecto y está constituido de roca andesita de la Formación Sacapalca, es un movimiento de la superficie terrestre en el que predomina el sentido vertical descendente y que tiene lugar en áreas anticlinales o de muy baja pendiente. Este movimiento puede ser inducido por distintas causas y se puede desarrollar con velocidades muy rápidas o muy lentas según sea el mecanismo que da lugar a tal inestabilidad, dentro de las causas para que se genere los hundimientos son: la respuesta de los materiales geológicos ante los esfuerzos tectónicos, las variaciones en el nivel freático o en el estado de humedad del suelo.
- **Superficie Estructural Suave:** Se encuentran 2 superficies estructurales suaves, una al Norte y otra al Sur del Proyecto, esta superficie estructural está relacionada a procesos de erosión en pendientes menores a 25°, la erosión se presenta tanto por agentes físicos como químicos.
- **Superficie Estructural Mediana:** Se encuentran 4 superficies estructurales medianas en la zona, 1 al Norte del Proyecto y las 3 al Sur, estas estructuras están relacionadas a procesos de erosión y denudación en pendiente de 25° a 50°, el material que está constituyendo las estructuras es roca andesita de la Formación Sacapalca.
- **Buzamiento Suave:** Al Este se encuentra un buzamiento suave de roca andesita perteneciente a la Formación Sacapalca, este buzamiento es menor a 25° y generalmente están relacionados a procesos tectónicos o procesos de subducción.
- **Contacto:** Se encuentran 8 contactos al Noroeste del Proyecto, los contactos son entre roca andesita de la Formación Sacapalca y roca granodiorita del Intrusivo de Santiago.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

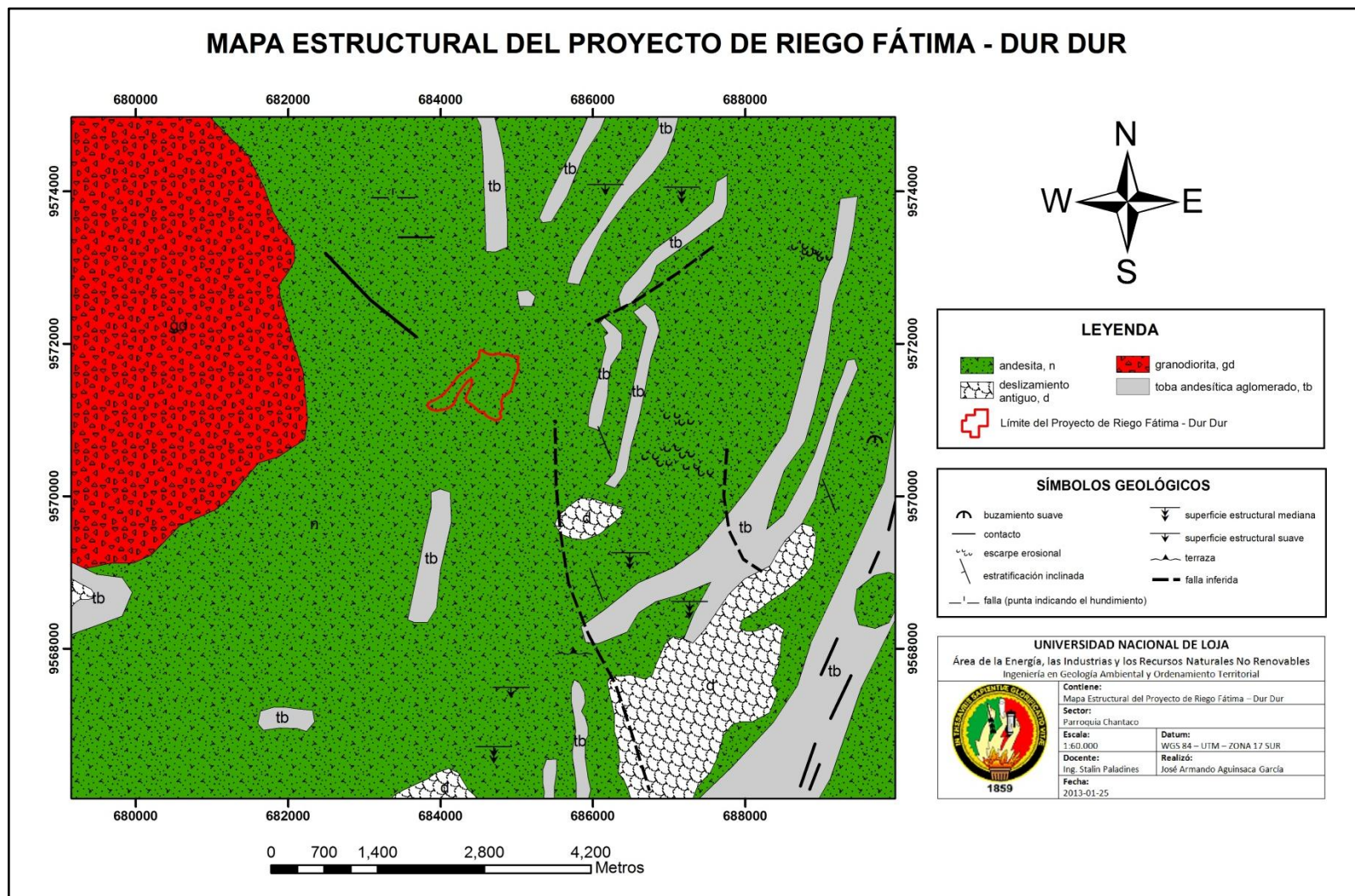


Fig. 4. Mapa Estructural del Proyecto de Riego Fátima - Dur Dur.

Fuente: El Autor a partir de la Carta Geológica de Loja, escala 1:100.000, año 1975.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- **Escarpe Erosional:** Existen 6 escarpes erosionales distribuidos en diferentes zonas, los escarpes están relacionados a roca que corta el terreno abruptamente. La pendiente es mayor a 45°, aunque sea solamente una parte del escarpe. A veces adopta la forma de una cornisa por el proceso de erosión, aunque conservando una altitud sensiblemente constante.
- **Estratificación Inclinada:** Se encuentran 3 estratificaciones de toba andesítica, aunque los procesos de estratificación están relacionados a rocas sedimentarias, también existe la posibilidad que se presentes en rocas ígneas debido a las erupciones volcánicas, tanto en la forma de coladas de lava como en los depósitos piroclásticos pueden dar origen a una especie de estratos similares a los sedimentarios pero de origen y naturaleza distintos. Por último, las intrusiones ígneas pueden formar diques o capas interestratificadas que aparecen como si fuera un estrato más, aunque debe de tenerse en cuenta que los diques pueden tener una forma lenticular cuando forman un manto o sill que, cuando llegan a ser bastante abombados suelen llamarse lacolitos.
- **Terraza:** Existe 1 terraza aluvial cerca al límite del proyecto, las terrazas se constituyen en pequeñas plataformas sedimentarias o mesas construidas en un valle fluvial por los propios sedimentos del río que se depositan a los lados del cauce en los lugares en los que la pendiente del mismo se hace menor, con lo que su capacidad de arrastre también se hace menor.
- **Falla Inferida:** Se encuentran 3 fallas inferidas en la zona: la primera ubicada al Norte del Límite del Proyecto con dirección N35°O, corta tobas andesíticas de piroclastos y roca andesita de la Formación Sacapalca, tiene dirección hacia el Proyecto, pero en campo no se ha detectado la misma; la segunda falla se encuentra al Sureste del límite del Proyecto con dirección S15°E, la misma pasa por roca andesita de la Formación Sacapalca y por toba andesítica para finalmente cortar un gran deslizamiento antiguo; la tercera falla es la que tiene mayor longitud se encuentra al Sur del límite del Proyecto con dirección S10°E y pasa por dos deslizamientos antiguos, por tobas y por roca andesita de la Formación Sacapalca. Las fallas inferidas se forman por las fracturas en las rocas de la corteza terrestre, a lo largo de la cual ha habido movimiento de uno

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

de los lados respecto del otro, además por esfuerzos tectónicos actuantes en la corteza, así mismo el fallamiento es uno de los procesos geológicos fundamentales en la formación de montañas.

- **Deslizamiento:** Se encuentran tres deslizamientos antiguos al Sur del límite del Proyecto, este tipo de movimiento en masa es provocado por la inestabilidad de un talud, se produce cuando una gran masa de terreno se convierte en zona inestable y desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno pequeño espesor. Los deslizamientos se producen cuando en la franja se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos.

Cerca de la captación y obstaculizando la conducción principal del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur, se encuentra un deslizamiento de rocas y suelos, en las siguientes coordenadas geográficas:

X: 683917.233

Y: 9571181.227

Z: 2675 m s.n.m.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Fotografía 7. Deslizamiento traslacional de rocas y suelos.



Fuente: El Autor.

El movimiento está caracterizado como deslizamiento traslacional, el estado del movimiento es activo, el estilo del movimiento es único, la distribución es progresiva, la velocidad del movimiento es lenta. El terreno presenta alta humedad debido a que la roca andesita está meteorizada y fracturada, por lo que es mucho más fácil la infiltración de agua a niveles inferiores contribuyendo a la inestabilidad del terreno, la pendiente de la ladera es de 51° y la dirección del

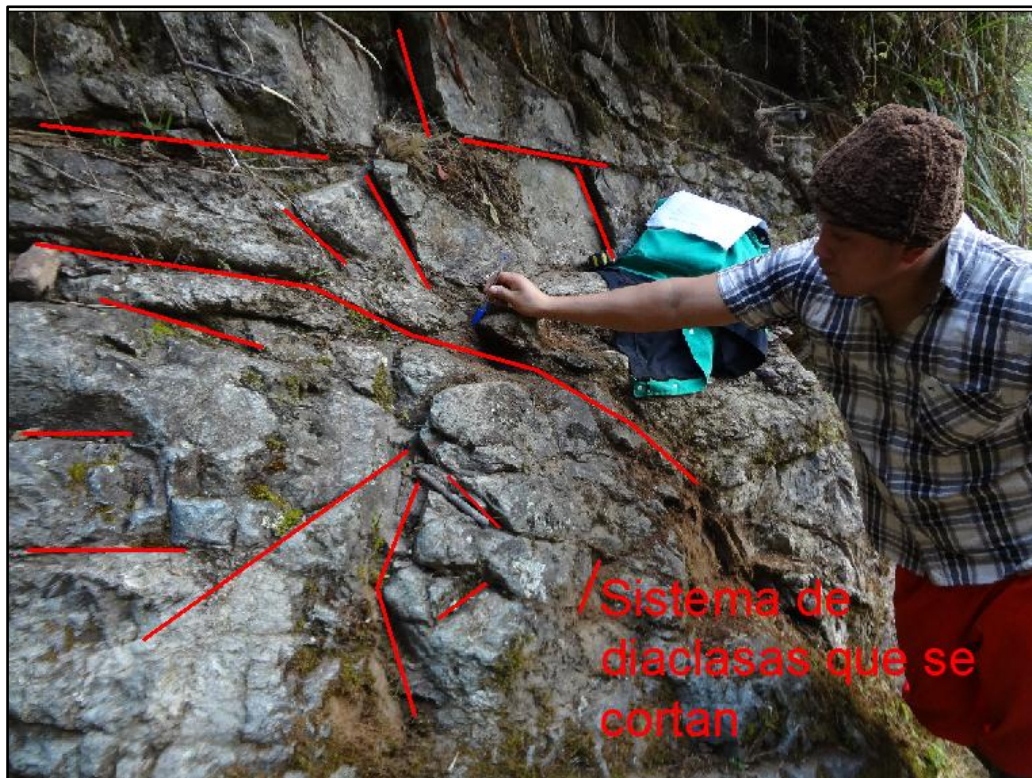
Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

movimiento es de S35°E; al momento el deslizamiento no cuenta con ninguna medida de estabilización.

En cuanto a la litología el movimiento presenta andesitas fracturadas con alto grado de meteorización, las andesitas son de color verde grisáceo con fractura irregular y textura áspera, además la presencia de arcilla - limosa depositada sobre la roca andesita, la misma pertenece a la Formación Sacapalca.

- **Diaclasas:** El macizo rocoso constituido de roca andesita se encuentra diaclasado por un sistema en donde las diaclasas se cortan entre sí, las diaclasas tienen distintas direcciones y buzamientos y, por lo tanto, se cortan en determinados puntos. Su formación está relacionada a procesos tectónicos donde la distensión y compresión son predominantes.

Fotografía 8. Sistema de diaclasas.



Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- **Discordancia Irregular:** En las calicatas realizadas que se muestran en la fotografía 16, se observan discordancias irregulares entre arcilla y andesita; un estrato conformado por 40% de arcilla limosa y 60% de roca andesita, con un espesor de 110 centímetros; la arcilla limosa es de coloración amarillenta, de granulometría fina +/- 1 milímetros y las incrustaciones de roca andesita son de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 10 centímetros y separados por una discordancia irregular se encuentra un estrato formado por 90% de roca andesita y 10% de arcilla limosa; la roca andesita de coloración grisácea, con diámetro aproximado de 40 centímetros, con presencia de fracturas y diaclasas, la arcilla limosa de color amarillento y de granulometría fina +/-1 milímetros.

Descripción	Columna Estratigráfica	Potencia (cm)
Capa vegetal formada por limos, arcilla y humus de color café oscuro.		20
Arcilla limosa de granulometría fina, de coloración amarillenta con incrustaciones de roca andesita de color verdoso grisáceo con diámetro aproximado de 10 cm. Este estrato está conformado por: 40% de roca y 60% de arcilla - limosa		110
Roca andesita de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 40 cm, la roca se encuentra fracturada con presencia de diaclasas. Este estrato está formado por 90% de roca y 10% de arcilla - limosa.		Profundo - no definido

Fig. 5. Discordancia irregular.

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.1.10. Clima e Hidrología

En cuanto al clima, según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), tomando como referencia la estación meteorológica Catamayo, la cual, es la estación más cercana al Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur (**ver anexo 7, temperatura media de la estación meteorológica Catamayo**).

Desde el año 1971 al año 1998, el sector de estudio ha presentado las siguientes temperaturas: en el mes de Enero una temperatura de 24°C, Febrero con 23.7°C, Marzo con 23.9°C, Abril con 23.9°C, Mayo con 24°C, Junio con 24.2°C, Julio con 24.1°C, Agosto con 24.3°C, Septiembre con 24.5°C, Octubre con 24.4°C, Noviembre con 24.4°C y Diciembre con 24.4°C. La temperatura media del Proyecto es de 24.2°C. Se resalta que desde el año 1971 hasta el año de 1998 no han existido diferencias abismales de temperatura, más bien una temperatura regular.

Para la obtención de la precipitación media del sector de estudio, se tomó como referencia las estaciones meteorológicas más cercanas, que son: El Cisne, Catamayo y La Argelia, desde Enero de 1969 hasta Diciembre de 1998 (**ver anexo 8, datos de precipitación**).

Análisis de Precipitaciones (1969-1998)

Las precipitaciones altas se interrelacionan mutuamente con los procesos gravitatorios, específicamente en este caso con los deslizamientos, de tal forma que frecuentemente las lluvias torrenciales son causantes y/o precursoras de los movimientos en masa, ya que aumentan las fuerzas desestabilizadoras y reducen la resistencia del suelo al deslizamiento, en la zona del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur, los meses donde se han producido altas precipitaciones son Enero con 96.52 mm/mes, Febrero con 131.38 mm/mes, Marzo con 150.52 mm/mes, Abril con 91.47 mm/mes y Diciembre con 82.23 mm/mes, por lo que, es esos meses existe la probabilidad que las fuertes lluvias sean detonantes de movimientos en masa. En la figura 6 se muestra los rangos altos y bajos de precipitaciones durante el período Enero de 1969 a Diciembre de 1988.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

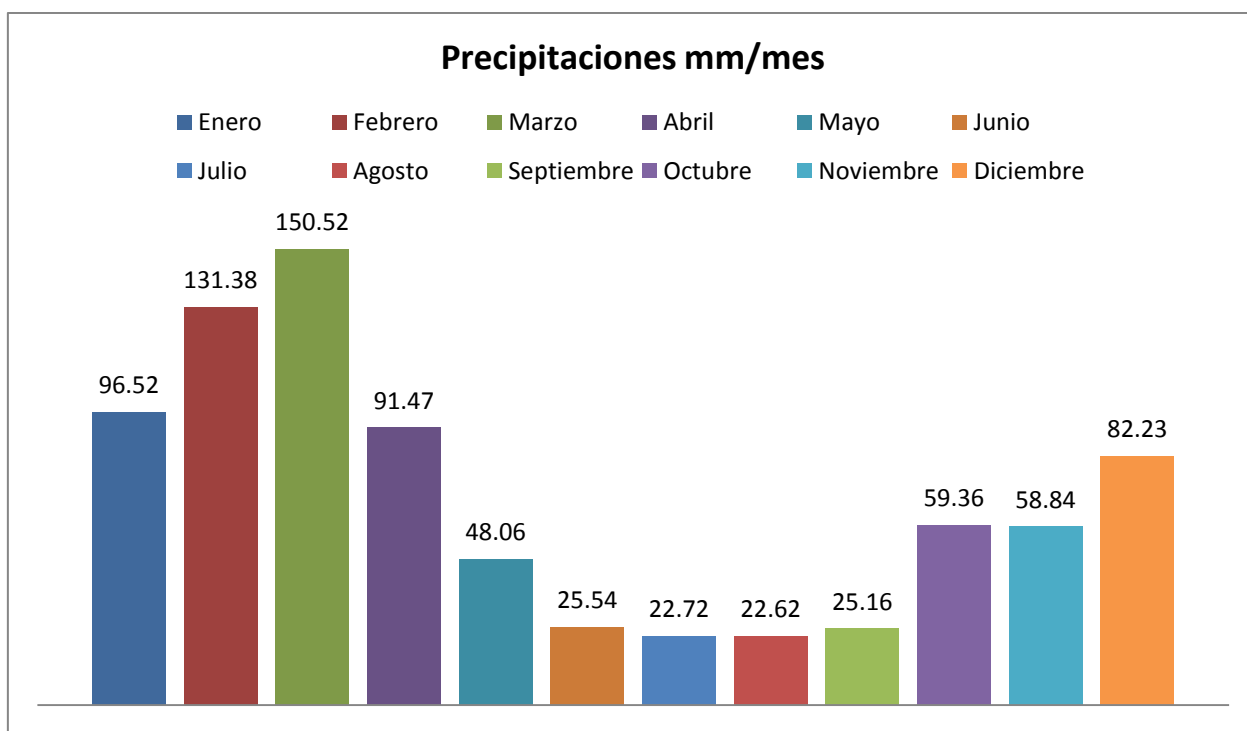


Fig. 6. Precipitación promedio anual desde Enero de 1969 a Diciembre de 1988.

Fuente: El Autor.

Cálculo de la Precipitación Media del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur

Método matemático

A través del método matemático se procedió a calcular la precipitación media del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur, tomando como referencia las precipitaciones medias de las estaciones más cercanas al Proyecto, que son: estación meteorológica La Argelia, estación meteorológica Catamayo, estación meteorológica El Cisne, y este resultado se lo divide para el número de estaciones que en este caso es 3. Cabe señalar que se ha tomado datos de precipitación desde el mes de Enero de 1969 hasta el mes de Diciembre de 1998 de cada una de las estaciones meteorológicas.

$$Pm = \frac{Pm1 + Pm2 + Pm3 + \dots Pmn}{N^{\circ} \text{ estaciones}}$$

$$Pm = \frac{912.7 + 365.3 + 1149.8}{3}$$

$$Pm = 809.27 \text{ mm/año}$$

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Pm1 = Precipitación media de la estación meteorológica La Argelia.

Pm2 = Precipitación media de la estación meteorológica Catamayo.

Pm3 = Precipitación media de la estación meteorológica El Cisne.

Pm = Precipitación media del Proyecto

La precipitación promedio de la zona de estudio es de 809.27 mm/año. Cabe señalar que, por el área de estudio cruza una sola isolínea, por tanto se tomó como valor único la precipitación promedio anual desde Enero de 1969 a Diciembre de 1988. En la figura 7 se muestra el Mapa de Isoyetas del Proyecto.

En cuanto a la hidrografía, por la zona de estudio y donde se encuentra la captación pasa la quebrada Fátima – Dur Dur, está quebrada es afluente del río Chantaco, que a su vez desemboca en el río Catamayo, la quebrada Fátima – Dur Dur, proveerá del líquido para el regadío de la zonas que se encuentran en este Proyecto. Según la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) – Agencia Loja 2011, el caudal de la quebrada es de 8 litros/segundo. En la figura 8, se muestra la hidrografía del Proyecto.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

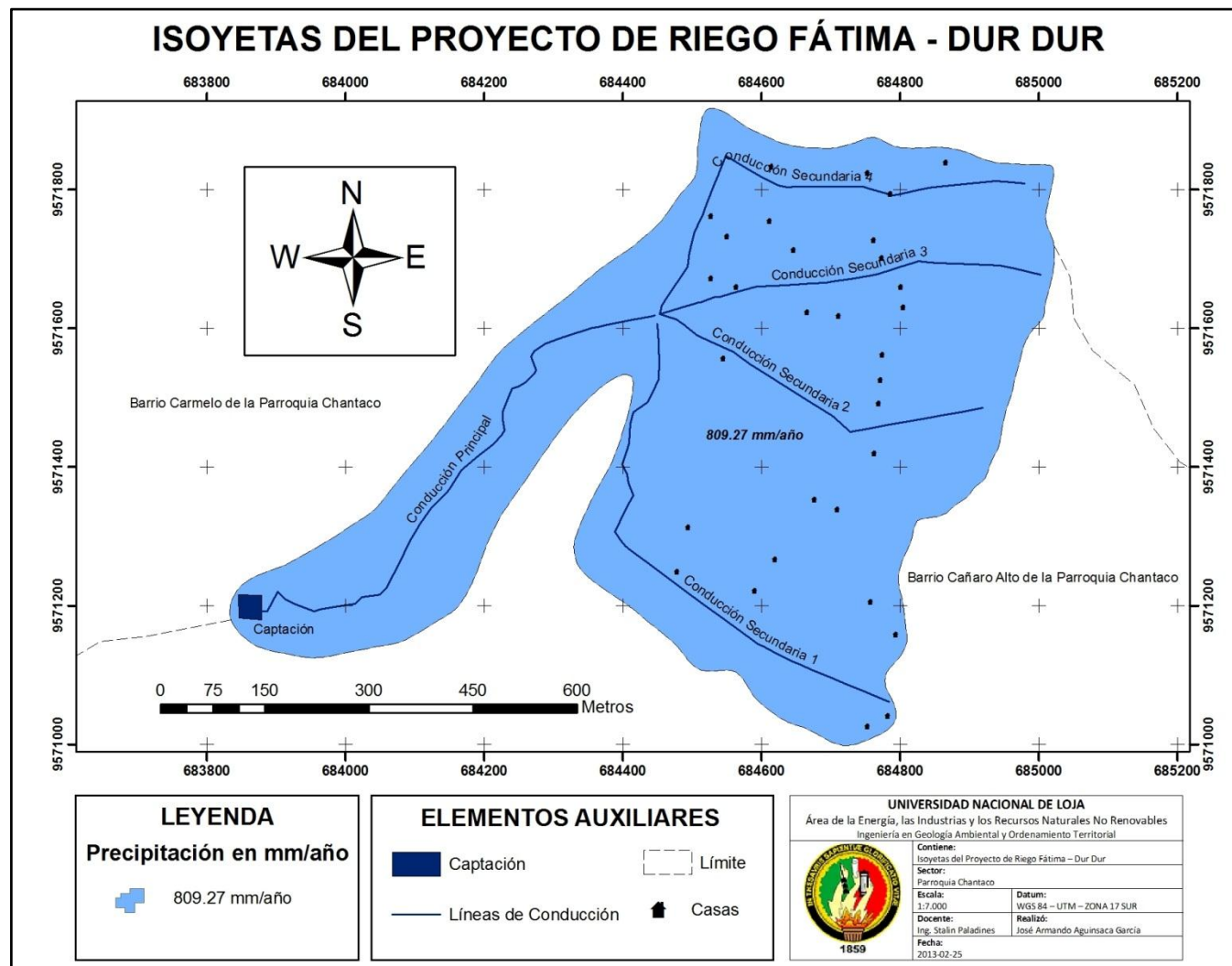


Fig. 7. Isoyetas del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: El Autor a partir de las estaciones meteorológicas de Catamayo, El Cisne y Loja, año 1969-1988.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

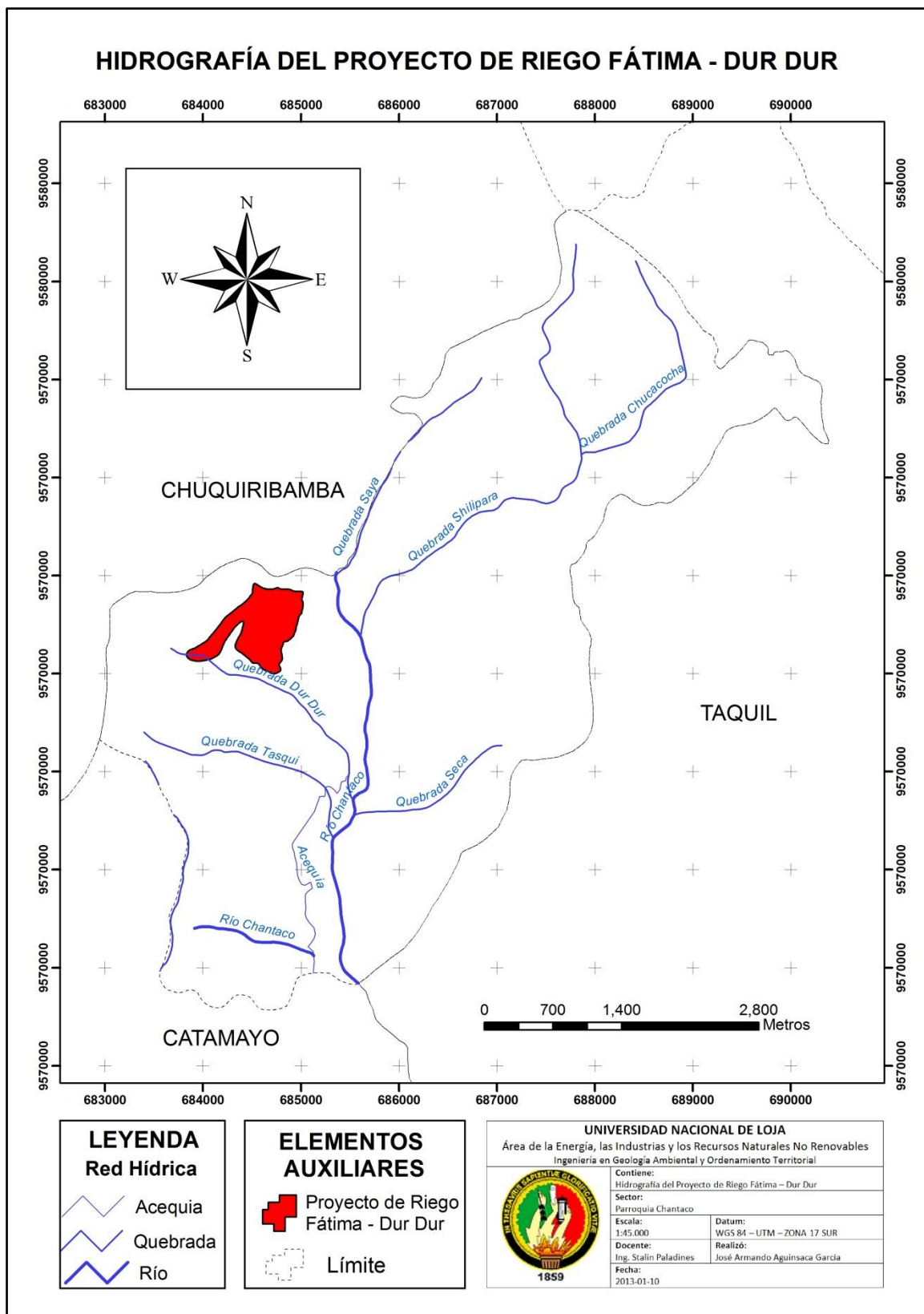


Fig. 8. Mapa Hidrográfico del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: El Autor a partir de Información del I.G.M. Mapa Hidrográfico escala 1:50.000, año 2011.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.1.11. Infraestructuras Presentes

En el sector de estudio, se encuentran 31 casas dispersas por toda la zona, las mismas son de características antiguas, la mayoría se encuentra en mal estado, estructuralmente son construidas de: bareque, roca, hormigón, madera, mixtas, tapia; cabe indicar que son materiales sumamente económicos y son construidas por los mismos propietarios. Los techos de las viviendas en su mayoría son construidos de madera y teja por su resistencia al frío y calor, las condiciones de los techos está en un porcentaje mínimo en buenas condiciones y en su mayoría en condiciones regulares, esto se agrava en temporadas de invierno ya que el agua de lluvia entra a las habitaciones dañando la infraestructura de las viviendas. En cuanto al piso de las viviendas, están construidos de tabla rústica sin tratar y de arcilla compactada, el estado del piso en la mayoría de viviendas es malo.

Fotografía 9. Viviendas de adobe.



Fuente: El Autor.

Además, se encuentra en la zona una línea de conducción principal de agua para riego, construida de hormigón, como se muestra en la fotografía 10, la misma llega hasta el

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

punto de división de ramales recorriendo 0.84 km; este canal se encuentra deshabilitado por un deslizamiento de rocas y suelos. Las dimensiones de la línea de conducción principal se observan en la figura 9.

Fotografía 10. Línea de conducción principal.



Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

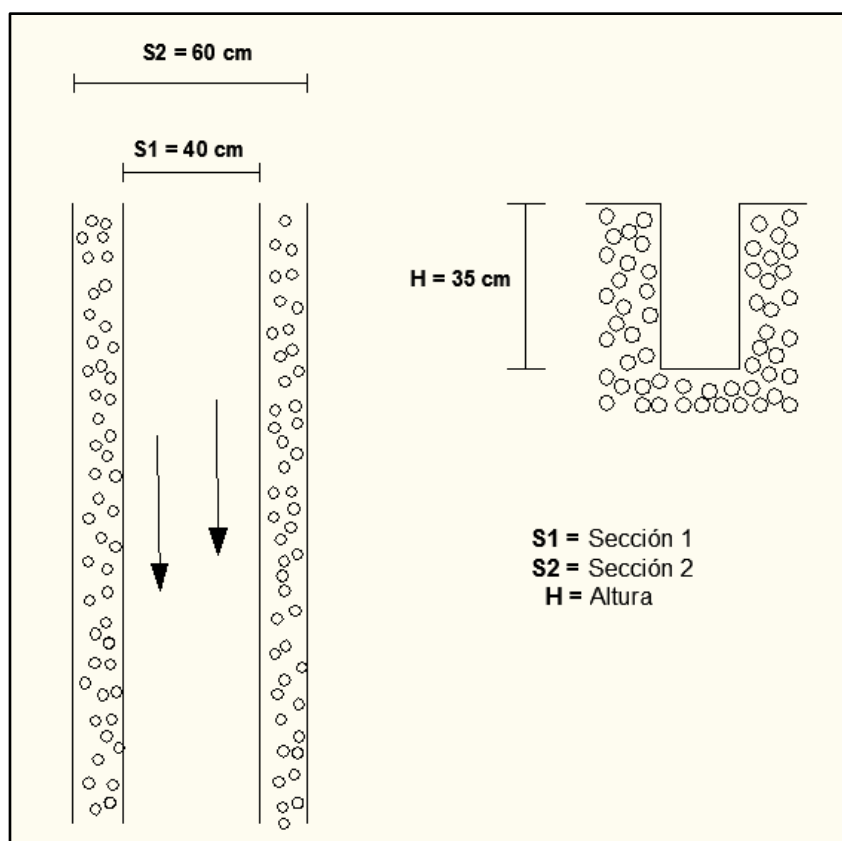


Fig. 9. Dimensiones de la línea de conducción principal.

Fuente: El Autor.

6.1.12. Suelos

Se destacan en la zona de estudio los suelos pedregosos por la presencia de roca andesita meteorizada y suelos areno – arcillosos producto de la meteorización de rocas volcánicas del sector, la profundidad no es la misma en todas partes, un promedio de 20 a 30 centímetros de capa arable.

6.1.12.1. Uso Actual del Suelo

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Chantaco (2011), la variable uso actual del suelo es un aspecto complejo por el carácter dinámico, que resulta de la acción de múltiples factores, algunos de los cuales son de orden físico (aptitud, drenaje, suelo, clima); otros son históricos institucionales (propiedad y tenencia); y otros, de carácter económico (costo de producción, precios, vías de comunicación, entre otros).

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

El suelo en el Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur en su mayoría está dedicado a la agricultura, una mínima parte a la pecuaria, ya que los pastos son muy escasos especialmente en épocas de verano, y una pequeña parte de cobertura vegetal.

El 98% del suelo del sector es pasto cultivado y el 2% del suelo se encuentra cubierto de vegetación arbustiva, principalmente cerca a la captación del Proyecto.

Tabla 20. Uso Actual del Suelo.

Uso Actual del Suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Pasto cultivado	50.9	98
Vegetación arbustiva	1.0	2
Total	51.9	100

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

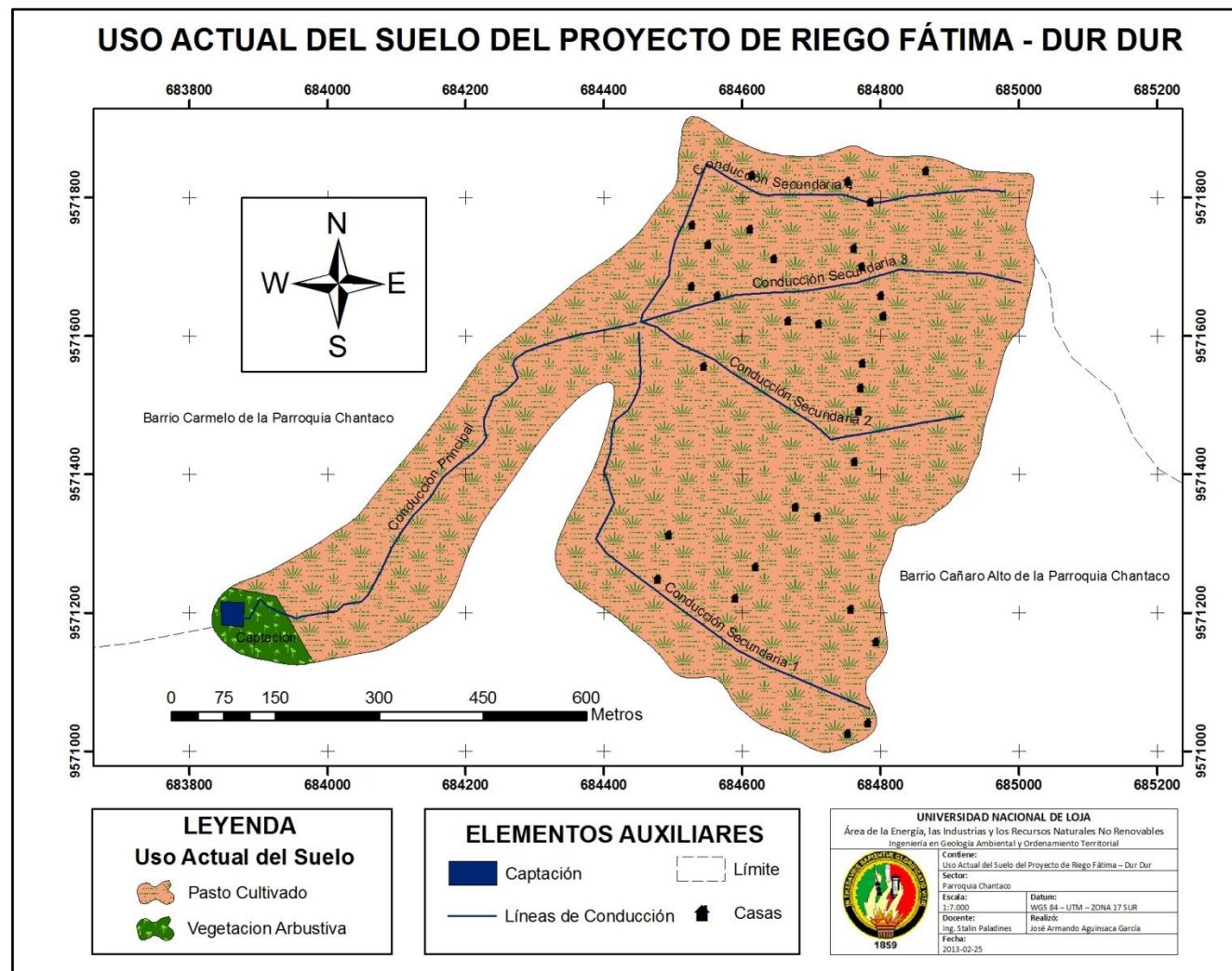


Fig. 10. Uso Actual del Suelo del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: El Autor a partir de Información del I.G.M. Mapa de uso actual de suelo, escala 1:50.000, año 2011.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.1.12.2. Uso Potencial de los Suelos

De acuerdo al mapa de cobertura vegetal, existen dos zonas importantes en el Proyecto de Riego Fátima Dur Dur; siendo una de ellas la zona apta para cultivos con una superficie de 40.3 hectáreas, mientras que la zona de bosques ocupa un área de 11.6 hectáreas.

Tabla 21. Cobertura Vegetal.

Cobertura Vegetal	Área (ha)	Porcentaje (%)
Cultivos	40.3	77.64
Bosque	11.6	22.36
Total	51.9	100

Fuente: El Autor.

La zona apta para cultivos se destaca por la siembra de: maíz, frejol, yuca, frutales tropicales, caña y pastizal para ganado, estos terrenos de relieve plano a ligeramente onduladas son idóneos para la agricultura y es necesario un buen manejo y conservación de suelos ligadas al control de la erosión, sembrando en fajas o surcos en contorno, rotación de cultivos e incremento de la fertilidad, en razón de que incluyen suelos profundos de textura variable con presencia de arcillas y rocas.

Con la ejecución de este Proyecto se generará un avance de la frontera agrícola, con un sinnúmero de actividades productivas como la asociación de pasto más plantaciones, cultivos de ciclo corto y perenne. Además es conveniente definir, realizar políticas y estrategias a corto y mediano plazo e incentivar su implementación en la búsqueda del ordenamiento apropiado de la producción agropecuaria y forestal de manera urgente.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

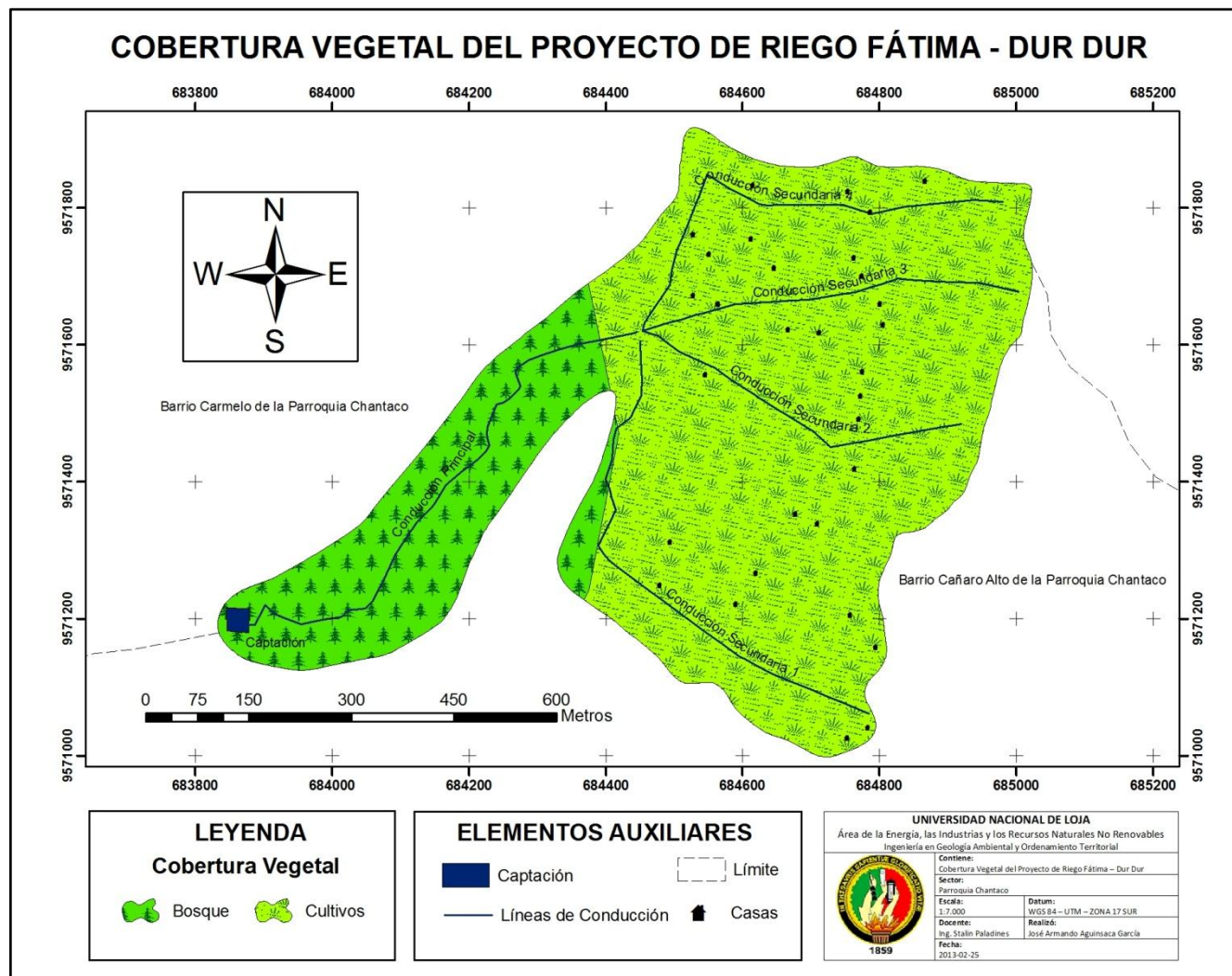


Fig. 11. Cobertura Vegetal del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: El Autor a partir de Información del I.G.M. Mapa de cobertura vegetal, escala 1:50.000, año 2011.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.1.13. Capacidad Productiva de la Tierra y Pendientes

Para obtener la producción máxima del suelo sin causar su deterioro, es necesario tomar en cuenta características de la composición y naturaleza del suelo (profundidad efectiva, estructura, disponibilidad de agua y permeabilidad, entre otras) para determinar sus potencialidades y limitaciones. En este contexto una de las grandes fortalezas que tienen estas tierras es la diversidad de productos que se adaptan a la zona, como verduras, hortalizas, frutas, gramíneas, leguminosas, plantas medicinales, plantas culinarias, entre otras.

La siembra la realizan personas que han desarrollado sus destrezas de legados tiempos, por experiencia propia, pero sin ningún tipo de asesoramiento. La gente que habita esta zona realiza actividades agropecuarias con mucho tino, es por eso que los productos como el maíz, frejol, arveja, se siembra en temporadas de invierno para aprovechar las lluvias y esta actividad por lo general lo hacen en las partes altas.

Los productos de ciclo corto como las hortalizas y legumbres son constantes durante todo el año, esta actividad por lo general lo hace bajo riego. Los productos que sacan a la venta en quintales son: la arveja, frejol, papa, remolacha, zanahoria, cabe destacar que estos productos son los que representa mayor producción.

El problema está relacionado al traslado de los productos al mercado, siendo la ciudad de Loja el sector de comercialización, ya que no poseen un mercado estable y se hace muy dificultoso vender todo, es por eso que los intermediarios son los más beneficiados de todo este proceso; siendo ellos quienes compran al por mayor y a menor precio.

Es necesario tecnificar los procesos de producción para incrementar los ingresos económicos de los agricultores, este nivel de tecnología de la producción incluye el uso de fertilizantes químicos, implementos agrícolas de tracción mecánica, semillas mejoradas, insecticidas y prácticas modernas de cultivo. Con esto se espera que un número grande de finqueros puedan aplicar un nivel de tecnología, mejorando la producción.

Considerando que una pendiente es un declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal. Los procesos de modelado del terreno dependen de la inclinación de éstas y

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

una pendiente límite a partir de la cual se superan las fuerzas de rozamiento que retienen a los materiales sueltos. Tras un largo proceso de modelado, una zona puede tener una pendiente de equilibrio cuya inclinación ya no cambiará sensiblemente mientras duren las mismas condiciones climáticas y biológicas.

En cuanto a las pendientes, se destacan los siguientes rangos:

- Pendiente ente 12° - 25°, ocupa una superficie de 24.4 hectáreas, predominando las formas onduladas del terreno, en esta zona se encuentran las parcelas de regado del Proyecto, la misma es idónea para la agricultura y asentamientos humanos desde el punto de vista topográfico.
- Pendiente entre 50° - 70°, ocupa una superficie de 4.3 hectáreas, en esta zona se destacan las formas escarpadas del terreno, generalmente son utilizados para la ganadería y siembra de árboles frutales.
- Pendiente >70°, ocupa una superficie de 23.2 hectáreas, predominando el relieve montañoso, esta zona es utilizada para la ganadería y también se encuentra cubierta de bosque.

Tabla 22. Pendientes.

Pendiente	Área (ha)	Porcentaje (%)	Grado de inclinación
Ondulado	24.4	47.01	12° - 25°
Escarpado	4.3	8.3	50° - 70°
Montañoso	23.2	44.69	>70°
Total	51.9	100	

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

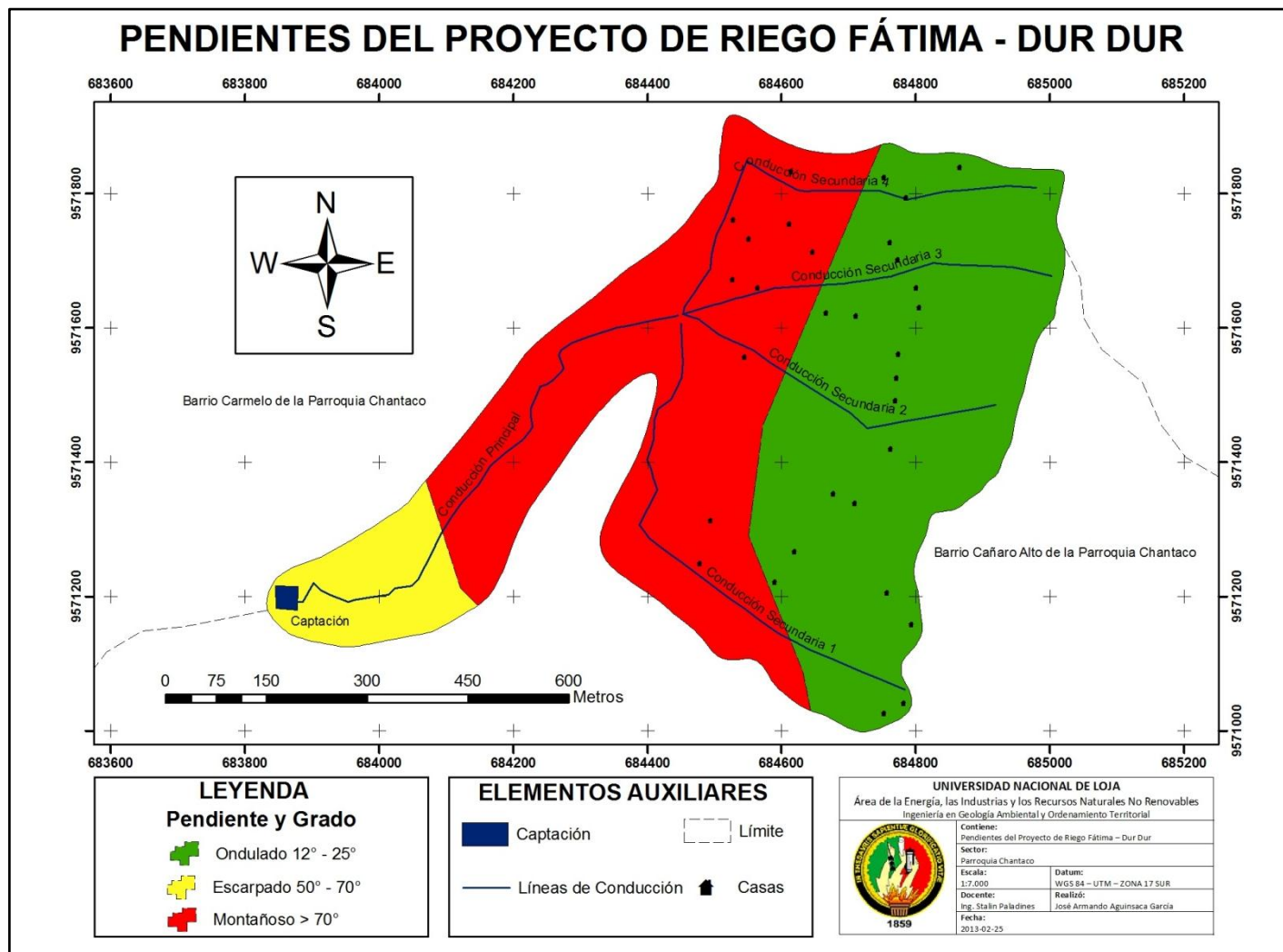


Fig. 12. Pendientes del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: El Autor a partir de levantamiento topográfico, escala 1:1.000, año 2013.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.2. ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

6.2.1. Fotointerpretación

Con la Fotografía aérea del Cantón Loja, facilitada por el Departamento de Planificación del Ilustre Municipio de Loja, se procedió a identificar la ubicación exacta y diferentes características del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur, cabe resaltar que la foto aérea es del año 2004 a escala 1 :10.000.

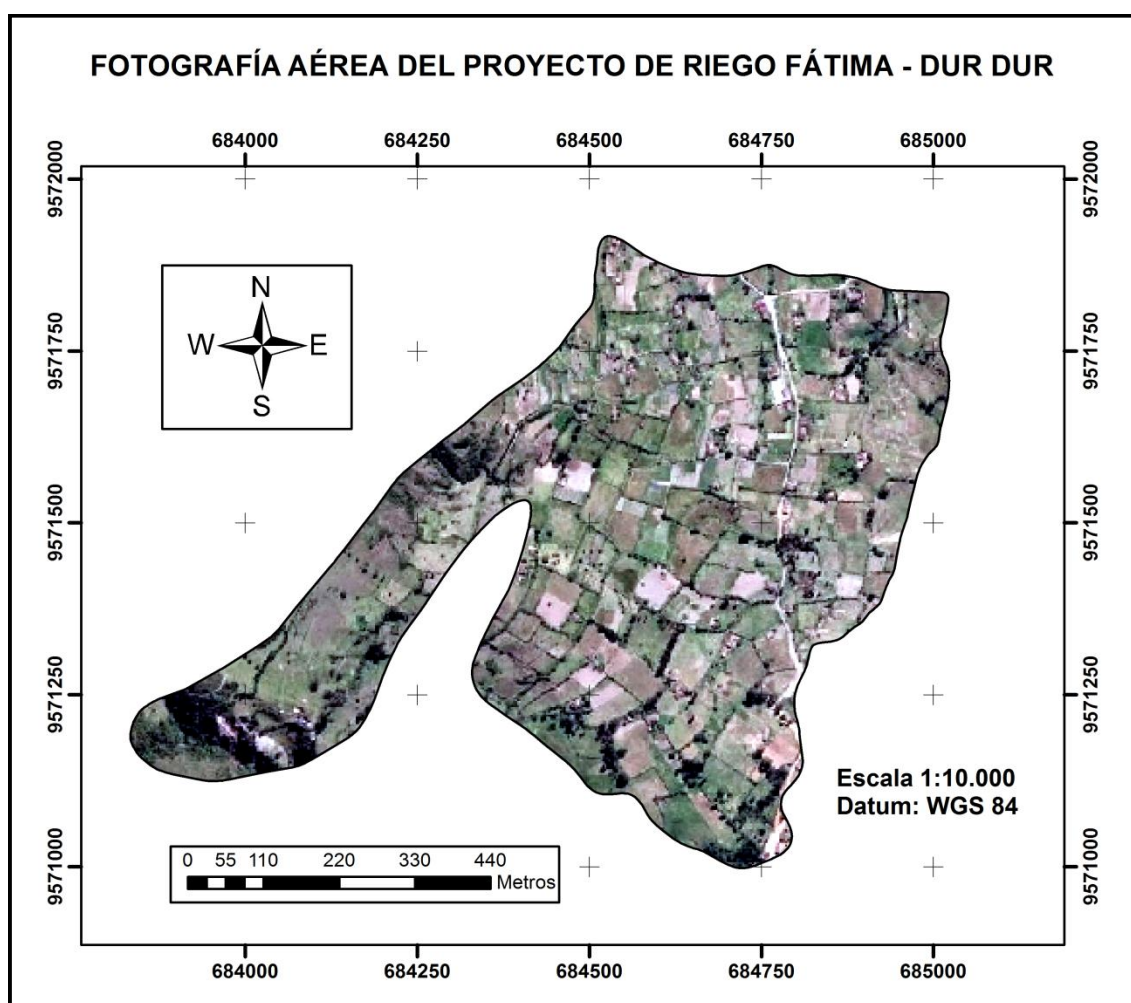


Fig. 13. Fotografía aérea del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: Ilustre Municipio de Loja, foto aérea escala 1:10.000, año 2004.

Lo primero que se identificó fue la superficie de regado abarcando un área de 36.74 hectáreas, destinada a la producción agrícola, luego se reconoció la única vía del Proyecto denominada vía Fátima, además se determinó que la quebrada Dur Dur tiene dirección de flujo Noroeste – Sureste, la misma será la que proveerá del líquido vital

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

para el regadío de las parcelas y finalmente se calculó el área total del Proyecto dando como resultado 51.9 hectáreas.

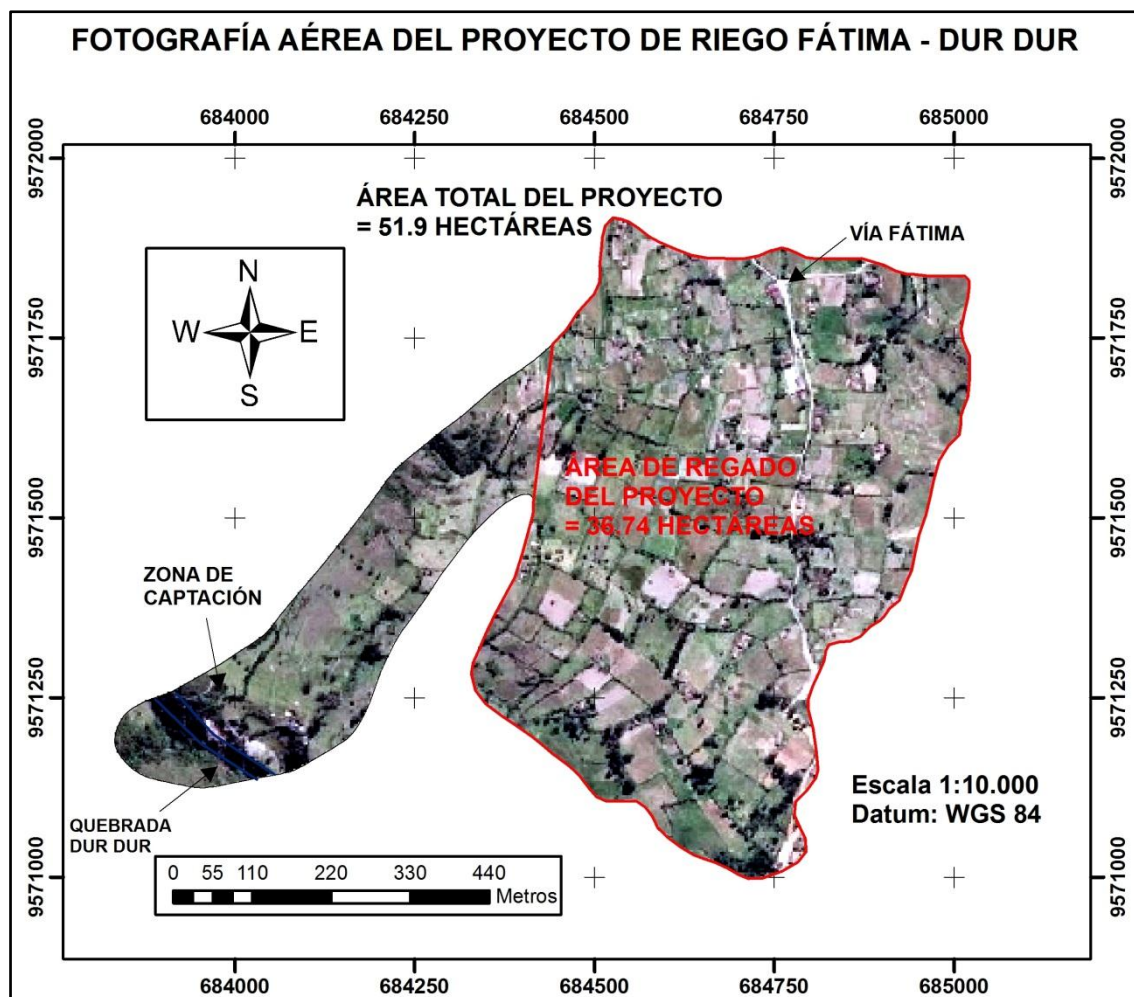


Fig. 14. Área total y área de regado del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: Ilustre Municipio de Loja, foto aérea escala 1:10.000, año 2004.

Posterior se identificó dos zonas en el Proyecto: una zona dedicada a la agricultura abarcando un área de 36.74 hectáreas, la misma se destaca por tener colinas medianas a onduladas y otra zona dedicada a la cría de ganado caracterizada por relieves montañosos y escarpados ocupando un área de 15.16 hectáreas, en la figura 15 se observa las zonas antes mencionadas.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

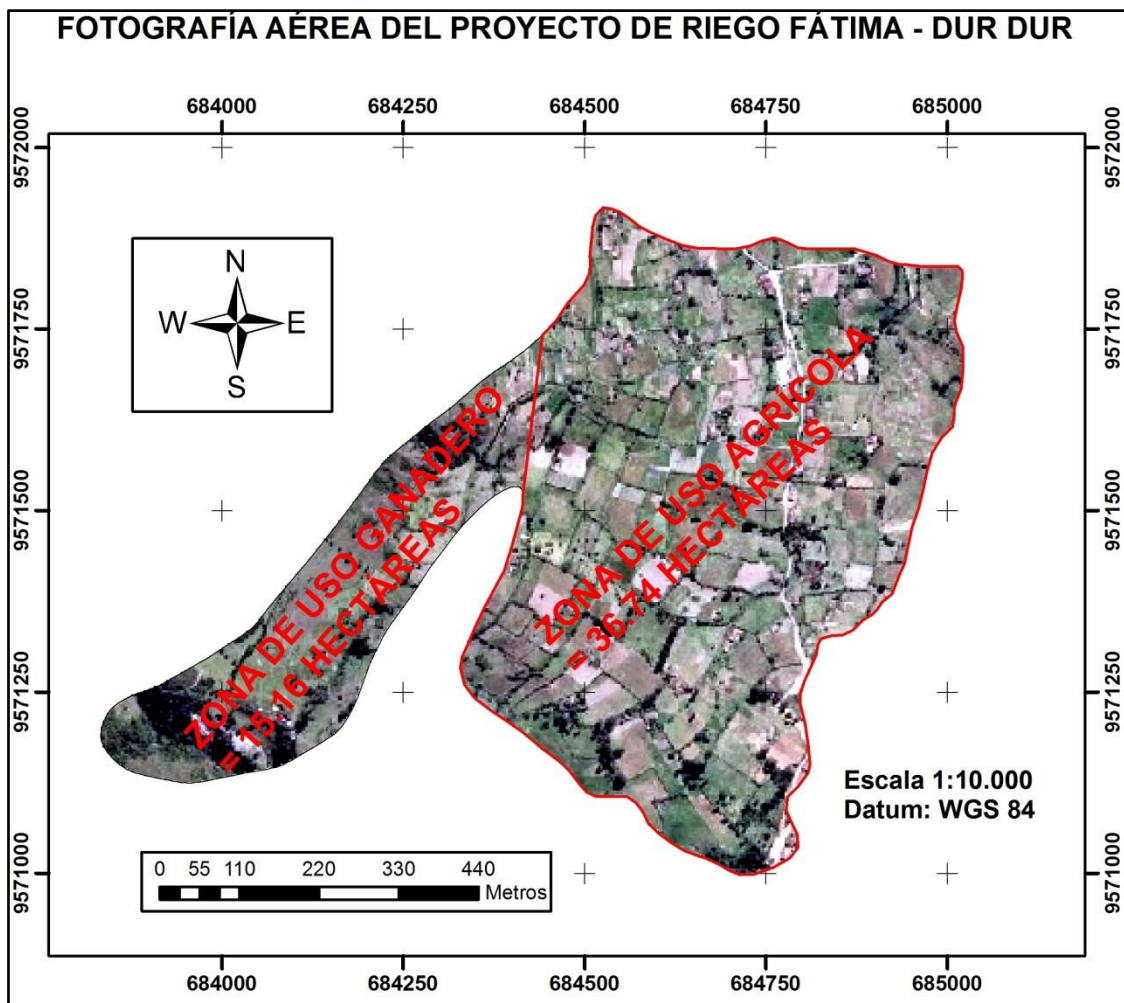


Fig. 15. Zona agrícola y ganadera del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Fuente: Ilustre Municipio de Loja, foto aérea escala 1:10.000, año 2004.

Finalmente se procedió a ubicar el diseño de las líneas de conducción tanto principal como secundarias en la fotografía aérea, con la finalidad de comprobar si las mismas abarcan toda el área de regado, además se ubicó la captación del Proyecto, la misma que se encuentra cerca a la quebrada Dur Dur. Se comprobó que las líneas de conducción coinciden con la topografía realizada y abarcan toda el área de regado, lo que indica un buen diseño para un correcto manejo y uso del líquido vital. En la figura 16 se observan las líneas de conducción y la zona de captación del Proyecto sobrepuestas en la fotografía aérea facilitada por el Ilustre Municipio de Loja a escala 1:10.000 del año 2004.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

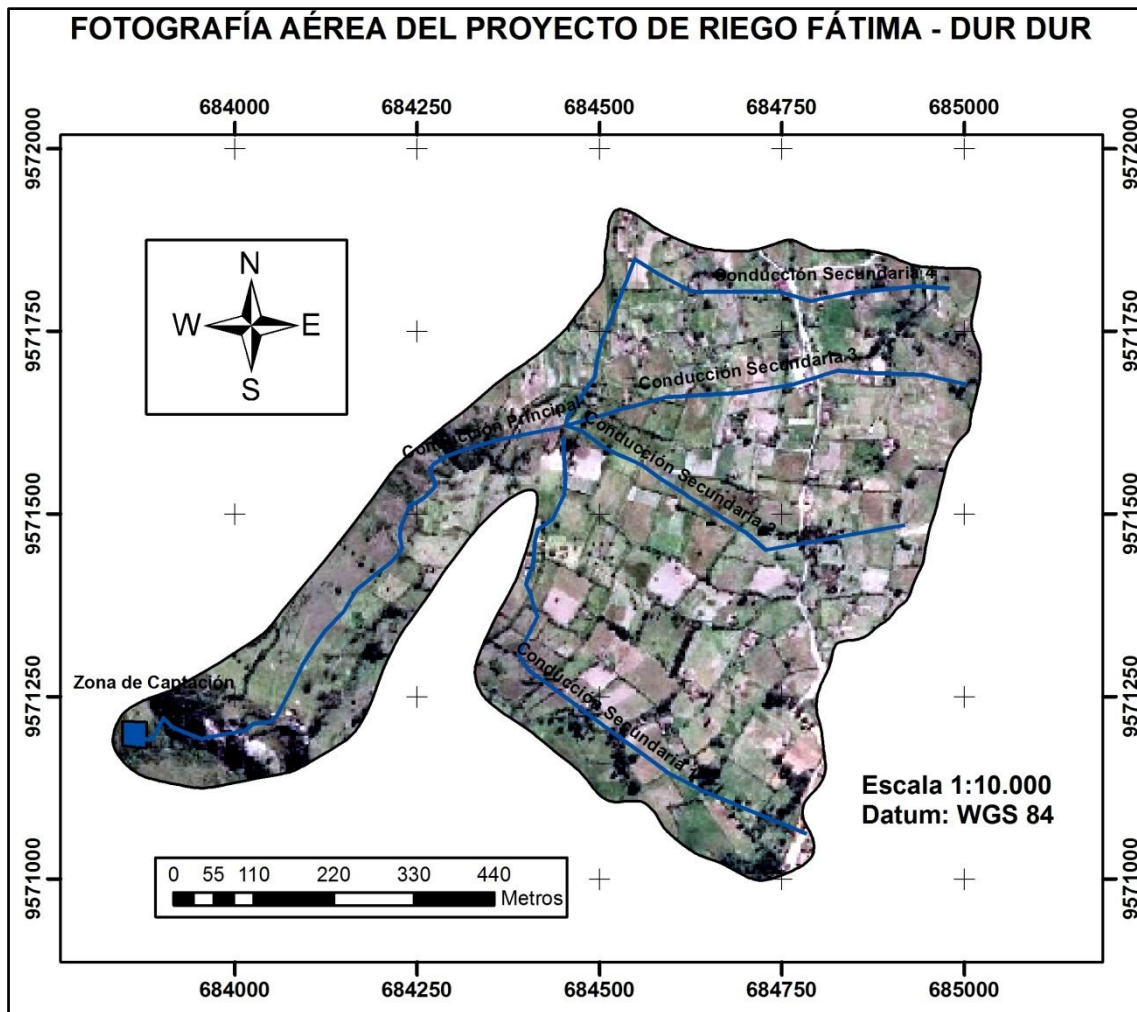


Fig. 16. Captación y líneas de conducción.

Fuente: Ilustre Municipio de Loja, foto aérea escala 1:10.000, año 2004.

6.2.2. Geología a Detalle

Para la corroboración geológica de puntos específicos, se tomó como referencia las líneas de conducción tanto principal como secundarias.

La línea de conducción principal, se encuentra asentada sobre un basamento andesítico, la andesita se encuentra fracturada, sobre el mismo se encuentra arcilla – limosa meteorizada con incrustaciones de roca andesita con diámetro aproximado de 30 centímetros, (ver anexo 6. mapa geológico estructural). Comenzando desde la captación, la línea de conducción principal cruza por un afloramiento de andesita fracturada, luego pasa por un deslizamiento traslacional de rocas y suelos, en la zona se

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

encuentran dispersos socavones de minería artesanal donde predomina andesitas mineralizadas, continúa por afloramientos de arcilla limosa hasta llegar al punto de división de ramales, en la fotografía 11 se muestran los afloramientos encontrados a lo largo de la línea de conducción principal.

Fotografía 11. Afloramientos de la línea de conducción principal.



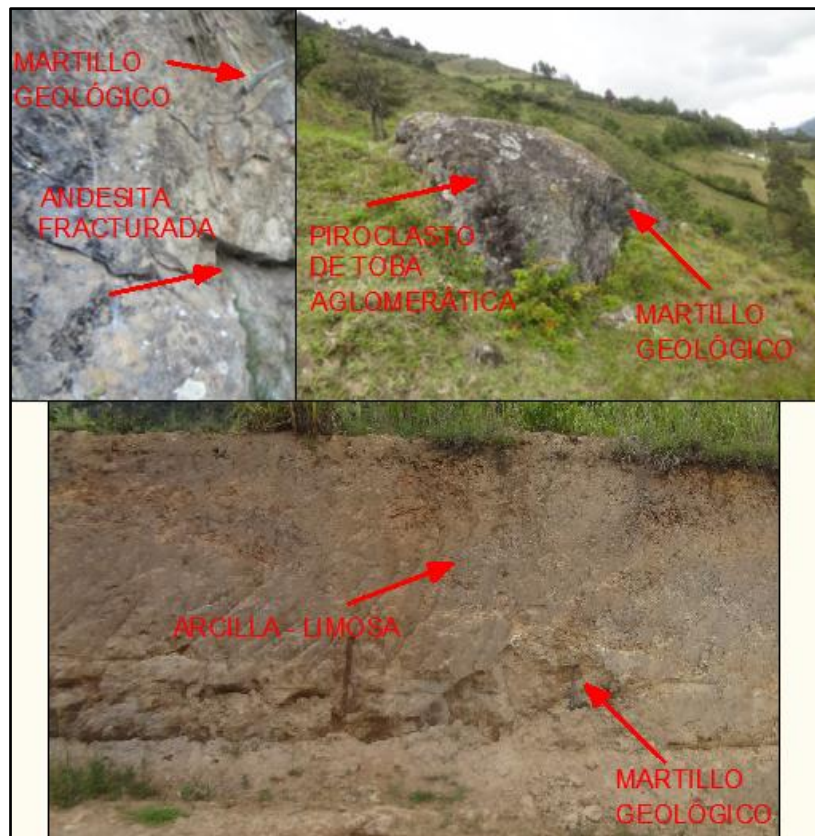
Fuente: El Autor.

El diseño de la línea de conducción secundaria 1, desde su inicio a la altura de 2550 m s.n.m. recorre los siguientes afloramientos: un afloramiento de arcilla limosa con fractura irregular y alto grado de meteorización de coloración amarillenta rojiza, luego cruza un tramo de roca andesita poco fracturada de color grisácea y te textura áspera,

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

además se encuentran dispersos piroclastos de toba aglomerática con diámetro aproximado de 80 centímetros, estos tres afloramientos se intercalan a lo largo del recorrido de la línea de conducción, en la fotografía 12 se muestran los afloramientos de la línea de conducción secundaria 1.

Fotografía 12. Afloramientos de la línea de conducción secundaria 1.



Fuente: El Autor.

La línea de conducción secundaria 2, pasa por los siguientes afloramientos: desde la altura de 2550 m s.n.m. un afloramiento de roca andesita grisácea de fractura irregular con bajo grado de meteorización, la línea de conducción continúa su recorrido por arcilla – limosa de coloración amarillenta con alto grado de meteorización, además se encuentran dispersos piroclastos de toba aglomerática, este tipo de rocas se intercala en el recorrido de la línea de conducción, en la fotografía 13 se observa los afloramientos.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Fotografía 13. Afloramientos en la línea de conducción secundaria 2.



Fuente: El Autor.

Por donde se planea la construcción de la línea secundaria 3, se encuentran los siguientes afloramientos: comenzando desde la altura 2550 m s.n.m. se encuentra un afloramiento de andesita sin fracturadas de color café oscuro, con poco grado de meteorización, la andesita es de textura áspera y se encuentra como basamento del sector, continuando el recorrido de la línea de conducción se encuentra un afloramiento de arcilla limosa de color amarillenta con alto grado de meteorización, además igual que en las líneas de conducción anteriores, se encuentran piroclastos de toba aglomerática con diámetro aproximado de 80 centímetros. En la fotografía 14 se muestran los afloramientos descritos.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Fotografía 14. Afloramientos en la línea de conducción secundaria 3.



Fuente: El Autor.

Por donde se proyecta la construcción la línea de conducción secundaria 4, se encuentra los siguientes afloramientos: comenzando desde la altura de 2550 m s.n.m. se encuentra andesita fracturada con alto grado de meteorización, la andesita es áspera y con fractura irregular, continuando el recorrido de la línea conducción se encuentra arcilla de coloración amarillenta rojiza, la arcilla se encuentra con alto grado de meteorización y es de granulometría fina +/- 2 milímetros, además se encuentran dispersos piroclastos de toba aglomerática con diámetro aproximado de 80 centímetros, de resistencia a la rotura alta, fractura irregular, textura áspera y de coloración verde oscuro. En la fotografía 15 se muestran los afloramientos de la línea de conducción secundaria 4.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Fotografía 15. Afloramientos en la línea de conducción secundaria 4.



Fuente: El Autor.

6.2.3. Corroboración de Zonas de Inestabilidad

Tomando como referencia la Geología Local y características físico-químicas de los materiales, las zonas de inestabilidad se destacan por la presencia de suelos altamente meteorizados constituidos principalmente por arcilla y limo; y por la presencia de un deslizamiento traslacional de rocas y suelos en la línea de conducción principal.

Los suelos limosos son estables en estado seco, sus propiedades físicas cambian según su contenido de agua, se vuelven “movedizos” al estar saturada de agua, son relativamente impermeables y difíciles de compactar. Los suelos arcillosos son plásticos, ponen poca resistencia a la deformación cuando están húmedos, sufren grandes cambios de volumen cuando cambia su contenido de agua, tienen elevada compresibilidad. Las zonas del Proyecto donde se encuentran los suelos descritos anteriormente, presentaran inconvenientes al momento de construir la obra sobre ellos.

El deslizamiento traslacional de rocas y suelos, está afectando directamente la línea de conducción principal, por lo que constituye en una zona inestable al momento de construir, es necesario implementar medidas de estabilización con el fin de garantizar la estabilidad de la infraestructura a construirse.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

En el Mapa Geológico del Proyecto de Riego Fátima Dur Dur, se puede observar la zona que abarca la arcilla limosa y la zona del deslizamiento traslacional de rocas y suelos, estas superficies se constituyen en zonas de inestabilidad.

6.2.4. Mecánica de Suelos

Todas las obras de ingeniería civil se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, además, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados, entre otros factores, por el desempeño del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por el del suelo utilizado para conformar los rellenos.

Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, productores a su vez de deformaciones importantes, fisuras, grietas, alabeo o desplomos que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono.

6.2.4.1. Muestreo y Técnicas Específicas

Lo primero que se realizó fue una inspección visual del terreno, identificando características topográficas y geológicas de la zona, además se procedió a identificar las líneas de conducción tanto principal como secundarias con su respectiva longitud, con la finalidad de realizar una evaluación rápida del suelo, de tal forma que las cargas generadas por el flujo de agua y la cimentación de la obra, no produzcan situaciones de inestabilidad o movimientos excesivos del terreno, que haga peligrar la obra estructural a construirse.

Para el muestreo y descripción visual, se utilizó técnicas de reconocimiento directas, esta técnica consiste en hacer excavaciones de tamaño suficiente para que una persona pueda introducirse en él y poder examinar los distintos estratos en estado natural, y de este modo poder conocer todas las características del terreno.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Se procedió a realizar 5 calicatas en la zona, una por cada línea de conducción, específicamente en zonas donde el terreno podría presentar problemas para la obra, es decir en rocas arcillosas – limosas con la finalidad de conocer sus propiedades físicas, cabe resaltar que la descripción visual de cada una de ellas será descrita más adelante en el punto de calicatas; para la recolección de la muestra se procedió a recoger partes o porciones representativas de la calicata, una cantidad de 2 kilogramos aproximadamente, los flancos muestreados se muestra en la fotografía 16.

Fotografía 16. Flancos muestreados.



Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.2.4.2. Ensayos y Resultados

Los análisis de suelos se realizaron en el laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA (Estudios de suelos, laboratorio, construcción y consultoría), ubicado al Norte de la ciudad de Loja en el Barrio Sauces Norte; los parámetros que se determinaron fueron:

- Contenido de humedad mediante la Norma ASTM D2216-17.
- Límite líquido mediante la Norma ASTM 423-66.
- Límite plástico mediante la Norma ASTM D424-59.
- Índice de plasticidad mediante la Norma ASTM D424-59.
- Análisis granulométrico mediante la Norma ASTM D421-58.
- Clasificación según SUCS
- Clasificación según la AASHTO

En la fotografía 17, se observa la calicata de donde se procedió a recoger la muestra, balanza electrónica para el peso tanto seco como húmedo del material, horno para el secado de las muestras, secado natural para el análisis granulométrico y posterior paso por los tamices, y la estufa para eliminar el contenido de agua. Estos son los principales pasos para analizar los parámetros descritos anteriormente.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Fotografía 17. Esquema para ensayos de suelos.




Fuente: El Autor.

Los resultados de los análisis de laboratorio (**ver anexo 9, resultados de análisis de suelos**), se resumen en la siguiente tabla.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 23. Resumen de resultados de suelos obtenidos en laboratorio.

										
PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR										
ESTUDIO DE SUELOS										
POZO	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
1	1.10	20.01	39	24	15	38	61	1	SC	A-2-6
2	0.75	18.13	47	28	19	15	81	4	SC	A-2-7
3	0.75	17.91	44	25	19	13	78	9	SC	A-2-7
4	0.85	20.61	47	36	11	15	81	4	SC	A-2-7
5	0.92	20.61	46	36	10	15	81	4	SC	A-2-5

Fuente: El Autor.

C.H.: Contenido de humedad.

SUCS: Clasificación unificada de suelos.

L.L.: Límite líquido.

AASHTO: Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte.

L.P.: Límite plástico.

I.P.: Índice de plasticidad.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tipo de suelos encontrados en el Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur según la Clasificación SUCS

Conducción Principal = (SC) Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla.

Conducción Secundaria # 1 = (SC) Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.

Conducción Secundaria # 2 = (SC) Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.

Conducción Secundaria # 3 = (SC) Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.

Conducción Secundaria # 4 = (SC) Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.

Sobre la base de las rocas andesitas sometidas a proceso de meteorización se forman los suelos areno arcillosos.

En todas las líneas de conducción se encuentra el suelo areno – arcilloso, el mismo es un suelo pobre como base para cimentación.

Tipo de suelos encontrados en el Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur según la Clasificación AASHTO

Conducción Principal = (A-2-6) Gravas arcillosas.

Conducción Secundaria # 1 = (A-2-7) Arenas limosas.

Conducción Secundaria # 2 = (A-2-7) Arenas limosas.

Conducción Secundaria # 3 = (A-2-7) Arenas limosas.

Conducción Secundaria # 4 = (A-2-5) Arena arcillosa.

Las gravas arcillosas es un material de categoría media para cimentaciones, las arenas arcillosas y limosas es material pobre para cimentaciones. Los resultados de laboratorio corroboran la información de campo, los suelos que se encuentran en el Proyecto tienen características pobres como base para cimentaciones, debido a la presencia de arcilla y limos, ya que son materiales que tienen la capacidad de esponjarse y contraerse por la infiltración de agua.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.2.5. Calicatas

Se realizó una excavación en cada una de las líneas de conducción tanto principal como secundarias, en total 5 calicatas, las coordenadas geográficas son las siguientes.

Tabla 24. Ubicación de calicatas.

Calicata	Coordenadas Geográficas (Datum WGS84)
Calicata 1, conducción principal.	X: 684214.745 Y: 9571437.185 Z: 2630 m s.n.m.
Calicata 2, conducción secundaria 1.	X: 684390.127 Y: 9571301.85 Z: 2525 m s.n.m.
Calicata 3, conducción secundaria 2.	X: 684676.676 Y: 9571488.971 Z: 2470 m s.n.m.
Calicata 4, conducción secundaria 3.	X: 684721.558 Y: 9571667.805 Z: 2460 m s.n.m.
Calicata 5, conducción secundaria 4.	X: 684673.224 Y: 9571806.592 Z: 2475 m s.n.m.

Fuente: El Autor.

Luego se procedió a realizar un análisis de cada una de las calicatas.

Calicata 1

Fecha: 2013 – 01 - 08

Herramientas utilizadas: Barreta, lampa, combo y punta.

Coordenadas geográficas:

X: 684214.745

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Y: 9571437.185

Z: 2630 m s.n.m.

Tabla 25. Características de la calicata 1.

Descripción	Columna Estratigráfica	Potencia (cm)	Humedad (%)	Plasticidad (%)	Textura	Relación a carga admisible (Mpa)	Clasificación Geotécnica	Dimensiones de la calicata (m)		
								Largo	Ancho	Prof.
Capa vegetal formada por limos, arcilla y humus de color café obscuro.		20	10	no plástico	Arcillo limoso: 40% limo, 50% arcilla y 10% arena.	Muy baja : 1 a 5 Mpa.	Suelo arcillo limoso de muy baja calidad.	1.00	0.66	1.30
Arcilla limosa de granulometría fina, de coloración amarillenta con incrustaciones de roca andesita de color verdoso grisáceo con diámetro aproximado de 10 cm. Este estrato esta con formado por: 40% de roca y 60% de arcilla - limosa		110	40	15	Textura de la arcilla limosa: 30% limo y 30% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 40%.	Media : 25 a 50 Mpa.	Arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita con mediana calidad geotécnica.			
Roca andesita de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 40 cm, la roca se encuentra fracturada con presencia de diaclasas. Este estrato está formado por 90% de roca y 10% de arcilla - limosa.		Profundo - no definido	5	no plástico	Textura de la arcilla limosa: 5% limo y 5% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 90%.	Muy alta : 100 a 250 Mpa.	Roca andesita fracturada con muy alta calidad geotécnica.			

Fuente: El Autor.

La relación a carga admisible – clasificación geotécnica se la realizó en base a la tabla 26.

Tabla 26. Relación a carga admisible – clasificación geotécnica.

Ensayo de resistencia aproximado	Calificación de la Resistencia a compresión simple ⁽¹⁾	Valor estimado q _u (MPa)
Se puede rayar con la uña	Especialmente débil	< 1
Se rompe con golpes de martillo moderados	Muy baja	1 a 5
Se puede rayar con la navaja	Baja	5 a 25
Se raya difícilmente con la navaja	Media	25 a 50
Se puede romper con un golpe de martillo	Alta	50 a 100
Se requieren varios golpes de martillo para romperla	Muy alta	100 a 250
Difícil de romper con el martillo de geólogo	Extremadamente alta	> 250
Con el martillo de geólogo sólo se pueden producir algunas esquirlas		

¹⁾Alternativamente, para obtener una indicación rápida de la resistencia a la compresión simple, se recomienda la utilización del Martillo Schmidt (Esclerómetro de mano).

Fuente: George Sowers, 1982.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Fotografía 18. Calicata 1.



Fuente: El Autor.

Descripción de la calicata 1

Excavación manual con implicaciones de resistencia a la penetración con herramienta menor, tomando la cohesión de suelos y propiedades mecánicas de rocas.

Estratigráficamente se reconoce:

- La cobertura vegetal está formada por material no consolidado como arcilla, limos y humus, con espesor de 20 centímetros, de color café oscuro, de granulometría fina +/- 2 milímetros.
- Un estrato conformado por 40% de arcilla limosa y 60% de roca andesita, con un espesor de 110 centímetros; la arcilla limosa es de coloración amarillenta, de granulometría fina +/- 1 milímetros y las incrustaciones de roca andesita son de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 10 centímetros.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- Separados por una discordancia irregular se encuentra un estrato formado por 90% de roca andesita y 10% de arcilla limosa; la roca andesita de coloración grisácea, con diámetro aproximado de 40 centímetros, con presencia de fracturas y diaclasas, la arcilla limosa de color amarillento y de granulometría fina +/-1 milímetros.

Las propiedades geotécnicas superficiales del material en la calicata son:

- La cobertura vegetal es no plástica, tiene un humedad del 10%, una textura arcillo limoso con 40% limo, 50% arcilla y 10% arena, la relación a carga admisible es de 1 a 5 Mega pascales y su clasificación geotécnica es suelo arcillo limoso de muy baja calidad, las determinaciones geotécnicas se basan en la utilización del martillo geológico y propiedades geotécnicas superficiales.
- El estrato arcillo limoso con incrustaciones de roca andesita tiene una humedad del 40 %, plasticidad del 15%, textura arcillo limosa con 30% limo, 30% arcilla y 40% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 25 a 50 Mega pascales y su clasificación geotécnica es arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita de mediana calidad.
- El estrato formado por roca andesita y arcilla limosa tiene una humedad del 5%, no plástico, de textura arcillo limosa con 5% limo, 5% arcilla y 90% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 100 a 250 Mega pascales y su clasificación geotécnica es roca andesita fracturada con alta calidad.

En el reconocimiento freático, luego de 60 minutos de abierta la calicata, se procedió analizar la presencia de agua, en el fondo de la calicata si existe agua en pequeñas cantidades, a la profundidad de 1.30 metros se encuentra el nivel freático.

Se procedió a recolectar una cantidad de 2 kilogramos de arcilla limosa, para realizar los siguientes análisis en laboratorio: contenido de humedad, límite líquido y límite plástico, índice de plasticidad, análisis granulométrico, clasificación según SUCS y AASHTO; además se procedió a tomar una muestra de roca andesita con diámetro de 40 centímetros para el ensayo de compresión simple.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

La estabilidad de las paredes de la calicata es buena por lo que no tiende a desmoronarse, por tanto el material es cohesivo > 35% arcilla, no existen vetillas de carbonatos ni turba, el flanco Norte de la calicata fue el muestreado.

Calicata 2

Fecha: 2013 – 01 - 08

Herramientas utilizadas: Barreta, lampa, combo y punta.


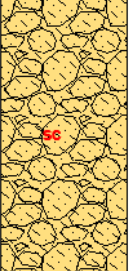

Coordenadas geográficas:

X: 684390.127

Y: 9571301.85

Z: 2525 m s.n.m.

Tabla 27. Características de la calicata 2.

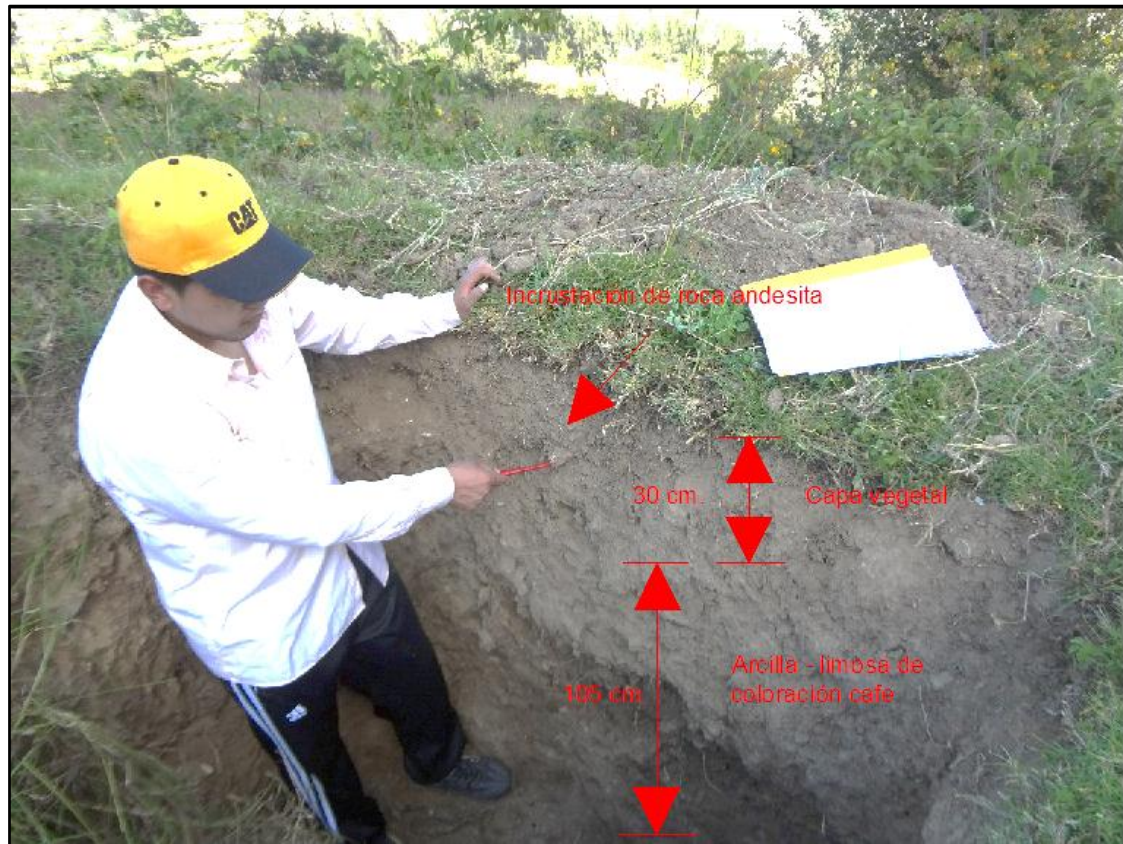
Descripción	Columna Estratigráfica	Potencia (cm)	Humedad (%)	Plasticidad (%)	Textura	Relación a carga admisible (Mpa)	Clasificación Geotécnica	Dimensiones de la calicata (m)		
								Largo	Ancho	Prof.
Capa vegetal formada por limos, arcilla y humus de color café claro.		30	0	no plástico	Arcillo limoso: 50% limo y 50% arcilla.	Muy baja : 1 a 5 Mpa.	Suelo arcillo limoso de muy baja calidad.	1.40	1.30	1.35
Arcilla limosa de granulometría fina, de coloración amarillenta con incrustaciones de roca andesita de color verdoso grisáceo con diámetro aproximado de 5 cm. Este estrato esta con formado por: 50% de roca y 50% de arcilla - limosa		105	10	10	Textura de la arcilla limosa: 25% limo y 25% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 50%.	Media : 25 a 50 Mpa.	Arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita con mediana calidad geotécnica.			
Roca andesita de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 45 cm, la roca se encuentra fracturada con presencia de diaclasas. Este estrato está formado por 95% de roca y 5% de arcilla - limosa.		Profundo - no definido	5	no plástico	Textura de la arcilla limosa: 2.5% limo y 2.5% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 95%.	Muy alta : 100 a 250 Mpa.	Roca andesita fracturada con muy alta calidad geotécnica.			

Fuente: El Autor.

La relación a carga admisible – clasificación geotécnica se realizó en base a la tabla 26.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Fotografía 19. Calicata 2.



Fuente: El Autor.

Descripción de la calicata 2

Excavación manual con implicaciones de resistencia a la penetración con herramienta menor, tomando la cohesión de suelos y propiedades mecánicas de rocas.

Estratigráficamente se reconoce:

- La cobertura vegetal está formada por material no consolidado como arcilla, limos y humus, con espesor de 30 centímetros, de color café claro, de granulometría fina +/- 2 milímetros.
- Un estrato conformado por 50% de arcilla limosa y 50% de roca andesita, con un espesor de 105 centímetros; la arcilla limosa es de coloración amarillenta, de granulometría fina +/- 1 milímetros y las incrustaciones de roca andesita son de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 5 centímetros.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- Separados por una discordancia irregular se encuentra un estrato formado por 95% de roca andesita y 10% de arcilla limosa; la roca andesita de coloración grisácea, con diámetro aproximado de 45 centímetros, con presencia de fracturas y diaclasas, la arcilla limosa de color amarillento y de granulometría fina +/-2 milímetros.

Las propiedades geotécnicas superficiales del material en la calicata son:

- La cobertura vegetal es no plástica, se encuentra seca, una textura arcillo limoso con 50% limo, 50% arcilla, la relación a carga admisible es de 1 a 5 Mega pascales y su clasificación geotécnica es suelo arcillo limoso de muy baja calidad, las determinaciones geotécnicas se basan en la utilización del martillo geológico y propiedades geotécnicas superficiales.
- El estrato arcillo limoso con incrustaciones de roca andesita tiene una humedad del 10 %, plasticidad del 10%, textura arcillo limosa con 25% limo, 25% arcilla y 50% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 25 a 50 Mega pascales y su clasificación geotécnica es arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita de mediana calidad.
- El estrato formado por roca andesita y arcilla limosa tiene una humedad del 5%, no plástico, de textura arcillo limosa con 2.5% limo, 2.5% arcilla y 95% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 100 a 250 Mega pascales y su clasificación geotécnica es roca andesita fracturada con alta calidad.

En el reconocimiento freático, luego de 60 minutos de abierta la calicata, se procedió analizar que la misma se encontraba completamente seca.

Se procedió a recolectar una cantidad de 2 kilogramos de arcilla limosa, para realizar los siguientes análisis en laboratorio: contenido de humedad, límite líquido y límite plástico, índice de plasticidad, análisis granulométrico, clasificación según SUCS y AASHTO; además se procedió a tomar una muestra de roca andesita con diámetro de 45 centímetros para el ensayo de compresión simple.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

La estabilidad de las paredes de la calicata es buena por lo que no tiende a desmoronarse, es material cohesivo > 35% arcilla, no existen vetillas de carbonatos ni turba, el flanco Norte de la calicata fue el muestreado.

Calicata 3

Fecha: 2013 – 01 – 08

Herramientas utilizadas: Barreta, lampa, combo y punta.




Coordenadas geográficas:

X: 684676.676

Y: 9571488.971

Z: 2470 m s.n.m.

Tabla 28. Características de la calicata 3.

Descripción	Columna Estratigráfica	Potencia (cm)	Humedad (%)	Plasticidad (%)	Textura	Relación a carga admisible (Mpa)	Clasificación Geotécnica	Dimensiones de la calicata (m)		
								Largo	Ancho	Prof.
Capa vegetal formada por limos, arcilla y humus de color café claro.		10	0	no plástico	Arcillo limoso: 40% limo, 50% arcilla y 10% arena.	Muy baja : 1 a 5 Mpa.	Suelo arcillo limoso de muy baja calidad.	1.05	0.60	1.18
Arcilla limosa de granulometría fina, de coloración amarillenta con incrustaciones de roca andesita de color verdoso grisáceo con diámetro aproximado de 2 cm. Este estrato está con formado por: 30% de roca y 70% de arcilla - limosa.		98	5	10	Textura de la arcilla limosa: 30% limo y 40% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 30%.	Media : 25 a 50 Mpa.	Arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita con mediana calidad geotécnica.			
Roca andesita de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 35 cm, la roca se encuentra fracturada con presencia de diademas. Este estrato está formado por 95% de roca y 5% de arcilla - limosa.		Profundo - no definido	5	no plástico	Textura de la arcilla limosa: 2.5% limo y 2.5% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 95%.	Muy alta : 100 a 250 Mpa.	Roca andesita fracturada con muy alta calidad geotécnica.			

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

La relación a carga admisible – clasificación geotécnica se la realizó en base a la tabla 26.

Fotografía 20. Calicata 3.



Fuente: El Autor.

Descripción de la calicata 3

Excavación manual con implicaciones de resistencia a la penetración con herramienta menor, tomando la cohesión de suelos y propiedades mecánicas de rocas.

Estratigráficamente se reconoce:

- La cobertura vegetal está formada por material no consolidado como arcilla, limos y humus, con espesor de 10 centímetros, de color café claro, de granulometría fina +/- 2 milímetros.
- Un estrato conformado por 70% de arcilla limosa y 30% de roca andesita, con un espesor de 98 centímetros; la arcilla limosa es de coloración amarillenta, de

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

granulometría fina +/- 1 milímetros y las incrustaciones de roca andesita son de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 2 centímetros.

- Separados por una discordancia irregular se encuentra un estrato formado por 95% de roca andesita y 5% de arcilla limosa; la roca andesita de coloración grisácea, con diámetro aproximado de 35 centímetros, con presencia de fracturas y diaclasas, la arcilla limosa de color amarillento y de granulometría fina +/-1 milímetros.

Las propiedades geotécnicas superficiales del material de la calicata son:

- La cobertura vegetal es no plástica, se encuentra seca, una textura arcillo limoso con 40% limo, 50% arcilla y 10% arena, la relación a carga admisible es de 1 a 5 Mega pascales y su clasificación geotécnica es suelo arcillo limoso de muy baja calidad, las determinaciones geotécnicas se basan en la utilización del martillo geológico y propiedades geotécnicas superficiales.
- El estrato arcillo limoso con incrustaciones de roca andesita tiene una humedad del 5 %, plasticidad del 10%, textura arcillo limosa con 30% limo, 40% arcilla y 30% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 25 a 50 Mega pascales y su clasificación geotécnica es arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita de mediana calidad.
- El estrato formado por roca andesita y arcilla limosa tiene una humedad del 5%, no plástico, de textura arcillo limosa con 2.5% limo, 2.5% arcilla y 95% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 100 a 250 Mega pascales y su clasificación geotécnica es roca andesita fracturada con alta calidad.

En el reconocimiento freático, luego de 60 minutos de abierta la calicata, se procedió analizar que la misma se encuentra completamente seca.

Se procedió a recolectar una cantidad de 2 kilogramos de arcilla limosa, para realizar los siguientes análisis en laboratorio: contenido de humedad, límite líquido y límite plástico, índice de plasticidad, análisis granulométrico, clasificación según SUCS y

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

AASHTO; además se procedió a tomar una muestra de roca andesita con diámetro de 50 centímetros para el ensayo de compresión simple.

La estabilidad de las paredes de la calicata es buena por lo que no tiende a desmoronarse, es material cohesivo > 35% arcilla, no existen vetillas de carbonatos ni turba, el flanco Este de la calicata fue el muestreado.

Calicata 4

Fecha: 2013 – 01 - 08

Herramientas utilizadas: Barreta, lampa, combo y punta.


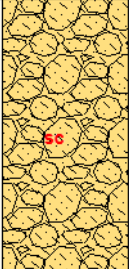

Coordenadas geográficas:

X: 684721.558

Y: 9571667.805

Z: 2460 m s.n.m.

Tabla 29. Características de la calicata 4.

Descripción	Columna Estratigráfica	Potencia (cm)	Humedad (%)	Plasticidad (%)	Textura	Relación a carga admisible (Mpa)	Clasificación Geotécnica	Dimensiones de la calicata (m)		
								Largo	Ancho	Prof.
Capa vegetal formada por limos, arcilla y humus de color café oscuro.		26	0	no plástico	Arcillo limoso: 40% limo, 50% arcilla y 10% arena.	Muy baja : 1 a 5 Mpa.	Suelo arcillo limoso de muy baja calidad.	1.09	1.00	1.01
Arcilla limosa de granulometría fina, de coloración amarillenta con incrustaciones de roca andesita de color verdoso grisáceo con diámetro aproximado de 2.5 cm. Este estrato esta con formado por: 40% de roca y 60% de arcilla - limosa.		75	5	10	Textura de la arcilla limosa: 30% limo y 30% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 40%.	Media : 25 a 50 Mpa.	Arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita con mediana calidad geotécnica.			
Roca andesita de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 45 cm, la roca se encuentra sin fracturas y sin diaclasas. Este estrato está formado por 98% de roca y 2% de arcilla - limosa.		Profundo - no definido	0	no plástico	Textura de la arcilla limosa: 1% limo y 1% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 98%.	Extremadamente alta : >250 Mpa.	Roca andesita sana, sin fracturadas con extremadamente alta calidad geotécnica.			

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

La relación a carga admisible – clasificación geotécnica se la realizó en base a la tabla 26.

Fotografía 21. Calicata 4.



Fuente: El Autor.

Descripción de la calicata 4

Excavación manual con implicaciones de resistencia a la penetración con herramienta menor, tomando la cohesión de suelos y propiedades mecánicas de rocas.

Estratigráficamente se reconoce:

- La cobertura vegetal está formada por material no consolidado como arcilla, limos y humus, con espesor de 26 centímetros, de color café oscuro, de granulometría fina +/- 4 milímetros.
- Un estrato conformado por 60% de arcilla limosa y 40% de roca andesita, con un espesor de 75 centímetros; la arcilla limosa es de coloración amarillenta, de

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

granulometría fina +/- 2 milímetros y las incrustaciones de roca andesita son de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 2.5 centímetros.

- Separados por una discordancia irregular se encuentra un estrato formado por 98% de roca andesita y 2% de arcilla limosa; la roca andesita de coloración grisácea, con diámetro aproximado de 45 centímetros, sin presencia de fracturas ni diaclasas, la arcilla limosa de color amarillento y de granulometría fina +/-3 milímetros.

Las propiedades geotécnicas superficiales del material de la calicata son:

- La cobertura vegetal es no plástica, se encuentra seca, una textura arcillo limoso con 40% limo, 50% arcilla y 10% arena, la relación a carga admisible es de 1 a 5 Mega pascales y su clasificación geotécnica es suelo arcillo limoso de muy baja calidad, las determinaciones geotécnicas se basan en la utilización del martillo geológico y propiedades geotécnicas superficiales.
- El estrato arcillo limoso con incrustaciones de roca andesita tiene una humedad del 5 %, plasticidad del 10%, textura arcillo limosa con 30% limo, 30% arcilla y 40% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 25 a 50 Mega pascales y su clasificación geotécnica es arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita de mediana calidad.
- El estrato formado por roca andesita y arcilla limosa se encuentra completamente seca, no tiene plasticidad, de textura arcillo limosa con 1% limo, 1% arcilla y 98% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es >250 Mega pascales y su clasificación geotécnica es roca andesita sana con extremadamente alta calidad.

En el reconocimiento freático, luego de 60 minutos de abierta la calicata, se procedió analizar que la misma se encuentra completamente seca.

Se procedió a recolectar una cantidad de 2 kilogramos de arcilla limosa, para realizar los siguientes análisis en laboratorio: contenido de humedad, límite líquido y límite plástico, índice de plasticidad, análisis granulométrico, clasificación según SUCS y

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

AASHTO; además se procedió a tomar una muestra de roca andesita con diámetro de 40 centímetros para el ensayo de compresión simple.

La estabilidad de las paredes de la calicata es muy buena por lo que no tiende a desmoronarse, es material cohesivo > 35% arcilla, no existen vetillas de carbonatos ni turba, el flanco Norte de la calicata fue el muestreado.

Calicata 5

Fecha: 2013 – 01 - 08

Herramientas utilizadas: Barreta, lampa, combo y punta.


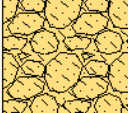

Coordenadas geográficas:

X: 684673.224

Y: 9571806.592

Z: 2475 m s.n.m.

Tabla 30. Características de la calicata 5.

Descripción	Columna Estratigráfica	Potencia (cm)	Humedad (%)	Plasticidad (%)	Textura	Relación a carga admisible (Mpa)	Clasificación Geotécnica	Dimensiones de la calicata (m)		
								Largo	Ancho	Prof.
Capa vegetal formada por limos, arcilla y humus de color café claro.		21	0	no plástico	Arcillo limoso: 40% limo, 50% arcilla y 10% arena.	Muy baja : 1 a 5 Mpa.	Suelo arcillo limoso de muy baja calidad.	1.05	0.60	1.18
Arcilla limosa de granulometría fina, de coloración amarillenta con incrustaciones de roca andesita de color verdoso grisáceo con diámetro aproximado de 11 cm. Este estrato está con formado por: 50% de roca y 50% arcilla - limosa.		130	5	10	Textura de la arcilla limosa: 25% limo y 25% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 50%.	Media : 25 a 50 Mpa.	Arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita con mediana calidad geotécnica.			
Roca andesita de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 45 cm, la roca se encuentra fracturada con presencia de diaclasas. Este estrato está formado por 80% de roca y 20% de arcilla - limosa.		Profundo - no definido	0	no plástico	Textura de la arcilla limosa: 10% limo y 10% de arcilla; y textura porfídica de la roca andesita: 80%.	Muy alta : 100 a 250 Mpa.	Roca andesita fracturada con muy alta calidad geotécnica.			

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

La relación a carga admisible – clasificación geotécnica se realizó en base a la tabla 26.

Fotografía 22. Calicata 5.



Fuente: El Autor.

Descripción de la calicata 5

Excavación manual con implicaciones de resistencia a la penetración con herramienta menor, tomando la cohesión de suelos y propiedades mecánicas de rocas.

Estratigráficamente se reconoce:

- La cobertura vegetal está formada por material no consolidado como arcilla, limos y humus, con espesor de 21 centímetros, de color café claro, de granulometría fina +/- 2 milímetros.
- Un estrato conformado por 50% de arcilla limosa y 50% de roca andesita, con un espesor de 130 centímetros; la arcilla limosa es de coloración amarillenta, de

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

granulometría fina +/- 2 milímetros y las incrustaciones de roca andesita son de color verde grisáceo con diámetro aproximado de 11 centímetros.

- Separados por una discordancia irregular se encuentra un estrato formado por 80% de roca andesita y 20% de arcilla limosa; la roca andesita de coloración grisácea, con diámetro aproximado de 45 centímetros, con presencia de fracturas y diaclasas, la arcilla limosa de color amarillento y de granulometría fina +/-2 milímetros.

Las propiedades geotécnicas superficiales del material de la calicata son:

- La cobertura vegetal es no plástica, se encuentra seca, una textura arcillo limoso con 40% limo, 50% arcilla y 10% arena, la relación a carga admisible es de 1 a 5 Mega pascales y su clasificación geotécnica es suelo arcillo limoso de muy baja calidad, las determinaciones geotécnicas se basan en la utilización del martillo geológico y propiedades geotécnicas superficiales.
- El estrato arcillo limoso con incrustaciones de roca andesita tiene una humedad del 5 %, plasticidad del 10%, textura arcillo limosa con 25% limo, 25% arcilla y 10% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 25 a 50 Mega pascales y su clasificación geotécnica es arcilla limosa con incrustaciones de roca andesita de mediana calidad.
- El estrato formado por roca andesita y arcilla limosa se encuentra completamente seca, no tiene plasticidad, de textura arcillo limosa con 10% limo, 10% arcilla y 80% roca andesita de textura porfídica, la relación a carga admisible es de 100 a 250 Mega pascales y su clasificación geotécnica es roca andesita fracturada con alta calidad.

En el reconocimiento freático, luego de 60 minutos de abierta la calicata, se procedió analizar que la misma se encuentra completamente seca.

Se procedió a recolectar una cantidad de 2 kilogramos de arcilla limosa, para realizar los siguientes análisis en laboratorio: contenido de humedad, límite líquido y límite plástico, índice de plasticidad, análisis granulométrico, clasificación según SUCS y

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

AASHTO; además se procedió a tomar una muestra de roca andesita con diámetro de 50 centímetros para el ensayo de compresión simple.

La estabilidad de las paredes de la calicata es muy buena por lo que no tiende a desmoronarse, es material cohesivo >35% arcilla, no existen vetillas de carbonatos ni turba, el flanco Oeste de la calicata fue el muestreado.

En la figura 17 se muestra la ubicación exacta de las cinco calicatas muestreadas.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

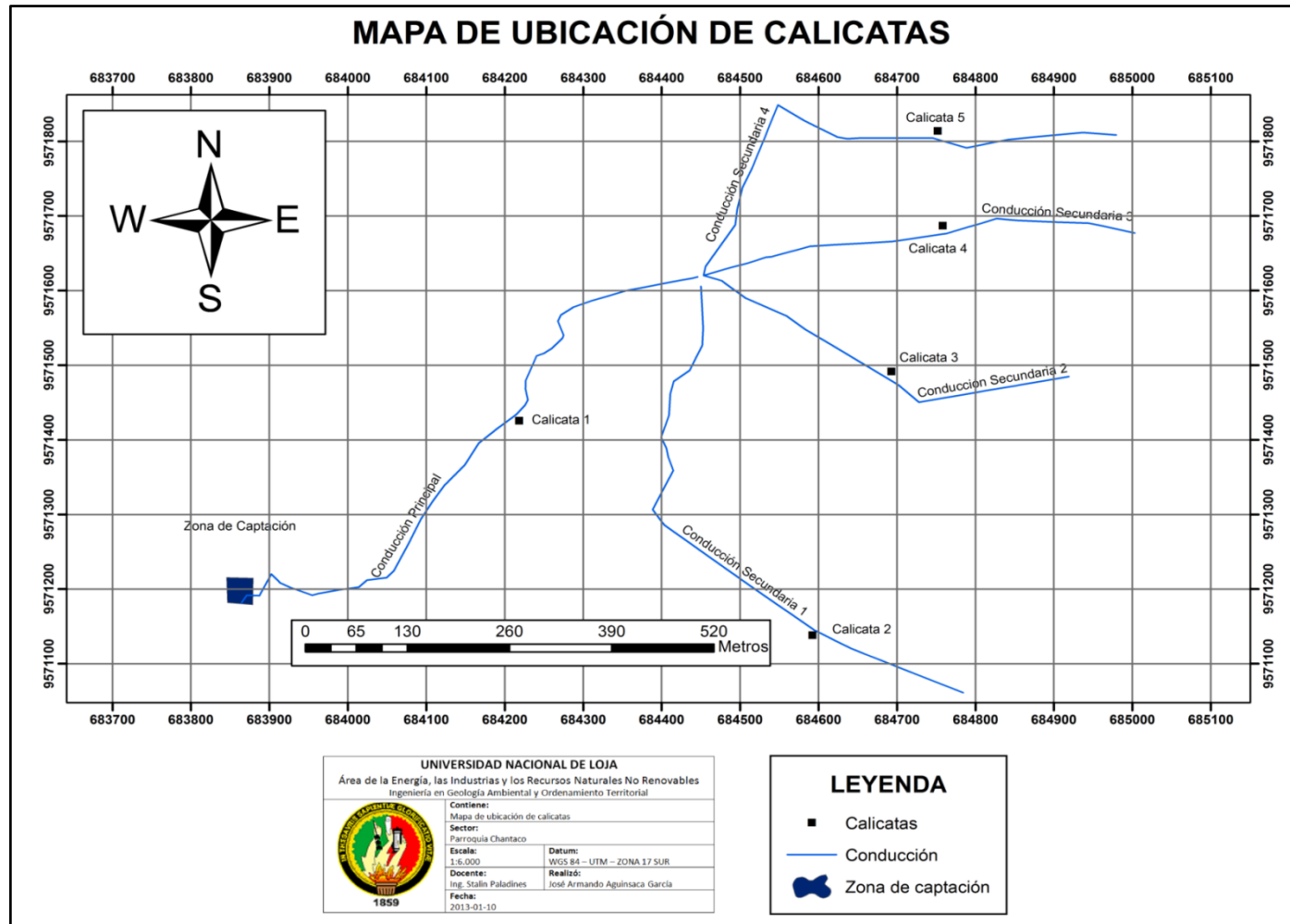


Fig. 17. Mapa de ubicación de calicatas.

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.2.6. Mecánica de Rocas

La mecánica de rocas permitió conocer y predecir el comportamiento de los materiales rocosos ante la actuación de las fuerzas internas y externas que se ejercen sobre ellos, en este caso la interacción del hormigón con el basamento andesítico de la zona.


6.2.6.1. Muestreo y Ensayos

Se procedió a recolectar una muestra de cada una de las calicatas, en total cinco, con un diámetro aproximado de 50 centímetros para el ensayo de compresión simple, las muestras se encontraron fracturadas, el tipo de roca que se encuentra como basamento es andesita, de color grisáceo, textura áspera y con poco grado de meteorización.

Los análisis de roca se realizaron en el laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA (Estudios de suelos, laboratorio, construcción y consultoría), ubicado al Norte de la ciudad de Loja en el Barrio Sauces Norte; el parámetro que se determinó fue la resistencia a la compresión uniaxial o simple.

Los resultados de los análisis de resistencia a la compresión simple (**ver anexo 10, resultados de laboratorio de mecánica de rocas**), se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 31. Resumen de resultados de rocas obtenidos en laboratorio.

	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA – DUR DUR	
	ESTUDIO DE ROCA ANDESITA	
CALICATA	PROF. (metros)	COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm ²)
1	1.40	1005.80
2	1.15	509.82
3	1.25	1105.39
4	1.35	1314.60
5	1.30	409.63

Fuente: El Autor.

En la fotografía 23, se observa la recolección de la muestra en la calicata, luego el perfilado de las rocas hasta obtener un cubo de cinco centímetros por lado, el pesado de

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

la roca, para posterior someterla a la prensa de compresión simple hasta desfragmentar la misma y así obtener la resistencia a la compresión uniaxial de la roca andesita.

Fotografía 23. Esquema de ensayos a la compresión simple con muestras cúbicas de 5 centímetros por cada lado.



Fuente: El Autor.

La resistencia a la compresión de las rocas es elevada en todas las líneas de conducción, es decir comprende rangos desde 409.63 Kg/cm² a 1314.60 Kg/cm². Esta resistencia puede soportar cualquier peso o resistencia uniaxial, la roca andesita es una de las rocas con mayor resistencia a la compresión simple en la naturaleza, lo que se corroboró con los análisis obtenidos en laboratorio. Cabe señalar que la resistencia a la compresión simple es solo un indicador que incide en la caracterización del macizo rocoso.

En base a los análisis de suelos y propiedades físicas del terreno, las arcillas que se encuentran en la zona de estudio tienen características de aumentar y reducir su volumen con la presencia de agua, se puede decir que son arcillas expansivas. Cabe señalar que el fenómeno de cambio de volumen de un suelo arcilloso es resultado directo de la disponibilidad y variación de la cantidad de agua que él posea.

La interpretación se realizó en base a la tabla 32.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 32. Parámetros para determinar peligro de hinchamiento.

Arcillas Expansivas				
Límite Líquido	>30	30 – 40	40 – 60	>60
Índice de Plasticidad	0 – 18	15 – 28	25 – 40	>35
Presión de Hinchamiento (Kg/cm ²)	<0.3	0.3 – 1.2	1.2 – 3	>3.0
Hinchamiento probable (cm)	0 – 1	1 – 3	3 – 7	>7
Índice Lambe	<0.8	0.8 – 1.5	1.5 – 2.3	>2.3
Peligro de Hinchamiento	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto

Fuente: Alonso Juan, 2006. El estudio geológico – geotécnico en los proyectos de edificación.

En la calicata uno el peligro de hinchamiento de la arcilla es Medio, tiene un hinchamiento probable de uno a tres centímetros; en las calicatas dos, tres, cuatro y cinco el peligro de hinchamiento de la arcilla es Alto, tiene un hinchamiento probable de tres a siete centímetros. Lo que se traduce en problemas al momento o después de construida la infraestructura, desde fisuras, grietas, hundimientos hasta el colapso total de la obra si no se realiza un control del contenido de infiltración y saturación de agua a la arcilla, los principales mecanismos que se podrían aplicar para el tratamiento de los suelos arcillosos y la reducción de sus efectos perjudiciales sobre la infraestructura a construirse son:

Procesos físicos:

- Sustitución por materiales menos sensibles.
- Mezcla con otros materiales.
- Compactación de los suelos.
- Control de las condiciones de humedad.

Procesos químicos:

- Mezcla con conglomerantes como cemento.
- Mezcla con otros productos estabilizadores y el tratamiento de suelos arcillosos mediante cal.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

El proceso más adecuado de acuerdo a las características físico - químicas del suelo sería realizar un tratamiento con cal donde se producirían dos tipos de reacción:

- Una modificación “inmediata” de las condiciones de granulometría, textura y compactación originada por el intercambio de iones entre la arcilla y la cal, una floculación de las partículas de arcilla y reducción de la cantidad de agua adsorbida por la arcilla.
- Y una mejora de las características resistentes del suelo a medio y largo plazo, producida por la reacción puzolánica de cementación y la carbonatación.

6.2.6.2. Valoración de Macizos

La valoración o caracterización del macizo rocoso se la realizó en base a dos métodos, según Bieniawski y según Barton.

Caracterización del macizo rocoso (RMR BIENIAWSKI, 1989)

La clasificación geomecánica RMR, también conocida como clasificación geomecánica de Bieniawski permite hacer una clasificación de las rocas 'in situ' y estimar el tiempo de mantenimiento y longitud de un vano. Se utiliza usualmente en la construcción de túneles, de taludes y de cimentaciones. Consta de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), independiente de la estructura, y de un factor de corrección.

Se procedió a realizar la caracterización del macizo de un afloramiento de roca andesita que se encuentra cerca a la captación, en las siguientes coordenadas geográficas:

X: 683869.149

Y: 9571213.059

Z: 2725 m s.n.m.

En el **anexo 11, ficha de campo para la caracterización de macizo rocoso**, se muestra el estado actual del macizo rocoso. Tomando como base las tablas 33 y 34, se procedió a establecer los parámetros y rangos para caracterizar el macizo rocoso.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 33. Parámetros para caracterizar el macizo rocoso.

Parámetro		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			
	valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm			
	valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
valor	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
	valor	15	10	7	4	0			

Fuente: Bieniawski, 1973.

Tabla 34. Rangos para la valoración del macizo rocoso.

Valoración RMR		100 a 81	80 a 61	60 a 41	40 a 21	Menor a 20
Clasificación N°		I	II	III	IV	V
Descripción		Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala
Tiempo medio de sostén		10 años para claro de 5m.	6 meses para claro de 4m.	1 semana para claro de 3m.	5 horas para claro de 15 m.	10 minutos para claro de 0.5 m
Parámetros geomecánicos	Cohesión	30 ton/m ²	20 a 30 ton/m ²	15 a 20 ton/m ²	10 a 15 ton/m ²	Menor a 10 ton/m ²
Recomendados	Ang. Fricción	Mayor a 45°	40° a 45°	35° a 40°	30° a 35°	Menor a 30°

Fuente: Bieniawski, 1973.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Cálculo de la calidad de la roca (RQD)

Para el cálculo de denominación de la calidad de roca (RQD), se lo realizó en función del número de fisuras por metro cúbico (J_v = Joint Volumétric number), determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural del afloramiento.

El J_v se calcula sumando el número de fisuras por metro que corten de manera independiente a cada uno de los 3 ejes de un cubo imaginario en el cuerpo rocoso materia de análisis. No se debe contar una fisura en más de un eje, por ejemplo, si una fisura corta al eje X y al eje Y, la contaremos bien en el eje X o en el eje Y pero no en ambos.

Dónde: J_v = número de fisuras por metro cúbico

En el macizo rocoso de roca andesita se encuentran las siguientes fracturas: en el eje X= 3 fracturas, en el eje Y= 3 fracturas, y en el eje Z= 3 fracturas; cabe resaltar que en el eje Z se interpretaron las fracturas según las características litológicas-estructurales.

Fotografía 24. Fracturas en el eje X.



Fuente: El Autor.

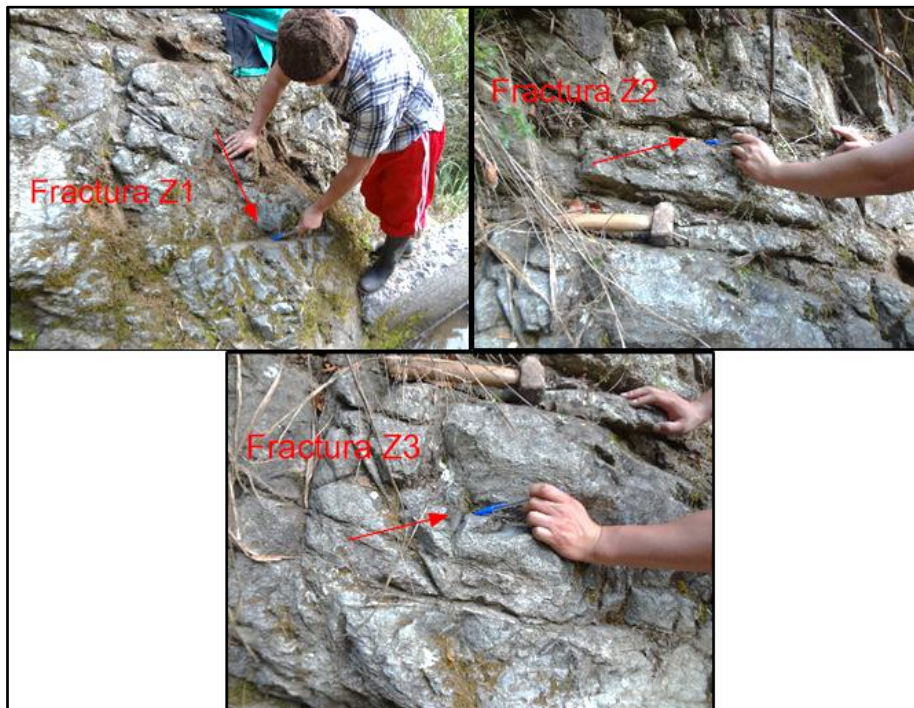
Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Fotografía 25. Fracturas en el eje Y.



Fuente: El Autor.

Fotografía 26. Fracturas en el eje Z.



Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Así se tiene:

$$J_v = J_{vx} + J_{vy} + J_{vz}$$

$$J_v = 3 + 3 + 3$$

$$J_v = 9$$

y finalmente:

$$RQD = 115 - (3.3) J_v$$

$$RQD = 115 - (3.3) 9$$

$RQD = 85.3$ lo que representa el porcentaje de RQD.

Estado de las fracturas

Los datos del estado de las fracturas son los siguientes: longitud < 1 metro, las fracturas se encuentran con una apertura de 0.1 – 10 milímetros, tienen una rugosidad ligera, no presentan relleno y se encuentran las fracturas moderadamente alteradas; el espaciamiento de las fracturas es de 80 milímetros, el macizo se encuentra totalmente seco.

Fotografía 27. Estado de las fracturas.



Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Datos estructurales

El sistema de fracturas se corta entre sí, tienen distintas direcciones y buzamientos y, por lo tanto, se cruzan en determinados puntos. Su formación está relacionada a procesos tectónicos (distensión o compresión). Los datos estructurales de las fracturas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 35. Azimut y buzamiento de las fracturas.

Fractura	Azimut	Buzamiento
X1	170°	65°
X2	101°	44°
X3	92°	52°
Y1	210°	35°
Y2	232°	29°
Y3	271°	48°
Z1	120°	..
Z2	164°	..
Z3	85°	..

Fuente: El Autor.

Luego se procedió a recolectar una muestra de roca andesita, para ser sometida al ensayo de compresión uniaxial (**ver anexo 12, ensayo de compresión simple**) en el laboratorio ESTSUELCON.LTDA (Estudios de suelos, laboratorio, construcción y consultoría), ubicado al Norte de la ciudad de Loja en el barrio Sauces Norte.

Con todos los datos obtenidos, tanto en campo como en laboratorio, se procedió a caracterizar el macizo rocoso (RMR BIENIAWSKI, 1989).

Datos:

- ✓ Resistencia a la compresión simple = 100.06 Mpa 12
- ✓ RQD = 85.3% 17
- ✓ Espaciamiento en las fisuras = 80 mm = 0.08 m 8
- ✓ Estado de las fisuras:

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

• Longitud de < 1m,	6
• Abertura de 0.1 – 10 mm,	3
• Rugosidad ligera,	3
• Sin relleno,	6
• Moderadamente alterada. Pared de roca dura.	3
✓ No existe agua en el frente	15
✓ El medio y estado de formación son totalmente secos	15
✓ Según datos estructurales: el talud es favorable	-5

Total	83

Clase: I

Calidad: Muy buena.

Tiempo de mantenimiento y longitud: 10 años con 15 m de vano .

Cohesión: Mayor a 4 Kp/cm².

Ángulo de rozamiento: Mayor a 45°.

Criterio Técnico: El macizo rocoso conformado de roca andesita tiene la categoría más alta según la clasificación de Bieniawski, esta clasificación principalmente relaciona obras de minería subterránea, como resultado el macizo rocoso se encuentra sano inalterable y presta las condiciones necesarias para implementar obras de ingeniería.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Caracterización del Macizo Rocoso (Q) de Barton

Este método puede ser empleado tanto en la etapa de proyecto, como en la etapa de construcción (como medio de ajuste y control).

Para cumplir con los datos básicos necesarios para la aplicación de este método se debe conocer lo siguiente:

- RQD (Índice de calidad de la roca)
- Grietas: sistemas, continuidad y rugosidad de las superficies de las mismas,
- Grado de alteración de las grietas y su tipo de relleno,
- Las condiciones hidrogeológicas
- Esfuerzos ocasionados en el macizo.

La expresión matemática mencionada es la siguiente:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

Dónde:

RQD: (Rock Quality Designation). Índice de calidad de la roca.

Jn: (Joint set number). Es el número de sistemas de fisuras.

Jr: (Joint roughness number). Es el número de la rugosidad de las fisuras.

Ja: (Joint alteration number). Es el número de la alteración de las fisuras.

Jw: (Joint water reducción factory). Es el factor de reducción por agua en las fisuras.

SRF: (Stress reduction factor). Es el factor de reducción por esfuerzos.

En el **anexo 13, valoración del macizo rocoso (Q) según Barton, 1974** se muestra los rangos y parámetros para la estimación del índice de calidad Q de Barton. En la

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

siguiente tabla se resumen los resultados y en la fotografía 28 se observa el macizo rocoso andesítico caracterizado.

Tabla 36. Valoración del macizo rocoso según Barton, 1974.

Parámetro	Descripción	Valoración
Índice de calidad de la roca (RQD)	Alto.	85.3%
Número de sistema de fisuras (Jn)	Dos sistemas de fisuras que se cortan entre sí.	4
Rugosidad de las fisuras (Jr)	Ondulada a rugosa.	3
Alteración de las fisuras (Ja)	Sin material de relleno, paredes sanas.	0.75
Factor reducción de agua en las fisuras (Jw)	Completamente secas, sin presencia de agua en el frente.	1
Factor reducción por esfuerzos (SFR)	Estructura muy compacta, con tensiones altas y favorables para la estabilidad.	0.5

Fuente: El Autor.

Fotografía 28. Macizo rocoso andesítico.



Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Con los datos obtenidos se procedió a reemplazar en la siguiente ecuación para determinar el índice calidad del macizo rocoso (Q).

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

$$Q = \frac{85.3}{4} * \frac{3}{0.75} * \frac{1}{0.5}$$

$$Q = 170.4$$

Luego de obtener el índice de calidad Q, se procedió a determinar a qué rango pertenece según la tabla 37.

Tabla 37. Valoración del índice Q.

TIPO DE ROCA	VALORES DE Q
Excepcionalmente mala	$10^{-3} - 10^{-2}$
Extremadamente mala	$10^{-2} - 10^{-1}$
Muy mala	$10^{-1} - 1$
Mala	1 – 4
Media	4 – 10
Buena	10 – 40
Muy buena	40 – 100
Extremadamente buena	100 – 400
Excepcionalmente buena	400 – 1000

Fuente: Barton, 1974.

Cabe resaltar que se puede realizar una correlación entre el RMR y el índice Q, estas correlaciones se resumen en la tabla 38.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 38. Correlación entre el RMR y el índice Q.

Correlaciones	Origen	Aplicación
RMR =13.5 log Q + 43	Nueva Zelanda	Túneles
RMR =9 ln Q + 44	Diverso	Túneles
RMR =12.5 log Q + 55.2	España	Túneles
RMR =5 ln Q + 60.8	Sudáfrica	Túneles
RMR=43.83 – 9.19 ln Q	España	Minería, roca débil
RMR=10.5 ln Q + 41.8	España	Minería, roca débil
RMR=12.11 log Q + 50.81	Canadá	Minería, roca resistente
RMR=8.7 ln Q + 38	Canadá	Túneles, roca sedimentaria
RMR=10 ln Q + 39	Canadá	Minería, roca resistente

Fuente: Barton, 1974.

Reemplazando se tiene:

$$RMR = 12.5 \log Q + 55.2$$

$$RMR = 12.5 \log 170.4 + 55.2$$

$$RMR = 83.09$$

Clase: I.

Calidad: Muy Buena.

Tiempo de mantenimiento y longitud: 10 años con 15 m de vano.

Cohesión: Mayor a 4 Kp/cm².

Ángulo de rozamiento: Mayor a 45°.

6.2.7. Deslizamientos Superficiales

En el Proyecto se encuentra un deslizamiento que fue caracterizado como traslacional de rocas y suelos (ver anexo 14, ficha para caracterización de movimientos en masa). El mismo se encuentra en las siguientes coordenadas:

X: 683917.233

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Y: 9571181.227

Z: 2675 m s.n.m.

El deslizamiento está obstaculizando la línea de conducción principal, por lo que urge que se implementen medidas de estabilización para dar apertura a la línea de conducción y una correcta fluidez del líquido vital a las parcelas.

Fotografía 29. Deslizamiento traslacional de rocas y suelos.



Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Características del deslizamiento: El movimiento fue caracterizado como deslizamiento traslacional, el estado del movimiento es activo, el estilo del movimiento es único, la distribución es progresivo, la velocidad del movimiento es lenta. El terreno presenta alta humedad debido a que la roca andesita está meteorizada y fracturada, por lo que es mucho más fácil la infiltración de agua a niveles inferiores contribuyendo a la inestabilidad del terreno, la pendiente de la ladera es de 51° y la dirección del movimiento es S35°E; al momento el deslizamiento no cuenta con ninguna medida de estabilización.

Litología: El movimiento presenta andesitas fracturadas con alto grado de meteorización, las andesitas son de color verde grisáceo con fractura irregular y textura áspera, además la presencia de arcilla - limosa depositada sobre la roca andesita, la misma pertenece a la Formación Sacapalca.

Factor de Seguridad: Con los datos obtenidos en campo y en laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA (Estudios de suelos, laboratorio, construcción y consultoría), se procedió a calcular el factor de seguridad por el método de rotura planar.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

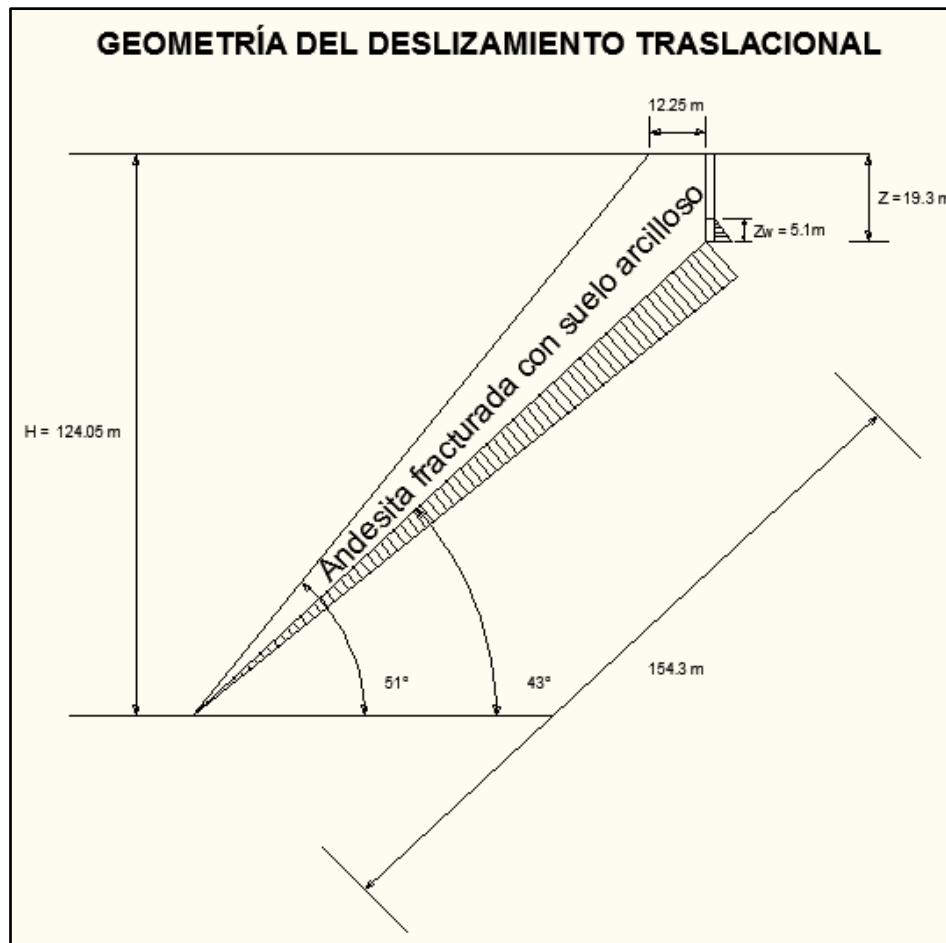


Fig. 18. Geometría del deslizamiento.

Fuente: El Autor.

La muestra para el análisis en el laboratorio, se la recogió en las siguientes coordenadas geográficas:

X: 683980.378

Y: 9571221.804

Z: 2675 m s.n.m.

Los parámetros que se analizaron en la muestra fueron: (ver anexo 15, resultados de laboratorio del deslizamiento).

- Cohesión (C).
- Peso específico seco (γ).

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Datos de Campo:

- Altura (H) = 124.05 m = 12405cm.
- Ángulo de superficie del talud (ϕ_t) = 51°.
- Ángulo de reposo natural (ϕ_p) = 43°.
- Altura de la grieta de tracción (Z) = 19.3 m = 1930 cm.
- Altura de la grieta de tracción con agua (Z_w) = 5.1 m = 510 cm.

Datos de Laboratorio:

- Cohesión (C) = 737.32 Kg/cm².
- Peso específico en material seco (δ) = 2.542 Kg/cm³.

Datos de Tablas:

- Ángulo de estabilidad según Varnes (1978) (Φ) = 30°.
- Peso específico del agua (δ_w) = 0.001 Kg/cm³.

A: Área de la superficie de deslizamiento (supuesta de ancho unidad).

U: Resultantes de las presiones intersticiales que actúan en el plano del deslizamiento.

V: Resultantes de las presiones intersticiales que actúan en el plano del deslizamiento.

W: Peso.

Fs: Factor de Seguridad.

(Φ): Ángulo de superficie de talud.

Determinación del Área de la superficie de deslizamiento (supuesta de ancho unidad) A = ?

$$A = \frac{H - Z}{\text{Sen } \phi_p}$$

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

$$A = \frac{12405 \text{ cm} - 1930 \text{ cm}}{\text{Sen } 43^\circ}$$

$$A = 15361 \text{ cm}$$

Determinación de la Resultante de las presiones intersticiales que actúan en el plano del deslizamiento U = ?

$$U = \frac{1}{2} * \gamma_w * Z_w * A$$

$$U = \frac{1}{2} * 0.001 \text{ Kg/cm}^3 * 510 \text{ cm} * 15361 \text{ cm}$$

$$U = 3917,055 \text{ Kg/cm}^2$$

Cálculo de la Resultante de las presiones intersticiales que actúan en el plano del deslizamiento V = ?

$$V = \frac{1}{2} * \gamma_w * Z_w^2$$

$$V = 0.5 * 0.001 \text{ Kg/cm}^3 * (510 \text{ cm})^2$$

$$V = 130.05 \text{ Kg/cm}$$

Cálculo del Peso W = ?

$$W = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * \left[\frac{1 - \left(\frac{Z^2}{H}\right)}{\tan \varphi_p} - \frac{1}{\tan \varphi_t} \right]$$

$$W = \frac{1}{2} * 2.542 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} * 12405^2 * \left[\frac{1 - \left(\frac{1930^2}{12405}\right)}{\tan 43^\circ} - \frac{1}{\tan 51^\circ} \right]$$

$$W = 195586595.775 \text{ Kg/cm} * (1.0464 - 0.8098)$$

$$W = 46266449.56 \text{ Kg/cm.}$$

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Determinación del Factor de Seguridad Fs = ?

$$F_s = \frac{C * A + (W * \cos\phi - U - V * \sin\phi) * \tan\phi}{W * \sin\phi + V * \cos\phi}$$

F_s

$$= \frac{737.32 \frac{Kg}{cm^2} * 15361cm + \left(46266449.56 \frac{Kg}{cm} * \cos 43^\circ - 3917.055 \frac{Kg}{cm} - 130.05 Kg/cm * \sin 43^\circ\right)}{46266449.56 \frac{Kg}{cm} * \sin 43^\circ + 130.05 Kg/cm * \cos 43^\circ}$$

$$F_s = \frac{11325972.52 \frac{Kg}{cm} + \left(33837139.15 \frac{Kg}{cm} - 3917.055 \frac{Kg}{cm} - 88.69 \frac{Kg}{cm}\right) * \tan 30^\circ}{31553642.72 \frac{Kg}{cm} + 95.112 \frac{Kg}{cm}}$$

$$F_s = \frac{11325972.52 \frac{Kg}{cm} + \left(33833133.405 \frac{Kg}{cm}\right) * \tan 30^\circ}{31553737.84 \frac{Kg}{cm}}$$

$$F_s = \frac{11325972.52 \frac{Kg}{cm} + \left(33833133.405 \frac{Kg}{cm}\right) * \tan 30^\circ}{31553737.84 \frac{Kg}{cm}}$$

$$F_s = \frac{30859541.20 \frac{Kg}{cm}}{31553737.84 \frac{Kg}{cm}}$$

$F_s = 0.98$

Con el Ángulo de Superficie de Talud (Φ) = 51°

$$F_s = \frac{0.98 * 30^\circ}{51^\circ}$$

$F_s = 0.58$

Con el Ángulo de Superficie de Talud (Φ) = 25°

$$F_s = \frac{0.98 * 30^\circ}{25^\circ}$$

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

$$F_s = 1.17$$

Con el Ángulo de Superficie de Talud (Φ) = 20°

$$F_s = \frac{0.98 * 30^\circ}{20^\circ}$$

$$F_s = 1.47$$

Tabla 39. Factor de Seguridad relacionado al Ángulo de Superficie de Talud.

Factor de Seguridad		Ángulo de Superficie de Talud
1.47	Estable	20°
1.17	Estable	25°
0.98	Inestable	30°
0.58	Inestable	51°

Fuente: El Autor.

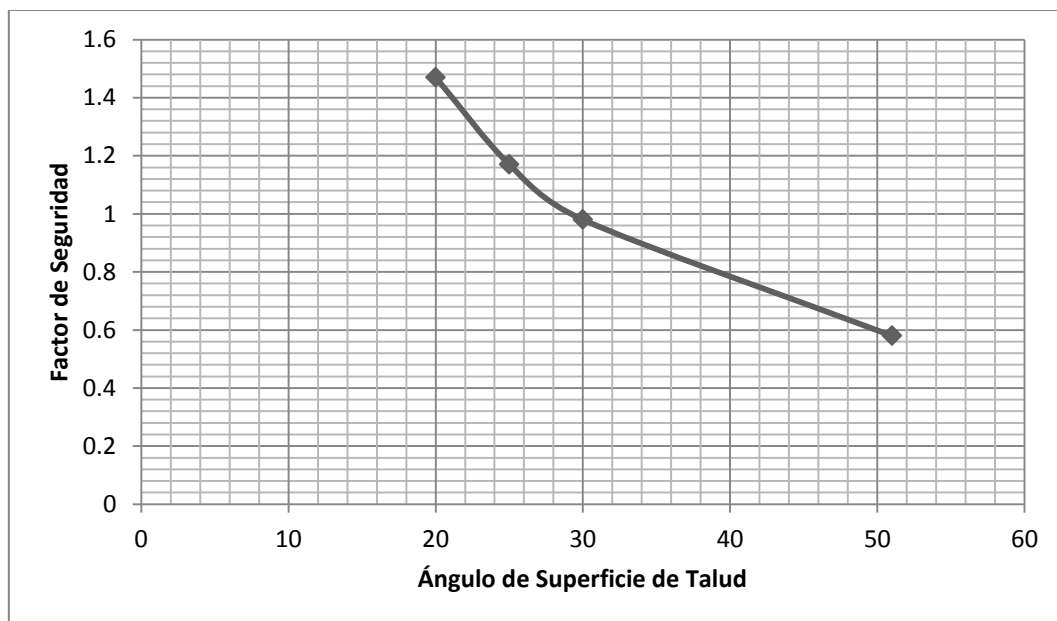


Fig. 19. Gráfica de Sensibilidad.

Fuente: El Autor.

Interpretación 1: Cuando el Ángulo de Superficie de Talud (Φ) = 20° el Factor de Seguridad (F_s) = 1.47, se encuentran las siguientes condiciones:

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- ✓ La litología está representada por andesitas fracturadas con alto grado de meteorización, las andesitas son de color verde grisáceo con fractura irregular y textura áspera, además la presencia de suelo arcilloso depositado sobre la roca andesita, la misma pertenece a la Formación Sacapalca.
- ✓ La precipitación es de 809.27 mm/año.
- ✓ Las condiciones geomorfológicas son: relieve escarpado y vertientes irregulares.
- ✓ Las pendientes que se encuentra en esta zona son: Escarpado de 50° a 70° y montañoso > 70°.
- ✓ Las condiciones de cobertura vegetal son: Bosque y cultivos.
- ✓ Las condiciones de uso actual del suelo es pasto cultivado.

Posible Medida de Estabilización 1: La línea de conducción principal podría pasar por la altura de 75 metros medido desde la corona del deslizamiento, por lo que se debería realizar un terraceo en dos niveles con ángulos de +/- 70°, además la construcción de drenes superficiales.

Interpretación 2: Cuando el Ángulo de Superficie de Talud (Φ) = 51° el Factor de Seguridad (Fs) = 0.58, se encuentran las siguientes condiciones:

- ✓ La litología está representada por andesitas fracturadas con alto grado de meteorización, las andesitas son de color verde grisáceo con fractura irregular y textura áspera, además la presencia de suelos arcilloso depositado sobre la roca andesita, la misma pertenece a la Formación Sacapalca.
- ✓ La precipitación es de 809.27 mm/año.
- ✓ Las condiciones geomorfológicas son: relieve escarpado y vertientes irregulares.
- ✓ Las pendientes que se encuentra en esta zona son: Escarpado de 50° a 70° y montañoso > 70°.
- ✓ Las condiciones de cobertura vegetal son: Bosque y cultivos.
- ✓ Las condiciones de uso actual del suelo es pasto cultivado.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Posible Medida de Estabilización 2: La línea de conducción principal podría pasar por la altura de 75 metros medido desde la corona del deslizamiento, por lo que se debería realizar un terraceo en dos niveles con ángulos de +/- 70°, además la construcción de drenes superficiales, control de rocas - suelos y pernos de anclaje.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

6.3. VALORACIÓN CUALITATIVA DEL SECTOR

El Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur, geológicamente se encuentra en una zona de basamento andesítico de la Formación Sacapalca, sobre este basamento se forman con procesos de meteorización las arcillas limosas; en cuanto a la topografía la zona se destaca por tener relieve regular en el área de regado y un relieve con colinas medianas cerca de la captación; los suelos del sector son utilizados para la agricultura y ganadería, destacándose los cultivos de ciclo corto.

6.3.1. Capacidades en Función de Mecánica de Rocas y Mecánica de Suelos

En base a los resultados obtenidos en laboratorio, ensayos geotécnicos superficiales en campo, caracterización del macizo rocoso, capacidades de los materiales, características geológicas y demás, se procedió a realizar el siguiente análisis.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 40. Capacidades en función de Mecánica de Rocas y Mecánica de Suelos.

Línea de Conducción.	Tipo de Suelo (Clasificación SUCS).	Tipo de Suelo (Clasificación AASHTO).	Capacidad a carga admisible de la cobertura vegetal.	Capacidad a carga admisible del suelo.	Resistencia a la compresión simple de roca andesita.	Valoración del macizo rocoso (Según Bieniawski).	Valoración del macizo rocoso (según Barton).
Principal.	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla.	Gravas arcillosas.	10 a 50 Kg/cm ² .	250 a 500 Kg/cm ² .	1005.80 Kg/cm ² .	Clase I. Calidad muy buena. Tiempo de mantenimiento y longitud 10 años con 15 m de vano. Ángulo de rozamiento mayor a 45°.	Extremadamente buena y se relaciona con Clase I de Bieniawski.
Secundaria 1.	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Arenas limosas.	10 a 50 Kg/cm ² .	250 a 500 Kg/cm ² .	509.82 Kg/cm ² .		
Secundaria 2.	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Arenas limosas.	10 a 50 Kg/cm ² .	250 a 500 Kg/cm ² .	1105.39 Kg/cm ² .		
Secundaria 3.	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Arenas limosas.	10 a 50 Kg/cm ² .	250 a 500 Kg/cm ² .	1314.60 Kg/cm ² .		
Secundaria 4.	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Arena arcillosa.	10 a 50 Kg/cm ² .	250 a 500 Kg/cm ² .	409.63 Kg/cm ² .		

Fuente: El Autor.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Los suelos del Proyecto presentan capacidades de carga admisible aceptables, el suelo en estado seco tiene condiciones de estabilidad, el inconveniente se da cuando el agua se infiltra en el suelo, modificando sus propiedades físicas, haciendo al suelo menos resistente y con cambios de volumen, lo que se traduce en un peligro luego de construida la infraestructura. En lo que se refiere al basamento de andesitas, ésta se encuentra con elevada resistencia a la compresión simple en todas las líneas de conducción, el macizo rocoso tiene la categoría más alta según Bieniawski y Barton, lo que se traduce en estabilidad de la infraestructura.

Se puede construir las líneas de conducción en el sector de estudio, las capacidades de resistencia tanto en suelo como en roca lo permiten, se debe tomar en cuenta que se genera inconvenientes con la presencia de agua, por lo que es necesario utilizar el suelo limoso como material impermeabilizante de las líneas de conducción; además controlar la infiltración de agua al suelo, manteniendo un correcto fluido del líquido, evitando con canales laterales la acumulación de agua en zonas arcillo – limosas.

6.3.2. Mapa de Susceptibilidad a Deslizamiento

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamiento, se relaciona las características hidrológicas, geomorfológicas, pendientes, uso actual de suelo, geología, topografía, cobertura vegetal. Estas características son unificadas en un mapa que representa las zonas más y menos propensas a que se produzca un deslizamiento.

Las zonas inestables del área de estudio se observan en el **anexo 16, mapa de susceptibilidad a deslizamiento**, muestra los sectores más y menos propensos a deslizamientos.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

Tabla 41. Área y porcentaje susceptible a deslizamiento.

Susceptibilidad	Área (ha)	Porcentaje (%)
Muy Baja	16.06	30.94
Baja	14.12	27.20
Media	9.29	17.89
Alta	11.74	22.62
Muy Alta	0.69	1.35
Total	51.9	100

Fuente: El Autor.

La susceptibilidad muy baja representa el 30.94 %, con un área de 16.06 ha; esta zona se caracteriza por tener:

- Geología: Rocas andesitas, arcillas – limosas y piroclastos de toba aglomerática.
- Isoyetas: Precipitación de 809.27 mm/año.
- Geomorfología: Colinas medianas, relieve escarpado y vertientes irregulares.
- Pendientes: Onduladas de 12° a 25°, escarpado de 50° a 70° y montañoso > 70°.
- Cobertura vegetal: Bosque y cultivos.
- Uso actual del suelo: Pasto cultivado y vegetación arbustiva.

La susceptibilidad baja representa el 27.20 %, con un área de 14.12 ha; esta zona se caracteriza por tener:

- Geología: Rocas andesitas, arcillas – limosas y piroclastos de toba aglomerática.
- Isoyetas: Precipitación de 809.27 mm/año.
- Geomorfología: Relieve escarpado y vertientes irregulares.
- Pendientes: Escarpado de 50° a 70° y montañoso > 70°.
- Cobertura vegetal: Bosque y cultivos.
- Uso actual del suelo: Vegetación arbustiva.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

La susceptibilidad media representa el 17.89 %, con un área de 9.29 ha; esta zona se caracteriza por tener:

- Geología: Rocas andesitas, arcillas – limosas y piroclastos de toba aglomerática.
- Isoyetas: Precipitación de 809.27 mm/año.
- Geomorfología: Colinas medianas.
- Pendientes: Onduladas de 12° a 25°.
- Cobertura vegetal: Cultivos.
- Uso actual del suelo: Pasto cultivado.

La susceptibilidad alta representa el 22.62 %, con un área de 11.74 ha; esta zona se caracteriza por tener:

- Geología: Arcilla – limosa y piroclastos de toba aglomerática.
- Isoyetas: Precipitación de 809.27 mm/año.
- Geomorfología: Vertientes irregulares.
- Pendientes: Montañoso > 70°.
- Cobertura vegetal: Bosque y cultivos.
- Uso actual del suelo: Pasto cultivado.

La susceptibilidad muy alta representa el 1.35 %, con un área de 0.69 ha; esta zona se caracteriza por tener:

- Geología: Deslizamiento traslacional de rocas y suelos.
- Isoyetas: Precipitación de 809.27 mm/año.
- Geomorfología: Relieve escarpado.
- Pendientes: Escarpado de 50° a 70°.
- Cobertura vegetal: Bosque.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- Uso actual del suelo: Pasto cultivado.

6.3.3. Definición de Sitios Críticos

El sitio crítico del Proyecto se encuentra cerca a la captación, en la línea de conducción principal, en esta zona se encuentra un deslizamiento traslacional de rocas y suelos, el mismo ha destruido gran parte del hormigón de la línea de conducción y está obstaculizando el recorrido de la conducción, se debe implementar medidas de estabilización urgentes, las mismas ya fueron descritas anteriormente, esta zona se destaca por poseer pendientes escarpadas, topografía montañosa, geológicamente se encuentra en un basamento de andesitas fracturas que sobre yace suelo arcilloso limoso, además socavones abandonados de minería artesanal con dirección al deslizamiento, éstos sumando a las constantes precipitaciones pudieron ser los factores que produjeren el deslizamiento.

Este movimiento en masa se traduce en un problema al momento de construir la infraestructura, por lo que es necesario estabilizarlo antes de iniciar la construcción de la infraestructura.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

7. DISCUSIÓN

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Chantaco (P.D.O.T.) elaborado en el año 2011 por la Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES), la Parroquia está dividida en 3 zonas según su topografía. La zona alta va de 2720 m s.n.m. hasta 3160 m s.n.m. La zona media desde 2280 m s.n.m. hasta 2720 m s.n.m. Y la zona baja desde 1840 m s.n.m. hasta 2280 m s.n.m. Esta información es corroborada por el presente estudio, en el cual se procedió a identificar que la topografía del sector es irregular, con cotas que van de 2515 m s.n.m. a 2700 m s.n.m. lo que confirma la veracidad de dicho levantamiento.

El Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Chantaco 2011 (P.D.O.T.), señala con respecto a la geología, que en su mayor parte se encuentra asentada sobre la Formación Sacapalca al período eoceno-paleoceno, está compuesta de lavas andesíticas con piroclastos y lutitas; dicha información es corroborada en el estudio de la geología local, donde se identificó rocas andesitas, piroclastos de tobas aglomeráticas y suelo arcilloso – limoso, se determinó que el área de estudio pertenece a la Formación Sacapalca, en la zona la roca andesita constituye el basamento donde se encuentra depositados piroclastos de toba aglomerática que oscilan entre 0.75 a 1.5 m de diámetro, y roca meteorizada, específicamente arcilla - limosa amarillenta en diferentes zonas del área de estudio, cabe resaltar que las rocas arcillosas - limosas no constan en la geología del P.D.O.T. además en la zona se encuentran 3 socavones abandonados de minería artesanal y 1 deslizamiento de rocas-suelos; esta información se la puede corroborar en campo, ya que no existen estudios sobre movimientos en masa, ni estudios sobre zonas de explotación minera.

En el análisis geotécnico, la mayor parte del sector de estudio se encuentra constituida por suelos: areno limosos y areno arcillosos, y en menor cantidad: gravas arcillosas, la capacidad de carga va de 250 a 500 Kg/cm², este suelo posee una aceptable capacidad de carga, además el suelo por la presencia de arcilla expansiva con características de aumentar y reducir su volumen con la presencia de agua se constituye en un inconveniente antes y después de la construcción de la infraestructura, por lo que es necesario realizar un tratamiento al mismo con cal para modificar las condiciones de

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

granulometría, textura y compacidad originado por el intercambio de iones entre arcilla y cal. En los análisis de compresión simple de roca andesita, las 5 muestras tienen valores altos de resistencia uniaxial, los valores van desde 409 Kg/cm² a 1314 kg/cm²; relacionando con el hormigón para vías que su resistencia a la compresión simple va de 180 Kg/cm² a 240 Kg/cm², las rocas andesitas del sector pueden soportar la resistencia uniaxial ejercida por la construcción del canal principal y canales secundarios.

El macizo rocoso de la zona de estudio es de categoría I según Bieniawski y la clasificación de Barton, cuyo equivalente es muy bueno, lo que ha permitido a la línea de conducción principal su correcto funcionamiento y garantizará estabilidad para la construcción de los canales secundarios; esta información se la puede corroborar en campo, ya que no existen estudios relacionados a caracterización de macizos rocosos en el área de estudio.

El sector de estudio se clasificó en 5 zonas de susceptibilidad a deslizamiento: muy baja, baja, media, alta y muy alta, entre las cuales la zona de muy alto grado de susceptibilidad es la más propensa a que ocurran deslizamientos, en esta zona se destaca el relieve escarpado con vertientes irregulares además pendientes que oscilan entre 50° a 70°, como cobertura vegetal se encuentra bosques y como geología rocas ígneas y sedimentarias destacándose principalmente la andesita con matriz arcillosa, estos datos los corroboré con las visitas de campo, e información del Instituto Geográfico Militar (IGM).

En el Proyecto se encuentra un deslizamiento traslacional de rocas y suelos a la altura de la línea de conducción principal, en el laboratorio se procedió a calcular la cohesión, peso específico seco y húmedo con la finalidad de determinar el factor de seguridad por el método de rotura planar, como resultado un coeficiente de seguridad de 0.58 con el ángulo de talud 51°, lo que indica que la masa se está desplazando y necesita medidas de estabilización; entre las cuales realizar un terracedo en 2 niveles con ángulos de +/- 70°, además la construcción de drenes superficiales, control de rocas - suelos y pernos de anclaje. Esto con la finalidad de estabilizar el macizo rocoso y dar las condiciones necesarias de funcionamiento para el Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

8. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico a detalle permitió obtener y representar las características geomorfológicas y de relieve por donde corre la línea de conducción principal y por donde se pretende la construcción de 4 líneas de conducción secundarias; la cota más alta se encuentra en la captación 2700 m s.n.m. y la cota más baja 2390 m s.n.m. Además se determinó el área total del Proyecto 51.9 ha y el área de regado 36.74 ha.
- En la geología regional, el sector de estudio se encuentra en la Formación Sacapalca, de edad Paleoceno constituida de lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas y rellena una fosa tectónica de casi 15 km de ancho, la misma que se extiende con dirección sur hacia la frontera con el Perú, los piroclastos son tobas andesíticas con tobas aglomeráticas y aglomerados subordinados.
- En la geología local, la roca arcilla - limosa abarca un área de 21.4 hectáreas, con alto grado de meteorización de color amarillento, su granulometría es de grano fino; la roca andesita abarca un área de 30.1 hectáreas, es de color verde grisáceo, de granulometría fina masiva; los piroclastos de toba aglomerática son verde oscuro, de grano fino con alto grado de meteorización, se identificó 25 piroclastos de estas características con un diámetro que va de 0.75 a 1.5 metros, además en la zona se encuentran 3 socavones abandonados de minería artesanal y 1 deslizamiento traslacional de rocas y suelos.
- En los estudios de suelos, el mayor porcentaje lo ocupan las arenas limosas y arenas arcillosas; y en menor cantidad las gravas arcillosas. La capacidad de carga oscila entre 250 a 500 Kg/cm², lo que se traduce en un suelo aceptable para la construcción, debiéndose tomar en cuenta que el suelo arcilloso – limoso con presencia de agua se traduce en un suelo pobre para cimentaciones por su capacidad de esponjamiento.
- La arcilla tiene peligro de hinchamiento Medio en la línea de conducción principal, puede aumentar de 1 a 3 centímetros y peligro de hinchamiento Alto

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

en las líneas de conducción secundarias 1, 2, 3 y 4, pudiendo aumentar de 3 a 7 centímetros en volumen con presencia de agua.

- La resistencia de compresión simple de las rocas andesitas tienen valores altos que van desde 409 Kg/cm^2 a 1314 kg/cm^2 ; este tipo de roca andesita puede soportar el peso vertical de cualquier tipo de infraestructura.
- Según la caracterización del macizo rocoso de Bieniawski (RMR) y de Barton (Q), el macizo rocoso del sector es de clase I, cuyo equivalente es calidad muy buena, con 10 años de mantenimiento y 15 metros de vano, lo que ha permitido a la línea de conducción principal su correcto funcionamiento.
- En el Proyecto están representadas 5 zonas de susceptibilidad a deslizamiento en el siguiente orden: muy baja ocupa un área de 16.06 ha con el 30.94 %, baja ocupa un área de 14.12 ha con el 27.20%, media con un área de 9.29 ha con el 17.89%, alta ocupa una superficie de 11.74 ha con el 22.62% y muy alta ocupa una superficie de 0.69 ha con el 1.35%.
- El factor de seguridad del deslizamiento traslacional de rocas y suelos es 0.58 con el ángulo de talud 51° , lo que indica que la masa se está desplazando y necesita medidas de estabilización; entre las que se debe realizar un terraceo en 2 niveles con ángulos de $\pm 70^\circ$, además la construcción de drenes superficiales, control de rocas - suelos y pernos de anclaje.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

9. RECOMENDACIONES

- Según las características geológicas del sector, los tramos de las líneas de conducción que pasen por roca arcilla - limosa, es necesario utilizar geomembranas con drenes superficiales con la finalidad de evitar infiltración de agua a las arcillas y así evitar que puedan presentarse problemas como hundimientos o fracturas en la infraestructura.
- En las zonas de susceptibilidad alta y muy alta a deslizamiento, se sugiere utilizar adecuadamente el agua, controlando el exceso de regado e infiltración, para así evitar que se produzcan nuevos deslizamientos.
- Es necesario realizar medidas de estabilización en el deslizamiento traslacional de rocas y suelos, entre las cuales: un terraceo en 2 niveles con ángulos de +/- 70°, además la construcción de drenes superficiales, control de rocas - suelos y pernos de anclaje. Esto con la finalidad de estabilizar el macizo rocoso y dar las condiciones necesarias de funcionamiento del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur.
- Implementar un proceso adecuado de difusión sobre la forma de trabajo y el manejo de canal mientras se establezca la construcción de la obra, con la finalidad de evitar inconvenientes de orden social con los propietarios de los terrenos por donde se pretende el paso de las líneas de conducción.
- Realizar talleres de capacitación a los agricultores del sector, para que tomen conciencia y realicen sus actividades agrícolas en sectores estables y no en sectores donde incrementen la inestabilidad del terreno y así evitar que se produzcan nuevos movimientos en masa.
- Los resultados obtenidos, demuestran que el método heurístico es una eficiente herramienta para la identificación de áreas susceptibles a deslizamiento, su efectividad está dada por las características del sector de estudio, además de relacionar - analizar las diversas variables que inciden en el fenómeno deslizamiento y adecuar el modelo a las condiciones existentes. El inconveniente

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

del método heurístico es introducir un grado de subjetividad que imposibilita el comparar documentos producidos por diferentes autores.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

10. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- Ayala – Carcedo, 2003. Mapeo de áreas susceptibles a deslizamientos de las laderas de los suelos residuales de Chile, p.p. 320, tomado de la página 147.
- Barton N., Lien R. & Lunde J. 1974. "Engineering Classification of Rock Masses for the design of Tunnel Support". Rock Mechanics, Springer Verlag, vol. 6.
- Bowles J. 1980. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, S. A. 210 p. p, tomado de la página 45 -49.
- Chariguin M. 1964. Geología General. Editorial Grijalbo, S. A. 250 p.p. tomado de la página 25.
- Paladines A. y Soto J. 2010. Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador. Editorial UTPL. 311 p. p, tomado de la página 7.
- Sarkar y Karungo, D.P. "An integrated approach for landslie susceptibility mapping using remote sensing and GIS", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2004. 70 p. p.
- Suarez, D. 1999. "Deslizamientos y Análisis Geotécnico". Editorial Blume, p. p. 330, tomado de las páginas 268 – 270.
- Zienkiewicz S. 1970. Mecánica de Rocas en la Ingeniería Práctica. Editorial Blume. 398 p. p. tomado de la página 15.

PUBLICACIONES:

- Alonso Juan. 2006. El estudio geológico – geotécnico en los proyectos de edificación.
- Bieniawski, Z.T. 1973. Engineering classification of jointed rock masses. Trans S. Afr. Inst. Civ. Engrs 15, 335-344.
- Fellenius. 1927. "Cálculo de factor de seguridad en taludes" Madrid. España.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- G.L Johnson, P.R Vogt, R Hey, J Campsie, A Lowrie. 1976. Morphology and structure of the Galapagos Rise. Marine Geology.
- Jansseen, R, 1993. “Apoyo de decisión multi-objetivo a dirección ambiental. Decisiones definidas de un juego finito de alternativas: discos de demostración e instrucción”. Kluwer Editores Académicos, Dordrecht (Países Bajos). 232 pp. ISBN 0-7923- 1908-7.
- Memoria Técnica Valoración Recurso Hídrico Loja, Agosto 2006.
- Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Chantaco 2011.
- Plan de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la cuenca Catamayo – Chira 2011.
- Programa de Monitoreo Conjunto OMS/UNICEF para agua potable y saneamiento /2010.
- Sistema de investigación de la problemática agraria en el Ecuador /2010 (SIPAE).
- United States Geological Survey. Minerals Commodity Summaries. 2004.
- Vásquez, 2002. “Estudio geotécnico de deslizamientos en laderas”. México.

INSTITUCIONES:

- Ilustre Municipio de Loja, foto aérea de la Parroquia Chantaco, escala 1:10.000, año 2004.
- Instituto Geográfico Militar (IGM), datos geomorfología, uso actual de suelo, pendientes, temperatura y cobertura vegetal, escala 1:50.000 año 2011.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), datos meteorológicos de las estaciones Catamayo y La Argelia, año 1969 - 1998.
- Programa Regional para el Desarrollo del Sur (PREDE-SUR), datos meteorológicos de la estación El Cisne, año 1969 - 1998.

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

- Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) – Agencia Loja 2011, caudal de la quebrada Fátima – Dur Dur.

PÁGINAS WEB:

- http://es.wikipedia.org/wiki/Estudio_de_suelos (Estudio de Suelos).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_geot%C3%A9cnica (Geotecnia).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Mapa_tem%C3%A1tico (Mapa temático).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Zonificaci%C3%B3n> (Zonificación).
- <http://informaciona.com/manual-ilwis-3.4> (Manual ILWIS 3.4)

CORREO ELECTRÓNICO:

- Correo electrónico: josho1986@hotmail.com

Estudio geológico-geotécnico de área de influencia directa del Proyecto de Riego Fátima entre los sectores Dur Dur – Fátima de la Parroquia Chantaco, Provincia de Loja.

11. ANEXOS

ANEXO 1. SIG ILWIS 3.4

1. Ranking de los métodos de evaluación de peso

a. Método del valor esperado

b. Método de suma de rangos

1. Ranking de los métodos de evaluación de peso

El conjunto de pesos de un problema con tres criterios (c_1 , c_2 , c_3) que son no negativos y se suman a una se representa como triángulo ABC de la figura 1. Si criterio c_1 es más importante que el criterio de c_2 y el criterio C_2 es más importante que el criterio c_3 , entonces el conjunto de pesos factibles S es igual a la ADE triángulo sombreado en la Figura 1. Esto demuestra que la información contenida en la orden es sustancial. Desde el conjunto de pesos que no son negativas y suman 1, sólo $1/6$ demuestra seguir siendo viable.

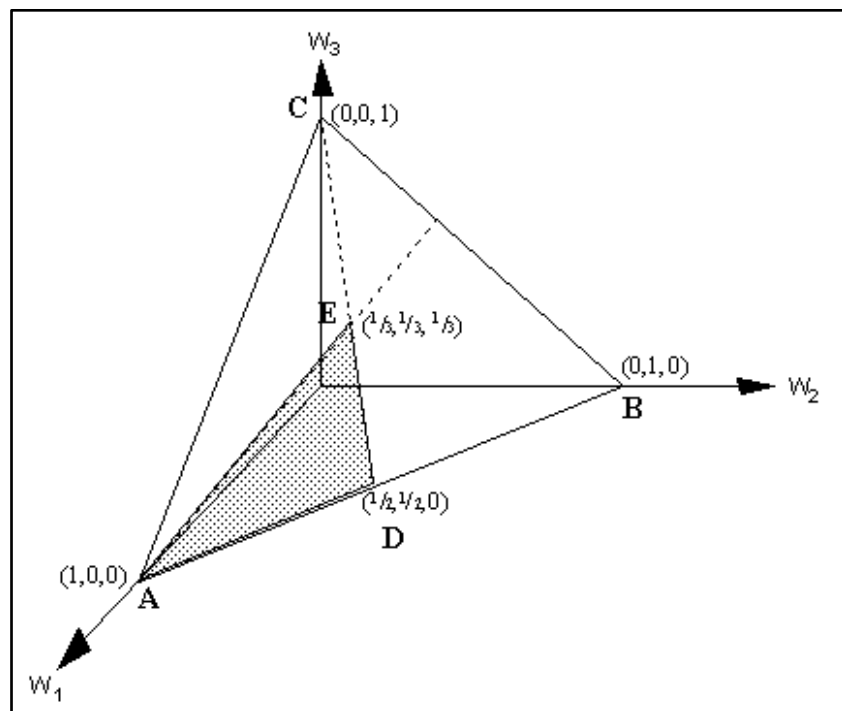


Figura 1. Peso factible en un problema con los tres criterios. El área sombreada $W_1 \geq W_2 \geq W_3$.

Fuente: Janssen, 1993.

1a. Método del valor esperado

El valor esperado en un método para el uso de la información sobre el conjunto S de pesos factibles para producir pesos cuantitativos.

El método del valor esperado supone que cada conjunto de pesos que se ajusta al orden de importancia de los criterios tiene la misma probabilidad. El vector de peso se calcula como el valor esperado del conjunto factible. En la ADE triángulo sombreado (juego S) de la figura 1, el valor esperado se encuentra como el centro de gravedad de este triángulo (Figura 2). Este método da como resultado un vector de peso único. En combinación con, por ejemplo, una suma ponderada que también da como resultado una clasificación completa de las alternativas.

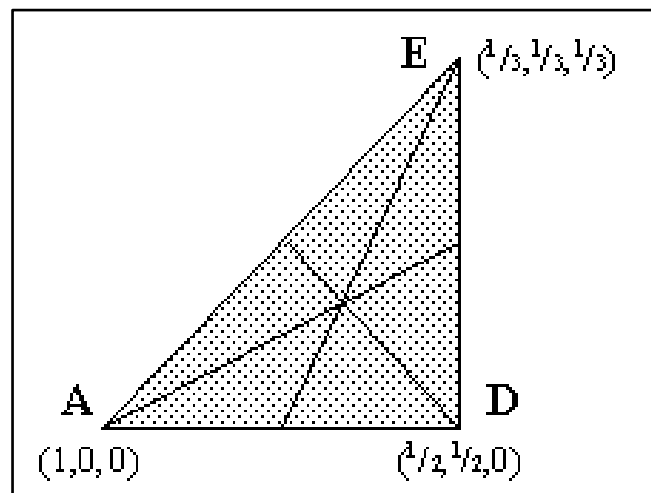


Figura 2. Centroide de un triángulo.

Fuente: Janssen, 1993

El método calcula el valor esperado de peso, w_k , para k criterio de acuerdo con la Fórmula 1, donde n es el número de criterios. Los pesos se ajustan al orden de importancia de los criterios definidos por el conjunto S , lo que significa que $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n \geq 0$.

$$w_k = \sum_{i=1}^{n+1-k} \frac{1}{n(n+1-i)} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Por ejemplo, calcular los respectivos pesos W_k con número de criterios $n = 3$.

Para para W_1 .

$$W_k = \sum_{i=1}^{n+1-k} \frac{1}{n(n+1-i)}$$

$$W_1 = \sum_{i=1}^{3+1-1} \frac{1}{3(3+1-i)}$$

$$W_1 = \sum_{i=1}^3 \frac{1}{9}$$

$$W_1 = \sum_{i=1}^{3+1-2} \frac{1}{3(3+1-i)}$$

$$W_1 = \sum_{i=1}^2 \frac{1}{6}$$

$$W_1 = \sum_{i=1}^{3+1-3} \frac{1}{3(3+1-i)}$$

$$W_1 = \sum_{i=1}^1 \frac{1}{3}$$

$$W_1 = \sum_{i=1}^1 \frac{1}{3}$$

$$W_1 = \frac{1}{9} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{6 + 3 + 2}{18} = \frac{11}{18} = 0.61$$

Para el W_2 .

$$W_2 = \sum_{i=1}^{3+1-2} \frac{1}{3(3+1-i)}$$

$$W_2 = \sum_{i=1}^2 \frac{1}{9}$$

$$W_2 = \sum_{i=1}^{3+1-3} \frac{1}{3(3+1-i)}$$

$$W_2 = \sum_{i=1}^1 \frac{1}{6}$$

$$W_2 = \frac{1}{9} + \frac{1}{6} = \frac{2+3}{18} = \frac{5}{18} = 0.28$$

Para el W_3 ,

$$W_3 = \sum_{i=1}^{3+1-3} \frac{1}{3(3+1-1)}$$

$$W_3 = \sum_{i=1}^1 \frac{1}{9}$$

$$W_3 = \frac{1}{9} = 0.11$$

La Tabla 1 muestra los vectores de ponderación para diferentes números de criterios de acuerdo con la Fórmula 1.

Tabla 1: Ejemplo de valor esperado de pesos criterio.

Cantidad de criterios	El valor esperado de pesos criterio						
	\underline{N}	$\underline{E}(w1)$	$\underline{E}(w2)$	$\underline{E}(w3)$	$\underline{E}(w4)$	$\underline{E}(W5)$	$\underline{E}(w6)$
2		0.75	0.25				
3		0.61	0.28	0.11			
4		0.52	0.27	0.15	0.06		
5		0.46	0.26	0.16	0.09	0.04	
6		0.41	0.26	0.16	0.10	0.06	0.03

Fuente: Janssen, 1993

1b. Método de suma de rangos

Otro método para generar pesos numéricos de una orden de importancia de los criterios es el método de suma de rangos. Este método calcula el peso, W_k , para k criterio de acuerdo con la fórmula 2 donde n es el número de criterios. Una vez más, los pesos se ajustan al orden de importancia de los criterios definidos por el conjunto S , lo que significa que $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n \geq 0$.

$$W_k = \frac{n + 1 - k}{\sum_{i=1}^n (n + 1 - i)}$$

(Fórmula 2)

La Tabla 2 muestra los vectores de ponderación para diferentes números de criterios de acuerdo con la Fórmula 2.

Por ejemplo, calcular los respectivos pesos W_k con número de criterios $n=4$.

Para para W_1 .

$$W_k = \frac{n + 1 - k}{\sum_{i=0}^n (n + 1 - i)}$$

$$W_1 = \frac{4 + 1 - 1}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 1)}$$

$$W_1 = \frac{4}{\sum_{i=0}^4 4}$$

$$W_1 = \frac{4 + 1 - 1}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 2)}$$

$$W_1 = \frac{4}{\sum_{i=0}^4 3}$$

$$W_1 = \frac{4 + 1 - 1}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 3)}$$

$$W_1 = \frac{4}{\sum_{i=0}^4 2}$$

$$W_1 = \frac{4 + 1 - 1}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 4)}$$

$$W_1 = \frac{4}{\sum_{i=0}^4 1}$$

$$W_1 = \frac{4}{4 + 3 + 2 + 1} = \frac{4}{10} = 0.4$$

Para para W_2 .

$$W_2 = \frac{4 + 1 - 2}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 1)}$$

$$W_2 = \frac{3}{\sum_{i=0}^4 4}$$

$$W_2 = \frac{4 + 1 - 2}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 2)}$$

$$W_2 = \frac{3}{\sum_{i=0}^4 3}$$

$$W_2 = \frac{4 + 1 - 2}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 3)}$$

$$W_2 = \frac{3}{\sum_{i=0}^4 2}$$

$$W_2 = \frac{4 + 1 - 2}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 4)}$$

$$W_2 = \frac{3}{\sum_{i=0}^4 1}$$

$$W_2 = \frac{3}{4 + 3 + 2 + 1} = \frac{3}{10} = 0.3$$

Para para W_3 .

$$W_3 = \frac{4 + 1 - 3}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 1)}$$

$$W_3 = \frac{2}{\sum_{i=0}^4 4}$$

$$W_3 = \frac{4 + 1 - 3}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 2)}$$

$$W_3 = \frac{2}{\sum_{i=0}^4 3}$$

$$W_3 = \frac{4 + 1 - 3}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 3)}$$

$$W_3 = \frac{2}{\sum_{i=0}^4 2}$$

$$W_3 = \frac{4 + 1 - 3}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 4)}$$

$$W_3 = \frac{2}{\sum_{i=0}^4 1}$$

$$W_3 = \frac{2}{4 + 3 + 2 + 1} = \frac{2}{10} = 0.2$$

Para para W_4 .

$$W_4 = \frac{4 + 1 - 4}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 1)}$$

$$W_4 = \frac{1}{\sum_{i=0}^4 4}$$

$$W_4 = \frac{4 + 1 - 4}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 2)}$$

$$W_4 = \frac{1}{\sum_{i=0}^4 3}$$

$$W_4 = \frac{4 + 1 - 4}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 3)}$$

$$W_4 = \frac{1}{\sum_{i=0}^4 2}$$

$$W_4 = \frac{4 + 1 - 4}{\sum_{i=0}^4 (4 + 1 - 4)}$$

$$W_4 = \frac{1}{\sum_{i=0}^4 1}$$

$$W_4 = \frac{1}{4 + 3 + 2 + 1} = \frac{1}{10} = 0.1$$

Tabla 2: Ejemplo de pesos criterio utilizando el método de suma de rangos.

Cantidad de criterios	Criterio pesos utilizando el método de suma de rangos.					
<u>N</u>	<u>w1</u>	<u>w2</u>	<u>w3</u>	<u>w4</u>	<u>w5</u>	<u>w6</u>
2	0.66	0.33				
3	0.50	0.33	0.17			
4	0.40	0.30	0.20	0.10		
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07	
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05

Fuente: Janssen, 1993

ANEXO 2. MAPA TOPOGRÁFICO

**ANEXO 2.1. CORTE
LONGITUDINAL A-A0 Y A0-A1**

**ANEXO 2.2. CORTE
LONGITUDINAL A0-A2 Y A0-A3**

**ANEXO 2.3. CORTE
LONGITUDINAL A0-A4**

**ANEXO 3. ÁREA DE REGADO
DEL PROYECTO**

**ANEXO 4. FICHA PARA
RECONOCIMIENTO Y
DESCRIPCIÓN DE
AFLORAMIENTOS**

Ficha # 1

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS	
Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684562.334 Y= 9571140.547 Z= 2445.157
Dimensiones	Ancho= 140.8 metros Largo= 262 metros
Resistencia a la Rotura	Alta a media
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspera
Color	Verde Oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida de grano fino
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Andesita

Fuente: El Autor.

Ficha # 2

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684105.729 Y= 9571275.839 Z= 2672.342
Dimensiones	Ancho= 197.3 metros Largo= 496.6 metros
Resistencia a la Rotura	Alta a media
Fractura – Aspecto	Granular Irregular
Textura	Poco áspera
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida masiva con poco grado de meteorización
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Andesita

Fuente: El Autor.

Ficha # 3

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684151.383 Y= 9571474.696 Z= 2650.352
Dimensiones	Ancho= 52 metros Largo= 127.3 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspera
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida de grano fino masiva con poco grado de meteorización
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Andesita

Fuente: El Autor.

Ficha # 4

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684097.141 Y= 9571230.539 Z= 2660.321
Dimensiones	Ancho= 10.2 metros Largo= 16.9 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular – desmorona fácilmente
Textura	Áspera- estratificada
Color	Amarillo pálido
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media-alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grado fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 5

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS	
Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684161.163 Y= 9571240.388 Z= 2625.542
Dimensiones	Ancho= 18.2 metros Largo= 24.1 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarrillo pálido
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media - alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grado fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 6

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684138.181 Y= 9571270.484 Z= 2640.521
Dimensiones	Ancho= 6.2 metros Largo= 8.1 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillenta
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media - alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grado fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 7

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684059.384 Y = 9571287.447 Z = 2670.521
Dimensiones	Ancho = 53.3 metros Largo =79.4 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	No
Color	Amarillenta
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media – alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 8

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684120.043 Y = 9571361.543 Z = 2655.311
Dimensiones	Ancho = 8.8 metros Largo = 12. 5 metros
Resistencia a la Rotura	Baja – media
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillo pálido
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media- alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con medio grado de meteorización
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 9

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684171.446 Y = 9517375.394 Z = 2640.212
Dimensiones	Ancho = 15.9 metros Largo = 30.3 metros
Resistencia a la Rotura	Baja a media
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillento
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media- alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 10

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684144.052 Y = 9571395.709 Z = 2650.221
Dimensiones	Ancho = 10 metros Largo = 33.2 metros
Resistencia a la Rotura	Baja a media
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillenta
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media- alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grado fino con alto grado de meteorización
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 11

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684314.559 Y =9571508.855 Z = 2600.122
Dimensiones	Ancho = 379.5 metros Largo = 435.8 metros
Resistencia a la Rotura	Baja a media
Fractura – Aspecto	Granular Irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillento
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media-alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 12

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684425.282 Y = 9571491.968 Z = 2535.212
Dimensiones	Ancho = 30.1 metros Largo = 83.5 metros
Resistencia a la Rotura	Alta a media
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspera
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea ácido masiva con bajo grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Andesita

Fuente: El Autor.

Ficha # 13

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684558.097 Y= 9571748.353 Z= 2521.221
Dimensiones	Ancho= 572.2 metros Largo= 690.1 metros
Resistencia a la Rotura	Alta a media
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspera
Color	verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida masiva con poco grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Andesita

Fuente: El Autor.

Ficha # 14

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684921.274 Y = 9571801.532 Z = 2410.213
Dimensiones	Ancho = 70 metros Largo = 218 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillento
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media- alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 15

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684726.282 Y= 9571710.306 Z= 2464.322
Dimensiones	Ancho= 102.1 metros Largo= 242.5 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillenta
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media - alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 16

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =685014.76 Y = 9571723.705 Z = 2415.212
Dimensiones	Ancho = 8 metros Largo = 23.3 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillenta
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad media
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con medio grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 17

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684678.315 Y= 9571624.027 Z= 2475.268
Dimensiones	Ancho= 19.3 metros Largo= 35.4 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillenta
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 18

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684770.886 Y = 9571620.102 Z = 2455.621
Dimensiones	Ancho = 31.6 metros Largo = 54.3 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera- muy áspera
Color	Amarillo pálido
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grado fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 19

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684863.457 Y = 9571620.333 Z = 2431.891
Dimensiones	Ancho = 19.8 metros Largo = 30.3 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillo pálido
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto gado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 20

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684950.256 Y = 9571672.967 Z = 2418.213
Dimensiones	Ancho = 22.9 metros Largo = 54.3 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillo pálido
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 21

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684997.767 Y = 9571613.903 Z = 2400.002
Dimensiones	Ancho =15 metros Largo = 48.1 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillento
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 22

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684768.785 Y =9571549.967 Z =2455.233
Dimensiones	Ancho = 13 metros Largo = 20 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillenta
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 23

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684695.879 Y =9571468.683 Z = 2470.112
Dimensiones	Ancho = 26.5 metros Largo = 28.1 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillento
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 24

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684802.782 Y = 9571399.831 Z = 2436.221
Dimensiones	Ancho = 20.5 metros Largo = 38.15 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillento
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 25

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684693.466 Y =9571333.819 Z =2455.981
Dimensiones	Ancho = 15.2 metros Largo = 75.3 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillento
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 26

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684773.921 Y= 9571240.836 Z= 2420.121
Dimensiones	Ancho= 148.3 metros Largo= 398.2 metros
Resistencia a la Rotura	Baja
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Áspera
Color	Amarillento
Inmersión H₂ O₂	Alterabilidad alta
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca sedimentaria de grano fino con alto grado de meteorización.
Granulometría	Fina
Tipo de Roca	Arcilla - limosa

Fuente: El Autor.

Ficha # 27

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X =684031.085 Y =9571246.729 Z = 2674.521
Dimensiones	Diámetro = 1.2 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 28

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684056.342 Y= 9571235.591 Z= 2671.351
Dimensiones	Diámetro= 0.98 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 29

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684084.35 Y= 9571253.412 Z= 2665
Dimensiones	Diámetro= 1.8 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 30

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684056.702 Y =9571296.587 Z =2669.892
Dimensiones	Diámetro= 1.6 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 31

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684063.647 Y =9571333.866 Z =2666.263
Dimensiones	Diámetro= 1.9 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 32

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS	
Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684412.293 Y = 9571350.016 Z = 2657.110
Dimensiones	Diámetro= 1.1 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 33

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684158.842 Y= 9571388.9 Z= 2641.2211
Dimensiones	Diámetro= 0.85 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 34

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684088.772 Y= 95711385.952 Z= 2663.655
Dimensiones	Diámetro= 0.91 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 35

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684157.63 Y= 9571463.295 Z= 2646.122
Dimensiones	Diámetro= 0.80 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 36

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684217.513 Y = 9571417.105 Z = 2631.212
Dimensiones	Diámetro= 0.75 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 37

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684177.646 Y = 9571497.494 Z = 2644.422
Dimensiones	Diámetro= 1.2 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 38

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684276.838 Y =9571481.475 Z = 2613.156
Dimensiones	Diámetro= 1.2 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 39

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684334.329 Y = 9571644.055 Z = 2600.991
Dimensiones	Diámetro= 0.80 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 40

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684378.552 Y= 9571632.327 Z= 2578.721
Dimensiones	Diámetro= 0.98 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 41

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684567.994 Y= 9571609.593 Z= 2507.221
Dimensiones	Diámetro= 1.3 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 42

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684700.119 Y= 9571531.556 Z= 2471.204
Dimensiones	Diámetro= 1.6 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 43

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684758.225 Y= 9571496.624 Z= 2456.212
Dimensiones	Diámetro= 0.65 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 44

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684971.373 Y= 9571743.484 Z= 2408.233
Dimensiones	Diámetro= 1.4 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 45

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684389.068 Y= 9571363.713 Z= 2529.120
Dimensiones	Diámetro= 1.7 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 46

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684549.737 Y = 9571120.479 Z = 2446.120
Dimensiones	Diámetro= 0.91 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 47

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684611.402 Y = 9571252.931 Z = 2456.206
Dimensiones	Diámetro= 1.3 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 48

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684599.886 Y = 9571771.372 Z =2500.991
Dimensiones	Diámetro= 1.6 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 49

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS	
Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684572.9 Y= 9571849.441 Z= 2512.110
Dimensiones	Diámetro= 0.80 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 50

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X = 684951.895 Y = 9571559.52 Z = 2422.116
Dimensiones	Diámetro= 0.88 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

Ficha # 51

FICHA PARA RECONOCIMIENTO DE ROCAS Y DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Coordenadas UTM Datum WGS84	X= 684776.021 Y= 9571238.57 Z= 2423.210
Dimensiones	Diámetro= 1.1 metros
Resistencia a la Rotura	Alta
Fractura – Aspecto	Granular irregular
Textura	Poco áspero
Color	Verde oscuro
Inmersión H₂ O₂	Inalterable
Inmersión H CL Diluido a 5%	No
Descripción Litológica	Roca ígnea acida
Granulometría	Masiva – muy fina
Tipo de Roca	Piroclasto de toba

Fuente: El Autor.

**ANEXO 5. ANÁLISIS
MINERALÓGICO Y
PETROGRÁFICO**



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, MINAS E INGENIERÍA CIVIL
SECCION MINERÍA Y METALURGIA

INFORME ANALISIS FISICO DE MUESTRA DE ROCA

MINERALOGÍA Y PETROGRAFÍA

Nombre del solicitante: Sr. José Armando Aguinaca G.
Dirección: Colón y Olmedo
Tipo de muestra: Suelo
Fecha de recepción: 9 de abril de 2013
Fecha de reporte: 17 de abril de 2013
No. Exp: 011-2013
Código de la muestra: muestra # 1

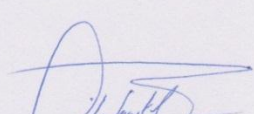
RESULTADOS:

MINERALOGIA

Plagioclasas sódicas: 20 – 25 %
Feldespatos: 15 – 20 %
Cuarzo: 10 – 20 %
Limonitas: 10 – 20 %
Anfíboles: 5 – 10 %
Granates: 2 – 5 %
Magnéticos: < 1 %

- ❖ Por las características físicas macroscópicas de la roca y el análisis mineralógico bajo microscopio universal stereo zoon, la muestra analizada se trata de **ROCA METEORIZADA, SUELO ARCILLOSO LIMOSO DE COLOR ROJO LADRILLO.**

NOTA: Este informe técnico no significa certificación de calidad y no debe ser usado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección del Laboratorio. **Los resultados corresponden únicamente a las muestras ensayadas.**


Ing. José Arturo Guartán M.
TECNICO ANALISTA – DGMIC
SECCION MINERIA-METALURGIA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no
Renovables

Laboratorio Geoquímico, Minero y Ambiental

Sección Mineralogía y Petrografía

Reporte: ANALISIS DE LABORATORIO
Fecha de recepción: 23 de mayo de 2013
Procedencia: Barrio Fátima Alto, Parroquia Chantaco, Cantón y Provincia de Loja
Código muestra: M001
Tipo de muestra: Fragmento de roca
Requerimiento: **Análisis mineralógico y petrográfico**
Solicitado por: Egsdo. José Armando Aguinsaca
Analista: Dr. Luis Angamarca Ll.
Instrumento utilizado: - Balanza analítica de precisión METTLER TOLEDO PB 303.
- Estéreo-microscopio NIKON 256 10-40X

Resultado análisis:

MINERALÓGICO

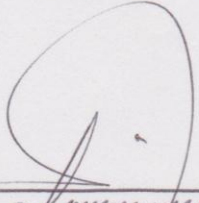
Componentes muestra:

- Cuarzo	12,0%
- Plagioclasas y Feldespatos	58,0%
- Pirita	03,0%
- Piroxeno (augita)	06,0%
- Hornblenda	08,3%
- Calcita	05,0%
- Otros	07,7%

PETROGRÁFICO

Nombre: **Andesita brechosa**
Tipo: Roca ígnea efusiva
Aspecto: Gris claro a verdoso
Textura: Fanerítica
Estructura: Masiva
Granulometría: Fina
Alteración: Medianamente alterada
Característica: Relativamente dura

Loja, 28 de mayo de 2013


Dr. Luis Angamarca Ll.
TÉCNICO LABORATORIO
GEOQUIMICO MINERO Y AMBIENTAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA, MINAS E INGENIERÍA CIVIL
SECCION MINERÍA Y METALURGIA

INFORME ANALISIS FISICO DE MUESTRA DE ROCA

MINERALOGÍA Y PETROGRAFÍA

Nombre del solicitante: Sr. José Armando Aguiñaca G.
Dirección: Colón y Olmedo
Tipo de muestra: **Roca**
Fecha de recepción: 9 de abril de 2013
Fecha de reporte: 17 de abril de 2013
No. Exp: 011-2013
Código de la muestra: **muestra # 3**

RESULTADOS:

MINERALOGIA

Cuarzo:	30 – 40 %
Estaurolitas:	10 – 15 %
Limonitas:	10 – 15 %
Olivinos:	5 – 10 %
Sillimanitas:	5 – 10 %
Anfíboles:	5 – 10 %
Fragmentos de roca:	5 – 10 %
Limonitas:	5 – 10 %
Pirita y magnéticos:	< 1 %

- ❖ Por las características físicas macroscópicas de la roca y el análisis mineralógico bajo microscopio universal stereo zoon, la muestra analizada se trata de **TOBA AGLOMERATICA**.

NOTA: Este informe técnico no significa certificación de calidad y no debe ser usado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección del Laboratorio. **Los resultados corresponden únicamente a las muestras ensayadas.**

Ing. José Arturo Guartán M.
TECNICO ANALISTA – DGMIC
SECCION MINERIA-METALURGIA



**ANEXO 6. MAPA GEOLÓGICO -
ESTRUCTURAL**

**ANEXO 6.1. CORTE GEOLÓGICO
A-A0 Y A0-A1**

ANEXO 6.2. CORTE GEOLÓGICO
A0–A2 Y A0–A3

ANEXO 6.3. CORTE GEOLÓGICO

A0–A4

**ANEXO 7. TEMPERATURA
MEDIA DE LA ESTACIÓN
METEOROLÓGICA
CATAMAYO**

Temperatura media de la Estación Meteorológica Catamayo, desde el año 1971 hasta el año 1998.

TEMPERATURA MEDIA		(periodo 1971-1998)														
Nro.	ESTACION	ALTITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	OSC
1	La Esperanza	12	24.8	26.0	25.7	25.0	23.4	21.8	20.7	19.9	20.0	20.4	21.4	23.1	22.7	6.1
2	Mallares	45	26.4	27.2	26.9	25.9	24.2	22.7	21.6	21.4	21.9	22.3	23.2	24.8	24.0	5.7
3	Chilaco	90	26.2	26.9	26.6	25.9	24.1	22.5	21.5	21.4	21.7	22.2	23.0	24.7	23.9	5.5
4	Sausal de Culucal	980	22.7	22.8	23.0	22.8	22.5	22.1	21.9	22.2	22.6	22.8	22.9	22.9	22.6	1.1
5	Zapotillo	120	26.5	27.3	27.1	27.0	25.9	24.4	24.0	24.1	24.6	25.2	25.8	26.5	25.7	3.3
6	Macara	460	26.0	25.9	25.7	25.0	24.2	23.7	23.4	23.9	24.7	25.0	25.4	25.9	24.9	2.5
7	Celica	2010	14.9	15.0	15.4	15.5	15.8	15.9	16.0	15.8	15.9	15.7	15.9	15.9	15.6	1.1
8	Ayabaca	2700	12.5	12.6	12.8	13.1	13.2	13.1	13.0	13.2	13.3	13.0	12.9	12.6	12.9	0.8
9	Cariamanga	1960	17.3	17.4	17.6	17.7	17.7	17.8	17.7	17.9	18.0	17.8	17.6	17.6	17.7	0.6
10	Gonzanama	2060	16.5	16.5	16.6	16.8	17.1	17.1	16.9	17.0	17.1	17.0	16.8	16.7	16.8	0.6
11	Amaluza	1720	19.8	19.7	19.9	20.1	20.3	20.5	20.6	20.8	20.7	20.5	20.4	20.2	20.3	1.0
12	Catamayo	1230	24.0	23.7	23.9	23.9	24.0	24.2	24.1	24.3	24.5	24.4	24.4	24.4	24.2	0.8
13	Malacatos	1500	20.5	20.3	20.2	20.3	20.2	20.1	20.0	20.3	20.8	20.6	20.9	20.9	20.4	0.9
14	Quinara	1560	20.7	20.6	20.7	20.6	20.5	20.4	20.1	20.5	20.8	20.9	21.2	21.0	20.7	1.0
15	Vilcabamba	1520	20.5	20.4	20.6	20.5	20.3	20.2	20.1	20.4	20.8	20.9	21.0	20.8	20.5	0.8
16	Yangana	1860	19.1	19.0	19.1	19.1	19.1	18.8	18.2	18.8	19.2	19.3	19.6	19.4	19.1	1.4

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

ANEXO 8. DATOS DE PRECIPITACIÓN

Precipitación Total Mensual (mm)

Estación : LA ARGELIA

Institución : INAMHI

Latitud N : 9,553,464

Longitud E : 699,403

Codigo : M-033

Altitud : 2165 msnm

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1969	76.4	114.4	52.3	123.4	56.2	58.8	18.5	126.2	38.4	39.5	69.3	169.1	942.5
1970	209.3	156.0	115.8	30.5	64.2	169.0	63.9	41.1	47.2	79.4	43.0	44.0	1063.4
1971	80.0	119.5	137.3	57.3	40.9	61.7	59.5	54.2	45.9	73.2	40.0	100.8	870.3
1972	111.0	116.6	195.0	105.8	62.4	53.9	115.1	24.5	50.3	42.1	111.9	81.5	1070.1
1973	116.9	167.9	112.7	58.5	52.2	59.1	76.3	41.8	33.4	22.8	43.0	53.1	837.7
1974	50.4	82.4	132.1	11.8	28.7	60.4	122.4	31.4	43.2	87.7	126.1	107.8	884.4
1975	78.8	202.7	67.9	87.4	56.3	101.5	70.3	95.4	42.0	86.5	62.8	17.2	968.8
1976	105.4	163.8	84.9	130.5	40.7	81.9	63.3	112.4	14.4	19.7	56.0	59.7	932.7
1977	72.0	120.6	138.5	149.5	31.3	93.0	30.9	57.5	52.6	72.4	52.5	60.9	931.7
1978	49.5	50.4	182.5	8.9	73.7	62.9	47.4	43.9	28.5	39.8	17.6	44.8	649.9
1979	43.3	45.3	172.1	94.4	20.9	9.4	7.6	29.6	35.9	40.2	20.8	41.7	561.2
1980	108.5	144.3	151.2	179.6	49.7	54.7	24.6	26.9	22.4	78.0	61.0	86.9	987.8
1981	66.5	86.0	104.2	60.7	18.1	18.6	30.9	22.5	7.2	127.5	60.9	118.1	721.2
1982	112.8	49.4	143.4	146.9	78.3	11.3	27.5	21.9	43.8	122.9	37.2	131.4	926.8
1983	139.7	133.7	220.2	78.9	68.7	27.7	52.2	13.3	37.2	94.1	12.3	138.3	1016.3
1984	49.7	210.0	173.2	101.2	57.4	84.0	75.5	30.5	46.6	96.1	73.7	54.3	1052.2
1985	54.2	120.6	138.5	94.4	150.5	19.9	43.1	63.0	48.9	101.3	79.9	109.5	1023.8
1986	46.7	128.4	89.2	121.2	41.0	14.8	33.1	25.4	57.2	58.1	56.3	90.0	761.4
1987	64.1	87.3	115.4	112.8	64.7	10.8	94.6	48.2	40.9	84.8	126.6	71.7	921.9
1988	116.4	143.9	84.9	111.1	55.2	26.8	65.6	46.6	45.0	73.8	70.6	65.2	905.1
1989	159.2	161.6	205.3	47.6	63.0	44.3	34.7	34.1	64.2	130.1	14.8	20.7	979.6
1990	131.7	161.3	142.8	131.1	77.1	83.0	43.8	33.2	27.1	85.4	107.8	115.0	1139.3
1991	113.1	153.5	197.0	59.6	70.1	64.0	39.2	61.9	30.9	61.0	22.6	66.5	939.4
1992	83.5	125.3	94.1	97.0	57.6	47.7	50.4	15.7	39.4	47.1	103.6	64.5	825.9
1993	85.4	105.4	317.2	93.4	23.4	50.3	62.7	29.2	45.6	91.5	48.0	198.1	1150.2
1994	213.8	77.6	285.5	123.3	54.1	53.8	81.5	69.3	37.0	29.6	42.8	104.6	1172.9
1995	59.8	88.0	93.4	52.8	64.7	10.1	33.6	19.9	22.3	36.8	129.0	121.3	731.7
1996	98.3	126.9	153.2	97.8	30.7	46.5	38.6	34.4	37.1	57.9	13.0	27.0	761.4
1997	68.1	109.2	101.2	69.9	46.2	20.7	50.2	35.2	42.0	59.9	73.6	123.9	800.1
1998	40.4	101.9	136.2	88.5	51.2	75.2	49.5	35.7	31.4	116.7	85.8	39.2	851.7
1999													
2000													
2001													
MAX	213.8	210.0	317.2	179.6	150.5	169.0	122.4	126.2	64.2	130.1	129.0	198.1	1172.9
MED	93.5	121.8	144.6	90.9	55.0	52.5	53.6	44.2	38.6	71.9	62.1	84.2	912.7
MIN	40.4	45.3	52.3	8.9	18.1	9.4	7.6	13.3	7.2	19.7	12.3	17.2	561.2

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Precipitación Total Mensual (mm)

Estación : EL CISNE
 Institución : PREDE-SUR
 Latitud N : 9,574,167
 Longitud E : 675,000

Codigo : M-542
 Altitud : 2230 msnm

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1969	93.0	185.0	80.2	223.7	54.1	58.2	34.6	128.0	111.0	97.7	130.6	159.0	1355.1
1970	172.2	181.8	135.1	52.8	128.3	123.4	62.0	83.4	159.0	140.5	154.3	99.1	1491.9
1971	94.0	180.7	151.7	137.8	52.0	55.7	0.0	3.6	47.4	100.3	30.4	200.2	1033.8
1972	169.2	293.1	426.7	224.8	51.6	2.7	1.4	31.9	9.0	68.1	91.9	200.3	1570.7
1973	84.1	329.7	133.1	132.5	40.5	35.8	26.5	24.5	7.1	57.7	107.4	131.3	1110.2
1974	169.3	307.9	577.8	178.1	0.0	20.6	38.8	15.2	24.3	88.3	141.0	202.0	1763.3
1975	49.2	409.3	73.2	180.9	108.0	61.5	34.7	55.0	0.7	113.4	81.6	59.2	1224.7
1976	284.9	332.2	257.2	99.3	60.6	5.1	27.9	12.7	21.7	40.7	27.0	94.7	1264.0
1977	110.7	67.7	78.9	240.5	11.3	8.6	0.0	3.3	31.8	35.6	33.4	123.3	745.1
1978	95.0	51.9	294.5	110.4	73.7	7.7	10.8	9.2	19.1	16.3	18.6	64.7	771.9
1979	64.1	115.8	267.4	105.3	24.0	4.7	0.0	37.7	38.6	15.9	5.7	79.6	758.8
1980	152.6	396.2	77.0	164.2	15.1	3.7	2.6	3.3	20.2	74.7	211.3	164.9	1285.8
1981	167.4	175.8	323.3	146.2	6.8	4.9	11.3	21.1	0.0	30.2	84.2	228.3	1199.5
1982	183.0	226.4	167.2	131.9	105.8	1.8	3.1	2.4	19.0	135.9	215.0	275.1	1466.6
1983	237.4	149.7	417.8	95.6	148.9	5.6	0.0	0.0	1.7	121.2	92.5	170.2	1440.6
1984	141.3	324.6	209.7	190.6	33.9	16.6	24.8	2.8	25.3	236.7	114.5	38.7	1359.5
1985	346.0	106.3	168.5	56.0	67.5	7.6	5.3	14.4	9.9	40.2	56.8	187.2	1065.7
1986	91.5	298.2	222.3	94.6	23.1	0.0	0.0	1.4	11.1	32.1	50.0	40.5	864.8
1987	76.5	3.8	216.5	97.2	167.7	0.0	14.7	0.0	16.1	24.1	114.0	48.1	778.7
1988	137.4	344.3	62.0	169.0	27.7	11.3	18.2	6.5	40.3	75.9	115.5	156.6	1164.7
1989	286.2	179.7	533.4	37.1	12.3	20.2	3.8	6.7	12.7	104.0	11.7	95.1	1302.9
1990	90.2	216.3	74.0	128.6	45.5	12.4	24.2	4.3	11.0	62.6	74.6	135.2	878.9
1991	126.9	93.1	398.6	83.0	44.8	9.6	0.0	10.9	27.3	10.7	68.1	107.6	980.6
1992	58.8	254.1	137.6	102.1	52.6	5.9	2.7	0.0	37.0	0.8	70.6	59.9	782.1
1993	173.3	299.3	457.0	127.1	32.5	4.2	15.6	0.0	9.1	86.0	47.2	284.5	1535.8
1994	597.3	206.2	282.0	133.1	101.8	0.0	0.0	30.4	6.1	12.9	62.6	0.0	1432.4
1995	25.3	104.0	166.0	115.2	66.5	0.0	7.0	0.0	4.6	26.3	107.0	211.3	833.2
1996	245.7	298.7	220.7	162.1	46.3	14.9	0.0	2.3	0.7	96.6	17.8	79.0	1184.8
1997	242.9	93.2	154.4	85.2	11.1	37.1	3.3	0.0	15.1	60.5	159.2	179.5	1041.5
1998	37.1	133.0	168.8	48.0	124.3	2.8	6.3	22.9	7.6	86.3	76.6	92.6	806.3
1999													
2000													
2001													
MAX	597.3	409.3	577.8	240.5	167.7	123.4	62.0	128.0	159.0	236.7	215.0	284.5	1763.3
MED	160.1	211.3	231.1	128.4	57.9	18.1	12.7	17.8	24.8	69.7	85.7	132.3	1149.8
MIN	25.3	3.8	62.0	37.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5.7	0.0	745.1

Fuente: Programa Regional para el Desarrollo del Sur (PREDE-SUR).

Precipitación Total Mensual (mm)

Estación : LA TOMA-CATAMAYO

Institución : INAMHI

Latitud N : 9,558,425

Longitud E : 681,296

Codigo : M-060

Altitud : 1250 msnm

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1969	38.3	76.0	29.7	124.8	9.7	3.8	0.0	9.6	56.2	60.5	53.7	40.0	502.3
1970	27.8	47.7	35.1	10.0	29.0	2.4	0.0	13.9	19.0	44.2	47.6	16.8	293.5
1971	24.1	20.8	83.6	28.8	3.1	38.6	4.5	5.7	13.8	52.6	10.0	24.5	310.1
1972	23.8	30.6	85.7	35.3	8.2	4.5	0.0	0.0	0.0	53.0	26.5	54.8	322.4
1973	11.1	105.2	96.3	115.9	18.7	52.5	7.9	12.6	31.5	42.8	13.0	54.6	562.1
1974	13.7	148.1	130.2	17.2	0.0	11.1	0.8	8.3	7.4	61.0	28.9	37.3	464.0
1975	14.8	57.5	59.3	45.6	32.6	13.8	0.0	20.6	0.0	63.9	9.3	5.4	322.8
1976	51.8	54.1	43.1	80.1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	3.1	5.1	33.3	280.3
1977	27.7	12.8	0.8	24.3	0.0	0.0	0.0	7.8	48.8	54.5	0.0	16.2	192.9
1978	19.2	24.6	102.4	63.0	21.0	1.0	0.9	0.8	7.2	1.4	1.8	5.2	248.5
1979	22.9	125.1	138.4	62.4	8.4	1.3	0.0	28.3	13.6	0.0	0.4	15.4	416.2
1980	66.9	76.8	81.8	113.2	1.3	2.6	0.5	0.0	1.8	53.3	58.1	59.7	516.0
1981	48.7	49.7	125.7	41.6	11.1	0.1	1.1	7.8	0.0	23.7	5.5	52.1	367.1
1982	29.6	90.3	61.0	82.7	24.8	0.3	0.3	0.0	11.3	44.2	41.1	24.3	409.9
1983	23.8	57.5	81.8	45.6	18.4	2.0	0.8	2.5	7.3	42.8	15.7	24.3	322.4
1984	46.2	57.5	52.8	58.5	27.9	3.0	3.4	1.4	20.7	52.6	53.7	4.1	381.8
1985	12.2	12.6	45.5	10.1	27.1	0.5	0.4	11.3	6.1	46.5	12.7	48.4	233.4
1986	23.4	84.4	57.2	61.0	3.5	0.0	0.0	3.9	5.7	31.9	20.0	24.1	315.1
1987	35.3	7.1	42.0	55.1	58.4	0.2	2.4	1.5	2.6	33.8	15.7	3.9	258.0
1988	62.2	71.3	13.3	122.2	27.8	9.4	12.6	5.8	18.3	41.3	38.2	33.2	455.6
1989	124.1	92.9	121.3	8.5	12.2	7.1	0.1	3.1	5.9	64.8	28.7	1.3	470.0
1990	20.2	76.4	37.5	94.0	18.4	5.3	14.5	0.0	7.3	36.7	36.5	17.4	364.2
1991	64.1	33.3	154.0	8.1	45.7	7.0	2.2	0.0	13.3	9.3	15.1	30.5	382.6
1992	22.3	77.1	37.0	35.3	23.9	7.5	1.1	2.5	12.4	5.9	26.6	14.2	265.8
1993	15.3	115.3	140.7	65.0	9.4	0.4	1.0	0.0	23.7	52.8	8.7	145.4	577.7
1994	114.4	59.2	142.5	54.0	4.1	2.0	0.5	6.3	11.3	9.9	32.4	35.5	472.1
1995	2.8	37.0	22.3	27.2	53.3	0.2	3.4	0.7	4.7	116.0	70.1	61.4	399.1
1996	61.3	43.9	127.2	37.6	45.8	11.0	0.1	0.0	0.1	14.5	0.4	5.4	347.3
1997	15.8	57.5	30.8	14.1	0.5	0.4	3.0	0.0	1.7	11.7	36.6	19.8	191.9
1998	16.6	32.1	100.3	34.4	41.5	0.3	0.0	26.1	3.9	49.7	10.3	0.3	315.5
1999													
2000													
2001													
MAX	124.1	148.1	154.0	124.8	58.4	52.5	14.5	28.3	56.2	116.0	70.1	145.4	577.7
MED	36.0	61.1	76.0	52.5	19.5	6.3	2.1	6.0	12.2	39.3	24.1	30.3	365.3
MIN	2.8	7.1	0.8	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	191.9

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Rangos de Precipitación Mensual

Precipitación Total del Proyecto de Riego Fátima – Dur Dur (desde el año de 1969 hasta 1998, tomando como referencia las estaciones meteorológicas: Catamayo, El Cisne y La Argelia)													
Año	Precipitación del Proyecto (mm/mes)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1969	69.1	125.1	54	157.3	40	40.2	17.7	87.9	68.5	65.9	84.5	122.7	932.9
1970	136.4	136.4	95.3	31.1	73.8	98.2	41.9	46.1	75	80	81.6	53.3	949.1
1971	66	100.3	124.2	74.6	32	52	21.3	21.1	35.7	75.3	26.8	108.5	737.8
1972	101.3	146.8	235.8	121.9	40.7	20.3	38.8	18.8	19.7	54.4	66.6	112.2	977.3
1973	70.7	200.9	114	102.3	37.1	49.1	36.9	26.3	24	44.6	54.4	79.6	839.9
1974	77.8	179.5	280	69	9.5	30.7	54	18.3	24.9	79	98.6	115.7	1037
1975	47.6	223.2	66.8	104.6	64.9	58.9	35	57	14.2	87.9	51.2	27.2	838.5
1976	147.4	183.4	128.4	103.3	74.1	29	30.4	41.7	15.2	21.1	29.3	62.5	865.8
1977	70.1	67	72.7	138.1	14.2	33.6	10.3	22.8	44.4	54.1	28.6	66.8	622.7
1978	54.6	42.3	193.1	60.7	56.1	23.8	19.7	17.9	18.2	30	12.6	38.2	567.2
1979	43.4	95.4	192.6	87.3	17.7	5.1	2.5	31.8	29.3	18.8	8.9	45.5	578.3
1980	109.3	205.8	103.3	152.3	22	20.3	9.2	10	14.8	68.6	110.1	103.8	929.5
1981	94.2	103.8	184.4	82.8	12	7.8	14.43	17.1	2.4	60.4	50.2	132.8	762.3
1982	108.5	107.5	123.8	120.5	69.6	4.4	10.3	8.1	24.7	101	97.7	143.6	919.7
1983	133.6	113.6	239.9	73.3	78	11.7	17.6	5.2	15.4	86	97.7	110.9	982.9
1984	79.1	197.4	145.2	116.7	39.7	34.5	34.5	11.5	30.8	95.1	80.6	32.3	897.4
1985	137.5	79.8	117.5	53.5	81.7	9.3	16.2	29.5	21.6	62.6	49.8	115	774
1986	53.8	170.3	122.9	92.2	22.5	4.9	11	10.2	24.6	40.7	42.1	51.5	646.7
1987	58.6	42.1	124.6	88.3	96.9	3.6	37.2	16.5	19.8	47.5	85.4	41.2	661.7
1988	105.3	183.4	53.4	134.1	68.3	15.8	32.1	19.6	34.5	63.6	74.7	85	869.8
1989	189.8	144.7	286.6	31	34.6	23.8	12.8	14.6	27.6	99.6	18.4	39	922.5
1990	80.7	151.3	84.76	117.9	72.2	33.5	27.5	12.5	15.1	61.5	72.9	89.2	819
1991	101.4	93.3	249.8	50.2	41	26.8	13.8	24.2	23.8	27	35.2	68.2	754.7
1992	54.9	152.2	89.6	78.1	48.5	20.3	18	6	29.6	17.9	66.9	46.2	628.2
1993	91.3	173.3	304.9	95.1	40.3	18.3	26.4	9.7	26.1	76.7	34.6	209.3	1106
1994	308.5	114.3	236.6	103.4	69.9	17.4	27.3	35.3	18.1	17.4	45.9	46.7	1037.8
1995	29.3	76.3	93.9	65	52.8	3.4	14.6	6.8	10.5	59.7	102	131.3	591.6
1996	135.1	156.5	167	99.1	38.2	24.1	12.9	12.2	12.6	56.3	10.4	37.1	761.5
1997	108.9	86.6	95.4	56.4	23.8	19.4	18.8	11.7	19.6	44	89.9	107.7	682.2
1998	31.4	89	135.1	56.9	69.9	26.1	18.6	28.2	14.3	84.2	57.5	44	655.2
TOTAL	96.5	131.4	150.5	91.5	48.1	25.5	22.7	22.6	25.2	59.4	58.8	82.2	

Fuente: El Autor.

**ANEXO 9. RESULTADOS DE
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE
SUELOS**

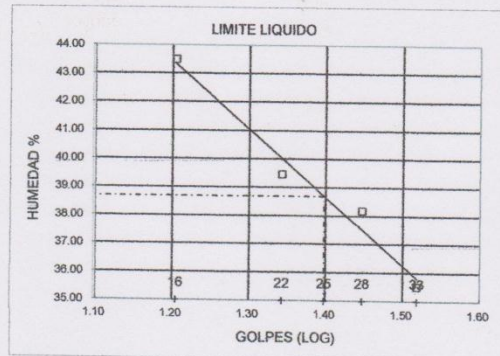


ESTSUELCON CIA. LTDA.

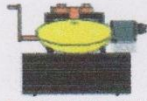
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-095692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO					
FECHA :	ENERO - 2013					
	MUESTRA: 1					
	PROF: 1.10 m					
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		180.93	156.90	34.20	19.58	
		167.96	145.21	33.87	20.43	20.01
2.- LIM. LIQUIDO	33	28.90	26.35	19.17	35.52	
	28	28.34	25.98	19.80	38.19	
	22	21.88	19.67	14.07	39.46	
	16	19.51	17.84	14.00	43.49	38.69
3.- LIMITE PLASTICO		28.54	26.90	19.99	23.73	
		29.58	27.80	20.41	24.09	23.91
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	300.00 (H/S) H					
PESO INICIAL DE CALCULO:	300.00					
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	17.20	18.27	82	GRAVA= 38 %		
3/8"	20.00	21.24	79	ARENA= 61 %		
No. 4	22.55	23.95	76	FINOS= 1 %		
No. 10	27.71	29.43	71	LL = 39.00 %		
No. 20	31.49	33.45	67	LP = 24.00 %		
No. 40	35.80	38.00	62	IP = 15.00 %		
No. 60	45.10	47.91	52	CLASIFICACION:		
No. 100	63.53	67.49	33	SUCS = SC		
No. 200	92.96	98.75	1	AASHTO= A-2-6		
COLOR=	AMARILLO					IG(86)= 1
						IG(45)= 0



Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO
ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudio de Suelos, Laboratorio,
 Construcción y Consultoría
 Loja-Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

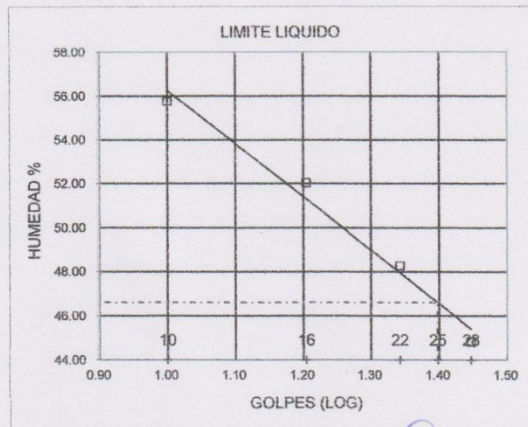
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

te-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO					
FECHA :	ENERO - 2013					
	MUESTRA: 2					
	PROF: 0.75 m					
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		152.19	133.67	35.15	18.80	
		156.30	138.17	34.30	17.45	18.13
2.- LIM. LIQUIDO	28	26.83	24.92	20.66	44.84	
	22	24.95	23.27	19.79	48.28	
	16	26.94	24.52	19.87	52.04	
	10	28.53	25.63	20.43	55.77	46.61
3.- LIMITE PLASTICO		26.01	24.67	19.92	28.21	
		26.51	25.26	20.76	27.78	27.99
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 300.00 (H/S) H						GRAVA= 15 %
PESO INICIAL DE CALCULO: 300.00						ARENA= 81 %
						FINOS= 4 %
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA			
0.00	0.00	0.00	100	LL = 47.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	LP = 28.00 %		
Nº. 4	0.00	0.00	100	IP = 19.00 %		
Nº. 10	3.17	5.76	94	CLASIFICACION:		
Nº. 20	5.12	9.31	91	SUCS = SC		
Nº. 40	8.22	14.90	85	AASHTO = A-2-7		
Nº. 60	15.02	27.30	73	IG(86) = 1		
Nº. 100	26.97	49.00	51	IG(45) = 0		
Nº. 200	52.60	95.70	4			
COLOR= CAFÉ CLARO						




 Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO
ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio,
 Construcción y Consultoría
 Luis Cordero



ESTSUELCON CIA. LTDA.

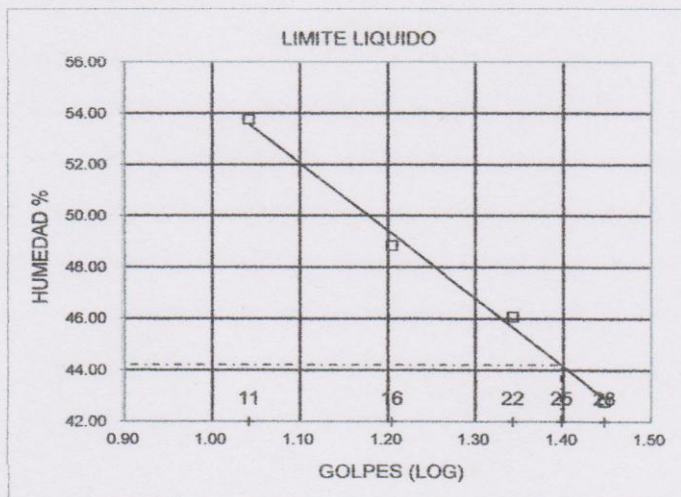
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

te-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

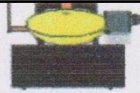
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : PARROQUIA CHANTACO				MUESTRA: 3		
FECHA : ENERO -2013				PROF: 0.75 m		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		157.02	138.26	34.46	18.07	
		160.21	141.26	34.49	17.75	17.91
2.- LIM. LIQUIDO	28	22.49	19.70	13.18	42.79	
	22	20.81	18.52	13.55	46.08	
	16	21.33	19.03	14.32	48.83	
	11	21.33	18.76	13.98	53.77	44.20
3.- LIMITE PLASTICO		28.46	26.80	20.14	24.92	
		28.21	26.57	20.03	25.08	25.00
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO IN= 300.00 (H/S) H			GRAVA= 13 %			
PESO INICIAL DE CALCULO: 300.00			ARENA= 78 %			
			FINOS= 9 %			
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA			
0.00	0.00	0.00	100			
0.00	0.00	0.00	100			
0.00	0.00	0.00	100			
No. 10	0.06	0.33	100			
No. 20	0.99	5.38	95			
No. 40	2.45	13.30	87			
No. 60	4.90	26.60	73			
No. 100	8.97	48.70	51			
No. 200	16.73	90.90	9			
COLOR= AMARILLO			CLASIFICACION:			
			SUCS = SC			
			AASHTO= A-2-7			
			IG(86)= 1			
			IG(45)= 0			




 Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.

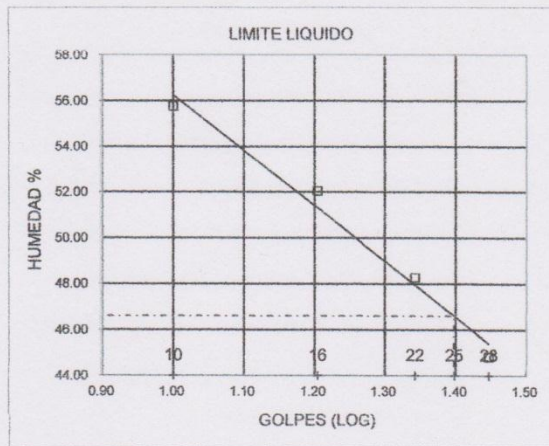
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

te-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR				
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS				
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO		MUESTRA: 4		
FECHA :	ENERO - 2013		PROF:	0.85 m	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w % RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		155.19	133.67	35.15	21.84
		158.30	138.17	34.30	19.38
2.- LIM. LIQUIDO	28	26.83	24.92	20.66	44.84
	22	24.95	23.27	19.79	48.28
	16	26.94	24.52	19.87	52.04
	10	28.53	25.63	20.43	55.77
3.- LIMITE PLASTICO		26.01	24.94	21.92	35.43
		26.51	25.26	21.76	35.71
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO IN= 300.00 (H/S) H					
PESO INICIAL DE CALCULO:	300.00				
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA		
0.00	0.00	0.00	100		
3/8"	0.00	0.00	100		
No. 4	0.00	0.00	100		
No. 10	3.17	5.76	94		
No. 20	5.12	9.31	91		
No. 40	8.22	14.90	85		
No. 60	15.02	27.30	73		
No. 100	26.97	49.00	51		
No. 200	52.60	95.70	4		
COLOR= AMARILLO					
	GRAVA=		15 %		
	ARENA=		81 %		
	FINOS=		4 %		
	LL =		47.00 %		
	LP =		36.00 %		
	IP =		11.00 %		
	CLASIFICACION:				
	SUCS = SC				
	AASHTO= A-2-7				
	IG(86)= 1				
	IG(45)= 0				



Diego F. Castillo
 Ing. Diego F. Castillo
 LABORATORIO
 ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio.



ESTSUELCON CIA. LTDA.

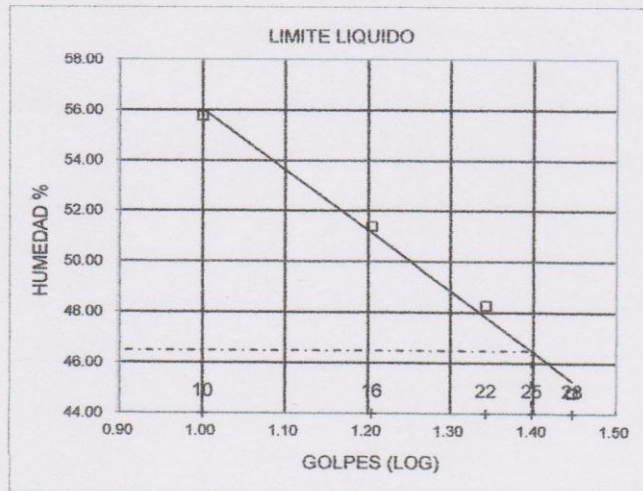
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

te-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : PARROQUIA CHANTACO			MUESTRA: 5			
FECHA : ENERO - 2013			PROF: 0.92 m			
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		155.19	133.67	35.15	21.84	
		158.30	138.17	34.30	19.38	20.61
2.- LIM. LIQUIDO	28	26.83	24.92	20.66	44.84	
	22	24.95	23.27	19.79	48.28	
	16	26.94	24.54	19.87	51.39	
	10	28.53	25.63	20.43	55.77	46.49
3.- LIMITE PLASTICO		27.01	25.67	21.92	35.73	
		27.51	26.00	21.76	35.61	35.67
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO IN= 300.00 (H/S) H			GRAVA= 15 %			
PESO INICIAL DE CALCULO: 300.00			ARENA= 81 %			
			FINOS= 4 %			
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA			
0.00	0.00	0.00	100			
3/8"	0.00	0.00	100			
No. 4	0.00	0.00	100			
No. 10	3.17	5.76	94			
No. 20	5.12	9.31	91			
No. 40	8.22	14.90	85			
No. 60	15.02	27.30	73			
No. 100	26.97	49.00	51			
No. 200	52.60	95.70	4			
COLOR= AMARILLO			LL = 46.00 %			
			LP = 36.00 %			
			IP = 10.00 %			
			CLASIFICACION:			
			SUCS = SC			
			AASHTO= A-2-5			
			IG(86)= 1			
			IG(45)= 0			



[Handwritten Signature]
 Ing. Diego E. Castillo
 LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

**ANEXO 10. RESULTADOS DE
LABORATORIO DE MECÁNICA
DE ROCAS**



ESTSUELCON CIA. LTDA.

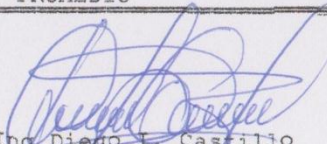
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

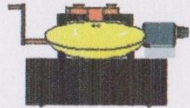
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR								
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS								
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO				MUESTRA : ROCA 1				
FECHA :	ENERO - 2013		OPERADOR C.G		PROFUND.:		m.		
COORDENADAS:	X: -			Y: -					
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
1.- CONTENIDO DE AGUA	120.43	119.43	33.59	1.16	1.16				
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
2.- PESO ESPECÍFICO	201.67	125.44	196.48	2.577	2.646	2.766	2.64%		
PROMEDIO	201.67	125.44	196.48						
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm ²	VOLUMEN cm ³	MASA Gr	CARGA Kg	DENSIDAD Kg/cm ³	ESFUERZO Kg/cm ²
ROCA 1	4.90	4.89	4.92	23.96	117.89	298.95	24100.00	2.536	1005.80
PROMEDIO									
1005.80									


Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio
Construcción y Consultoría
Leja-2



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

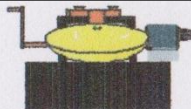
ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR								
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS								
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO				MUESTRA : ROCA 2				
FECHA :	ENERO - 2013	OPERADOR	C.G	PROFUND.:	-	m.			
COORDENADAS:	X: -			Y: -					
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
1.- CONTENIDO DE AGUA	222.53	221.02	33.59	0.81	0.81				
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
2.- PESO ESPECÍFICO	227.32	140.54	221.02	2.547	2.619	2.746	2.85%		
PROMEDIO	227.32	140.54	221.02						
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA	LARGO	ANCHO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	MASA	CARGA	DENSIDAD	ESFUERZO
N°	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	Gr	Kg	Kg/cm ³	Kg/cm ²
ROCA 2	5.19	5.14	5.12	26.68	136.58	318.89	13600.00	2.335	509.81
PROMEDIO									509.81

Ing. Diego V. Castillo

LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio,
Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

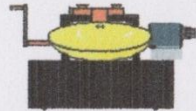
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR								
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS								
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO				MUESTRA : ROCA 3				
FECHA :	ENERO - 2013	OPERADOR	C.G	PROFUND.:	-	m.			
COORDENADAS:	X: -		Y: -						
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
1.- CONTENIDO DE AGUA	185.76	184.50	33.59	0.83	0.83				
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
2.- PESO ESPECÍFICO	187.21	112.05	184.50	2.455	2.491	2.547	1.47%		
PROMEDIO	187.21	112.05	184.50						
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm ²	VOLUMEN cm ³	MASA Gr	CARGA Kg	DENSIDAD Kg/cm ³	ESFUERZO Kg/cm ²
ROCA 3	5.08	5.20	5.04	26.42	133.14	371.18	29200.00	2.788	1105.39
PROMEDIO									1105.39


 Ing. Diego V. Castillo
 LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio
 Construcción y Consultoría
 Loja - Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

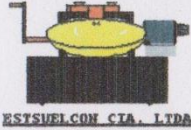
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR								
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS								
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO			MUESTRA : ROCA 4					
FECHA :	ENERO - 2013	OPERADOR	C.G	PROFUND.:	-	m.			
COORDENADAS:	X: -			Y: -					
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
1.- CONTENIDO DE AGUA	177.02	175.15	33.59	1.32	1.32				
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
2.- PESO ESPECÍFICO	177.18	112.05	175.15	2.689	2.720	2.776	1.16%		
PROMEDIO	177.18	112.05	175.15						
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA	LARGO	ANCHO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	MASA	CARGA	DENSIDAD	ESFUERZO
Nº	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	Gr	Kg	Kg/cm ³	Kg/cm ²
ROCA 4	5.20	5.12	5.12	26.62	136.31	382.76	35000.00	2.808	1314.60
PROMEDIO									1314.60


 Ing. Diego E. Castilla
 LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio
 Construcción y Consultoria
 Loja - Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099602335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR								
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS								
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO			MUESTRA : ROCA 5					
FECHA :	ENERO - 2013	OPERADOR	C.G	PROFUND.:	-	m.			
COORDENADAS:	X: -			Y: -					
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
1.- CONTENIDO DE AGUA	203.45	202.57	33.59	0.52	0.52				
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
2.- PESO ESPECÍFICO	203.74	126.38	202.57	2.619	2.634	2.659	0.58%		
PROMEDIO	203.74	126.38	202.57						
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA	LARGO	ANCHO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	MASA	CARGA	DENSIDAD	ESFUERZO
Nº	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	Gr	Kg	Kg/cm ³	Kg/cm ²
ROCA 5	4.34	4.50	4.41	19.53	86.13	224.01	8000.00	2.601	409.63
PROMEDIO									409.63

Diego L. Castillo
 Ing. Diego L. Castillo
 LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio
 Construcción y Consultoría
 Loja-Ecuador

**ANEXO 11. FICHA DE
CARACTERIZACIÓN DEL
MACIZO ROCOSO (RMR)**

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO – CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA (RMR)

DATOS INFORMATIVOS		Designación	Compresión uniaxial Mpa	R.Q.D. (%)		Fracturas			
Nombre del Proyecto:	Cóordenas:			Set 1	Rumbo	Buzamiento			
		Muy alta	>250	Excelente	90-100	Set 1	120°	65°	
FATIMA - 240240	X= 682908	Alta	100-250	Buena	75-90	Set 2	101°	44°	
Sector:	Y= 4521201	Mediana	50-100	Regular	50-75	Set 3	92°	52°	
PARAGUAY CHANTRE	Z= 270102	Moderada	25-50	Pobre	25-50	Set 4	810°	35°	
Levantada por:	Nº Afloramiento:	Baja	2-25	Muy pobre	<25	5	232°	29°	
JOSÉ A.	1	Muy baja	1-2			6	77°	48°	
Fecha:						7	120°	-	
2013-01-10						8	164°	-	
						4	85°	-	
Espaciado de Fracturas						Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
Muy espaciado >2m									
Espaciado 0.6-2m									
Moderado 200-600mm									
Próximas 60-200mm						X			
Muy juntas <60mm									
Condición de las fracturas						Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
Persistencia									
Muy baja <1m						X			
Baja 1-3m									
Media 3-10m									
Alta 10-20m									
Muy Alta >20m									
Abertura						Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
Muy cerrada 0									
Cerrada 1-2mm									
Ligera abierta 2-5mm									
Abierta 5-20mm						X			
Muy abierta 20-50mm									
Moderada ancha 50-200mm									
Ancha <200mm									
Rugosidad						Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
Muy rugosa									
Rugosa									
Ligera rugosa						X			
Lisa									
Pulida									
Relleno						Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
0 No existe									
1 Arcilla						O			

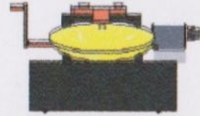
Foto



	2 Limo	Retinencia: Dura, media, blanda.				
	3 Arena					
	4 Roca triturada					
	5 FeO					
	6 Suciedad	Agua: Seca, húmeda, filtración, flujo (lit/seg).	SEIA			
	7 Cuarzo					
	8 Corindón					
	Grado de meteorización		Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
Sana						
Ligeramente meteorizada						
Moderadamente meteorizada		X				
Altamente meteorizada						
Completamente meteorizada						
Suelo residual						

Fuente: El Autor.

**ANEXO 12. ENSAYO DE
COMPRESIÓN SIMPLE PARA
VALORACIÓN DEL MACIZO
ROCOSO (RMR)**



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR								
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS								
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO				MUESTRA : ROCA RMR				
FECHA :	ENERO - 2013		OPERADOR C.G		PROFUND.:		- m.		
COORDENADAS:	X: -				Y: -				
1.- CONTENIDO DE AGUA									
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
	120.43	119.43	33.59	1.16	1.16				
2.- PESO ESPECÍFICO									
	PESO AIRE SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA D.	S.S.S. APARENTE	ABSORCIÓN				
	201.67	125.44	196.48		2.577	2.646	2.766	2.64%	
	PROMEDIO	201.67	125.44	196.48					
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA	LARGO	ANCHO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	MASA	CARGA	DENSIDAD	ESFUERZO
Nº	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	Gr	Kg	Kg/cm ³	Kg/cm ²
ROCA RMR	4.85	4.69	4.82	24.96	118.89	299.95	24100.00	2.436	1000.60
PROMEDIO									1000.60

Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

**ANEXO 13. TABLA PARA
CARACTERIZAR MACIZO
ROCOSO SEGÚN BARTON**

J_n número de familias	valor
Roca masiva	0.5 – 1
Una familia de juntas	2
Id. con otras juntas ocasionales	3
Dos familias de juntas	4
Id. con otras juntas ocasionales	6
Tres familias de juntas	9
Id. con otras juntas ocasionales	12
Cuatro o más familias, roca muy fracturada	15
Roca triturada	20
J_r coeficiente de rugosidad de la junta	valor
Juntas (contacto entre las dos caras)	
Discontinuas	4
Onduladas, rugosas	3
Onduladas, lisas	2
Onduladas, perfectamente lisas	1.5
Planas, rugosas o irregulares	1.5
Planas, lisas	1
Planas y perfectamente lisas	0.5
Juntas rellenas	
(relleno impide contacto entre las dos caras)	
material arcilloso	1
Material arenoso, de grava o triturado	1
J_a coeficiente de alteración de la junta	valor
Juntas (sin minerales de relleno intermedios)	
Juntas de paredes sanas	0.75 – 1
Ligera alteración	2
Alteraciones arcillosas	4
Juntas	
(minerales de relleno en pequeño espesor)	
Con partículas arenosas	4
Con minerales arcillosos no blandos	6
Con minerales arcillosos blandos	8
Con minerales arcillosos expansivos	8 – 12
Juntas	
(minerales de relleno en gran espesor)	
Con roca triturada/desintegrada y arcilla	6 – 12
Con zonas de arcilla limosa o arenosa	5
Con zonas de arcillosos (espesor grueso)	10 - 20

J_w coeficiente reductor por la presencia de agua	valor
Excavaciones secas o con <5 l/min localmente	1
Afluencia media con lavado de algunas juntas	0.66
Afluencia importante por juntas limpias	0.5
Id. Con lavado de juntas	0.33
Afluencia excepcional inicial, decreciente con el tiempo	0.2 – 0.1
Id. mantenida	0.1 – 0.05

SRF	Valor
Zonas débiles intersectan a la excavación:	
Multitud de zonas débiles o milonitos	10
Zonas débiles aisladas, con arcilla o roca descompuesta (cobertura ≤ 50 m)	5
Id. con cobertura > 50 m	2.5
Abundantes zonas débiles en roca competente	7.5
Zonas débiles aisladas en roca competente (cobertura ≤ 50 m)	5
Id. con cobertura > 50 m	2.5
Roca competente (problemas tensionales en las rocas)	
Pequeña cobertura	2.5
Cobertura media	1
Gran cobertura	0.5 – 2
Rocas deformables (flujo plástico de roca)	
Con bajas presiones	5 – 10
Con altas presiones	10 – 20
Rocas expansivas	
Con presión de hinchamiento moderada	5 – 10
Con presión de hinchamiento alta	10 - 15

Fuente: Barton, 1974.

**ANEXO 14. FICHA PARA
CARACTERIZAR MOVIMIENTOS
EN MASA**

FORMATO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

NOMBRE DEL ENCUESTADOR _____ FECHA Día _____ Mes _____ Año _____ INSTITUCIÓN _____ Código del Evento _____

POR DIVISION POLITICA		COORDENADAS		REFERENTES GEOGRAFICOS		DOCUMENTACION					
PAIS	ECUADOR	Sito	44700 - 211500	Mapa/Plancha No.	Año	Escala	Editor	Foto No.	Año	Escala	Editor
Dpto./Prov./Eco.	LOSA	Norte Lat.	051215.443								
Municipio/Ciudad	LOSA	Estad.Long.	053415.440								
Localidad	CHANSACO	Proyección	WGS 84								
		Altura sitio (m.s.n.m.)	2690.93								

FECHAS DE OCURRENCIA		ESTADO		ESTILO		DISTRIBUCION		DESCRIPCION		ESTRUCTURA		ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (m)			
DD / MM / AA	/ /	Activo	Reactivado	Unico	Regresivo	Retrogrado	Progresivo	DESPLAZAMIENTO TRASACCIONAL DE ROCAS Y SUELOS	ESTRUCTURA	DB	BZ	> 2 - 0.8 0.8-0.2 0.2-0.06 < 0.06					
Anteriores	/ /	Latente	Estabilizado	Multiples	Escasachosose	Confinado	Enjambre					DB: Dirección de buzamiento	BZ: Buzamiento				
Edad (años)	/ /	Ralisco															

TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL		ORIGEN DEL SUELO		OTRAS CARACTERISTICAS		VELOCIDAD	
1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
<input type="checkbox"/> Caída	<input type="checkbox"/> Volcamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Roca	<input type="checkbox"/> Dótilos	<input checked="" type="checkbox"/> Seco	<input type="checkbox"/> Lig. Húmedo	<input type="checkbox"/> Residual	<input type="checkbox"/> Sedimentario (*)	<input type="checkbox"/> Volcánico	<input type="checkbox"/> Tipo suelo sedimentario.
<input checked="" type="checkbox"/> Deslizamiento trasaccional	<input type="checkbox"/> Propagación lateral	<input type="checkbox"/> Tierra	<input type="checkbox"/> Bloques	<input type="checkbox"/> Húmedo	<input type="checkbox"/> Muy húmedo	<input type="checkbox"/> Volcánico	<input type="checkbox"/> Volcánico	<input type="checkbox"/> Volcánico	<input type="checkbox"/> Volcánico
<input type="checkbox"/> Rotación	<input type="checkbox"/> Colapso	<input type="checkbox"/> Suelo incoherente	<input type="checkbox"/> Cantos	<input type="checkbox"/> Mojado	<input type="checkbox"/> Muy mojado	<input type="checkbox"/> Volcánico	<input type="checkbox"/> Volcánico	<input type="checkbox"/> Volcánico	<input type="checkbox"/> Volcánico
<input type="checkbox"/> Pliegue	<input type="checkbox"/> Flujos	<input type="checkbox"/> Grava	<input type="checkbox"/> Arena	<input type="checkbox"/> Plástico	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Media	<input type="checkbox"/> Baja	<input type="checkbox"/> No plástico	<input type="checkbox"/> No plástico
NOTA		M.O. Materia orgánica, turba		Clasificación USCS		Sistema de Clasificación		NOMBRE DEL MOVIMIENTO	
1 = Primer movimiento								VALDES Y HILDEBRAND	
2 = Segundo movimiento								DESPLAZAMIENTO TRASACCIONAL	

GENERAL		DIMENSIONES		DEFORMACION DEL TERRENO		GEOFORMA	
Diferencia de altura corona a punta (m)	130	Profundidad de superficie de falla, D (m)	10	Modo	Severidad	Leve	Meda
Longitud horizontal corona a punta (m)	160	Ancho de la superficie de falla, W (m)	50	<input type="checkbox"/> Ondulación	<input type="checkbox"/> Escalonamiento	<input type="checkbox"/> Leve	<input type="checkbox"/> Meda
Faithschuzung (°)	45	Longitud de superficie de falla L (m)	150	<input checked="" type="checkbox"/> Escalonamiento	<input type="checkbox"/> Pronunciada	<input type="checkbox"/> Severa	<input type="checkbox"/> Muy severa
Pendiente de ladera en oca-falla (°)	30	Espesor de masa desplazada Dd (m)	10				
Pendiente lateral en oca-falla (°)	140	Ancho de la masa desplazada Wd (m)	10				
Dirección del movimiento (°)		Longitud de masa desplazada Ld (m)	10				
Ángulo del talud (°)		Longitud total, L (m)	10				

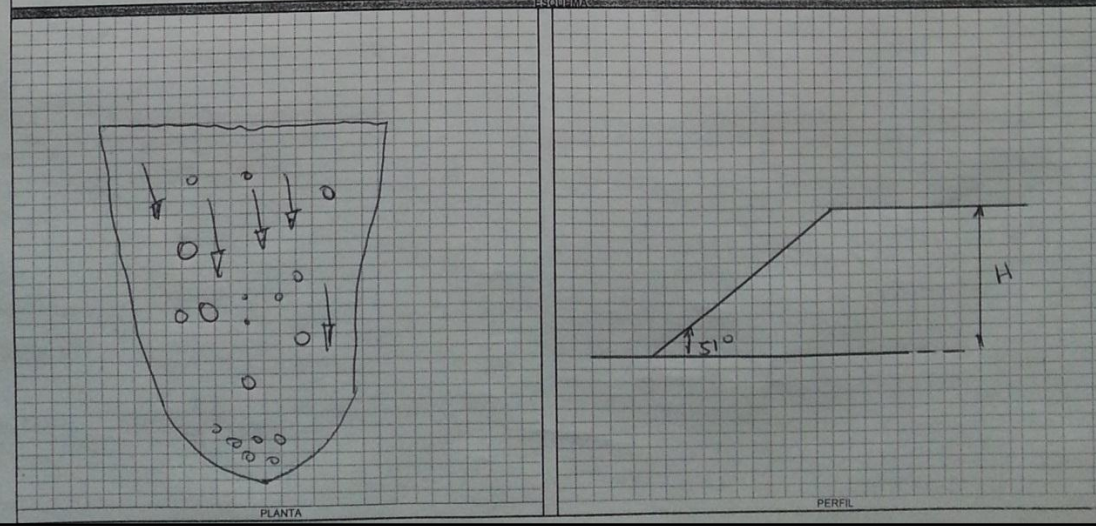
CAUSAS DEL MOVIMIENTO		EFFECTOS BOUNDARIOS		COBERTURA VEGETAL	
<input type="checkbox"/> Material plástico débil	<input type="checkbox"/> Movimiento tectónico	<input type="checkbox"/> Tipo cobertura	%	<input type="checkbox"/> Tipo uso	%
<input type="checkbox"/> Material colapsible	<input type="checkbox"/> Sismo	<input checked="" type="checkbox"/> Veg. Herbacea	50	<input type="checkbox"/> Ganadería	
<input type="checkbox"/> Material meteorizado	<input type="checkbox"/> Erupción volcánica	<input type="checkbox"/> Bosque/Selva		<input type="checkbox"/> Área protegida	
<input type="checkbox"/> Material fallado por corte	<input type="checkbox"/> Lluvias: mm24h= mm48h= mm72h=	<input type="checkbox"/> Matorrales	40	<input type="checkbox"/> Agrícola	
<input type="checkbox"/> Material fallado por expansión	<input type="checkbox"/> Viento	<input type="checkbox"/> Cuerpo agua		<input type="checkbox"/> Recreación	
<input type="checkbox"/> Orientación desfavorable de discontinuidades	<input type="checkbox"/> Desecho	<input type="checkbox"/> Cultivos		<input type="checkbox"/> Zona arqueológica	
<input type="checkbox"/> Contraste de permeabilidad de materiales	<input type="checkbox"/> Avance/retroceso de glaciares	<input type="checkbox"/> Construcciones		<input type="checkbox"/> Zona industrial	
<input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales	<input type="checkbox"/> Rompimiento de lagos en cráteres	<input type="checkbox"/> Sin cobertura		<input type="checkbox"/> Vivienda	
<input type="checkbox"/> Meteorización por congelamiento/deshielo	<input type="checkbox"/> Rompimiento de presas	<input type="checkbox"/> Escapes de agua de tuberías		<input type="checkbox"/> Vías	
<input type="checkbox"/> Meteorización por expansión/contracción	<input type="checkbox"/> Desembalse rápido de presas	<input type="checkbox"/> Minería		<input type="checkbox"/> Minería	
<input type="checkbox"/> Deforestación o ausencia de vegetación	<input type="checkbox"/> Erosión de pata de talud por glaciares	<input type="checkbox"/> Disposición deficiente de estériles/escombros			
	<input type="checkbox"/> Socavación de pata del talud por corriente agua	<input type="checkbox"/> Vibración artificial (tráfico, explosiones, hincado de pilotes)			

DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
Autores	Año
Título	Revista/libro/informe
Editor/Institución	Ciudad
Volumen	Páginas

EFECTOS BOUNDARIOS		URCA NIVELES	
Representación	Condiciones de la presa	Altura (m)	Evento
Morfometría de la presa	Longitud (m)		
Longitud (m)	Condición de la presa		
Altura (m)	<input type="checkbox"/> Obstrucción parcial		
Ancho (m)	<input type="checkbox"/> Erosión de la pata		
Talud aguas arriba (°)	<input type="checkbox"/> Estabilización artificial		
Talud aguas abajo (°)	<input type="checkbox"/> Ligamiento socavado		
Volumen presa (m3)	<input type="checkbox"/> Moderadamente socavada		
	<input type="checkbox"/> Fuertemente socavada		
	<input type="checkbox"/> Parcialmente fallada		
	<input type="checkbox"/> Fallada		

Población		Infraestructura		Actividades económicas		Daños ambientales	
Número de muertos	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y cantidad	Valor US	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y cantidad
Número de heridos			DL DM DS DT				DL DM DS DT
Número damnificados							

NOTAS: El deslizamiento es trasaccional de rocas y suelos (ANDOS 10)



**ANEXO 15. RESULTADOS DE
LABORATORIO (PARÁMETROS
PARA EL DESLIZAMIENTO).**



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :	PROYECTO DE RIEGO FÁTIMA - DUR DUR								
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS								
UBIC. :	PARROQUIA CHANTACO				MUESTRA : ROCA 1				
FECHA :	FEBRERO - 2013		OPERADOR		C.G		PROFUND.:		- m.
COORDENADAS:			X: -			Y: -			
		PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO			
1.- CONTENIDO DE AGUA		312.34	311.39	33.59	0.34	0.34			
		PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN	
2.- PESO ESPECÍFICO		160.21	98.71	159.43					
		233.32	140.02	232.15	2.530	2.542	2.562	0.50%	
PROMEDIO		196.77	119.37	195.79					
		PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN	
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA	LARGO	ANCHO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	MASA	CARGA	DENSIDAD	ESFUERZO
Nº	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	Gr	Kg	Kg/cm ³	Kg/cm ²
ROCA 1	4.98	5.12	5.05	25.50	128.76	311.39	18800.00	2.418	737.32
PROMEDIO									737.32

Ingeniero en Castillo
ESTSUELCON
 LABORATORIO
 ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO
 Y CONSULTORIA
 LOJA-ECUADOR

**ANEXO 16. MAPA DE
SUSCEPTIBILIDAD A
DESLIZAMIENTO**