



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN ESTRUCTURADO DE  
MANERA INDEPENDIENTE PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

---

**TEMA:** “EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO  
ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE  
ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ  
SECTOR CRUZ BLANCA”.

---

**AUTORA:** Sandra Narcisa Rojas Paz

**TUTORA:** Ing. M.Sc.Lorena Pérez

**AMBATO - ECUADOR**

**2015**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de Investigación bajo el tema: **”EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA”** desarrollado por Sandra Narcisa Rojas Paz, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica considero que el informe investigativo reúne los requisitos mínimos tanto técnicos como científicos y está realizado de acuerdo a las normas establecidas en el Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

Por lo tanto autorizo la presentación del mismo para ser sometido a la evaluación del jurado calificador designado por H. Consejo Universitario.

Ambato, 05 de enero de 2015

Ing. M.Sc. Lorena Pérez  
TUTORA DE TESIS

## **AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación “**EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA**”, como también los contenidos, análisis y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como de este trabajo de investigación.

Ambato, 05 de enero de 2015

Egda. Sandra Narcisa Rojas Paz

C.I.: 171915315-5

**AUTORA**

## **APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR**

Los miembros del jurado examinador, aprueban el trabajo de investigación sobre el tema: **“EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA”**, desarrollado por la estudiante Sandra Narcisa Rojas Paz, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil.

Ambato, Febrero de 2015

Para constancia firman:

\_\_\_\_\_  
**PRESIDENTE/A**

\_\_\_\_\_  
**1<sup>er</sup> VOCAL**

\_\_\_\_\_  
**2<sup>do</sup> VOCAL**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico a mi hijo Santiago Matías, quien es, ha sido y seguirá siendo mi gran fuente de apoyo esperando que todo el esfuerzo y sacrificio que hemos hecho juntos sea reflejado ahora.

También lo dedico a mis padres y hermanas quienes han estado apoyándome en mis momentos más difíciles a lo largo de mi carrera fomentando así mi deseo de superación ante cualquier circunstancia.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, representada por sus autoridades y profesores, por todos los conocimientos impartidos; a la Ingeniera M.Sc.Lorena Pérez, tutora de la investigación realizada.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

### A) PÁGINAS PRELIMINARES

PÁGINA DE TÍTULO O PORTADA .....	i
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
PÁGINA DE AUTORÍA DE TESIS .....	iii
PÁGINA DE DEDICATORIA .....	iv
PÁGINA DE AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO .....	vii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1.	Tema de investigación .....	1
1.2.	Planteamiento del problema.....	1
	1.2.1 Contextualización .....	1
	1.2.2 Análisis Crítico .....	2
	1.2.3 Prognosis.....	4
	1.2.4 Formulación del Problema.....	4
	1.2.5 Interrogantes (Subproblemas).....	5
	1.2.6 Delimitación del Objeto de Investigación .....	5
	1.2.6.1. Delimitación Espacial .....	5
	1.2.6.2. Delimitación Temporal .....	6
	1.2.6.3. Delimitación de Contenido .....	6
1.3	Justificación .....	6
1.4	Objetivos .....	7
	1.4.1 Objetivo General .....	7
	1.4.2 Objetivos específicos .....	8

### CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes investigativos.....	9
2.2	Fundamentación filosófica.....	10
2.3	Fundamentación legal .....	10
2.4	Categorías fundamentales .....	11
	2.4.1 Supraordinación de las variables .....	11
	2.4.2 Definiciones .....	11
	2.4.2.1 Talud .....	11
	2.4.2.2 Análisis de estabilidad de taludes.....	13
	2.4.2.3 Estudios geotécnicos .....	16
	2.4.2.4 Estudios geológicos .....	18
	2.4.2.5 Estudios topográficos .....	19

2.4.2.6	Modelos de análisis de estabilidad .....	19
2.4.2.7	Estabilidad de taludes .....	20
2.4.2.8	Mantenimiento de taludes .....	38
2.4.2.9	Influencia del clima .....	58
2.5	Hipótesis .....	62
2.5.1	Hipótesis de trabajo.....	62
2.6	Señalamiento de variables.....	63
2.6.1	Variable independiente .....	63
2.6.2	Variable dependiente .....	63

### CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1	Enfoque .....	64
3.2	Modalidad básica de la investigación .....	64
3.3	Nivel o tipo de investigación .....	65
3.4	Población y muestra.....	66
3.4.1	Población o universo.....	66
3.4.2	Muestra .....	66
3.5	Operacionalización de variables .....	67
3.5.1	Variable independiente .....	67
3.5.2	Variable dependiente .....	68
3.6	Plan de recolección de información.....	68
3.7	Plan de procesamiento de la información .....	69

### CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Análisis de resultados .....	70
4.1.1.	Análisis de resultados de la Encuesta .....	70
4.1.2	Zonificación geotécnica .....	75
4.1.3	Estudio geológico .....	77
4.1.4	Ensayos mecánica de suelos .....	77
4.1.4.1	Propiedades físicas de los suelos .....	77
4.1.4.2	Propiedades mecánicas de los suelos .....	81
4.1.4.3	Ensayos de geofísica .....	87

4.1.5 Análisis de estabilidad .....	87
4.2 Interpretación de datos .....	93
4.2.2 Interpretación de datos de la encuesta .....	93
4.3 Verificación de hipótesis .....	99

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones .....	100
5.2. Recomendaciones .....	101

## CAPÍTULO VI. PROPUESTA

6.1. Datos informativos .....	102
6.2. Antecedentes de la propuesta .....	102
6.3. Justificación.....	103
6.4. Objetivos .....	104
6.4.1. Objetivo general.....	105
6.4.2. Objetivos específicos .....	105
6.5. Análisis de factibilidad .....	105
6.6. Fundamentación .....	105
6.6.1. Investigaciones preliminares.....	105
6.6.2. Taludes de montaña .....	106
6.6.3. Caracterización geológica.....	106
6.6.4. Caracterización geotécnica .....	107
6.6.5. Tipos de movimientos.....	108
6.6.5.1. Desprendimientos.....	108
6.6.5.2. Deslizamientos .....	108
6.6.6. Observaciones de campo .....	108
6.6.7. Efectos en las obras de ingeniería civil .....	110
6.6.8. Modelo de estabilización en taludes .....	110
6.6.8.1. Geometría de taludes.....	111
6.6.8.2. Estabilización de taludes con mallas metálicas y anclajes....	111
6.7. Metodología – Método operativo .....	113
6.8. Aplicación del programa Geostudio .....	115

6.8.1. Diseño de cuneta de coronación .....	170
6.8.2. Solución al problema de deslizamiento .....	172
6.8.3. Presupuesto de ejecución .....	175
6.9. Administración .....	177
6.9.1. Recursos económicos .....	177
6.9.2. Recursos técnicos .....	178
6.9.3. Recursos Administrativos .....	178

## C) MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía .....	179
2. Anexos .....	182

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°01 Ubicación del talud inestable .....	5
GRÁFICO N°02 Partes que conforman un talud inestable .....	13
GRÁFICO N°03 Drenaje superficial superior .....	22
GRÁFICO N°04 Drenaje superficial (cuneta de coronación) .....	23
GRÁFICO N°05 Drenaje subterráneo .....	24
GRÁFICO N°06 Mantas biodegradables.....	25
GRÁFICO N°07 Hormigón proyectado .....	26
GRÁFICO N°08 Relación para material sin fricción entre el ángulo del talud $\beta$ y el coeficiente de estabilidad $N_s$ .....	31
GRÁFICO N°09 Ábaco para obtener el factor de corrección .....	37
GRÁFICO N°10 Rehabilitación después de grietas y falla .....	45
GRÁFICO N°11 Rehabilitación de falla de talud debido al agua superficial de la carretera.....	46
GRÁFICO N°12 Rehabilitación de emergencia por medio de gaviones y sacos de arena apilados.....	46
GRÁFICO N°13 Medida de emergencia mediante mallas de protección de caída de rocas de tipo bolsillo.....	47
GRÁFICO N°14 Rehabilitación mediante armazones de concreto vaciado en sitio.....	48

GRÁFICO N°15 Relación entre la velocidad de deformación de la grieta y el tiempo a la falla del talud .....	51
GRÁFICO N°16 (a) Rehabilitación de emergencia en el área de deslizamiento ..	54
GRÁFICO N°16 (b) Rehabilitación de emergencia en el área de deslizamiento ..	55
GRÁFICO N°17 Clasificación de suelos sistema SUCS.....	60
GRÁFICO N°18 Esquema de los estados de consistencia .....	61
GRÁFICO N°19 Curva de escurrimiento .....	62
GRÁFICO N°20 Datos pregunta N° 01 .....	70
GRÁFICO N°21 Datos pregunta N° 02.....	71
GRÁFICO N°22 Datos pregunta N° 03.....	71
GRÁFICO N°23 Datos pregunta N° 04.....	72
GRÁFICO N°24 Datos pregunta N° 05.....	72
GRÁFICO N°25 Datos pregunta N° 06.....	73
GRÁFICO N°26 Datos pregunta N° 07.....	73
GRÁFICO N°27 Datos pregunta N° 08.....	74
GRÁFICO N°28 Datos pregunta N° 09.....	74
GRÁFICO N°29 Datos pregunta N° 10.....	75
GRÁFICO N°30 Zonificación geotécnica según la estabilidad.....	76
GRÁFICO N°31 Zonificación geotécnica según la estabilidad.....	79
GRÁFICO N°31(a) Curva Granulométrica .....	79
GRÁFICO N°32 Curva Granulométrica.....	81
GRÁFICO N°33 Envoltorio de Mohr Esfuerzos Totales .....	82
GRÁFICO N°34 Envoltorio de Mohr Esfuerzos Residuales.....	84
GRÁFICO N°35 Nivel de confianza y significancia .....	96
GRÁFICO N°36 Hipótesis aceptada.....	98
GRÁFICO N°37 Talud Km 30+140 .....	107
GRÁFICO N°38 Deslizamiento de material.....	109
GRÁFICO N°39 Grietas de desprendimiento del talud.....	109
GRÁFICO N°40 Malla eslabonada anclada al talud .....	112
GRÁFICO N°41 Envoltorio de falla no drenado resultante del triaxial UU .....	242
GRÁFICO N°42 Deformación vertical en función al esfuerzo desviador en un ensayo triaxial UU.....	244

GRÁFICO N°43 Deformación vertical en función a $\sigma_a$ , $\Delta u$ y A en un triaxial CU en suelo Tipo II .....	246
GRÁFICO N°44 Envolvente de falla para un suelo tipo II; ensayo triaxial CU ..	247
GRÁFICO N°45 Deformación vertical en función al esfuerzo desviador en un ensayo triaxial CD .....	249
GRÁFICO N°46 Envolvente de falla para un suelo Tipo I; ensayo triaxial CD	250
GRÁFICO N°47 Tipos de falla en ensayos triaxiales.....	251
GRÁFICO N°48 Piezómetro instalado In Situ .....	253
GRÁFICO N°49 Ensayos para determinar la permeabilidad de los suelos .....	257
GRÁFICO N°50 Penetrómetros de carga variable .....	258
GRÁFICO N°51 Círculo de Mohr .....	259
GRÁFICO N°52 Gráfico de la envolvente de la falla en suelos de naturaleza mixta con círculos de Mohr.....	261
GRÁFICO N°53 Sección de una cámara triaxial típica.....	277
GRÁFICO N°54 Dispositivo mecánico para el límite líquido .....	286
GRÁFICO N°55 Acanalador tipo A y calibrador de altura .....	287
GRÁFICO N°56 Acanalador tipo A y calibrador de altura .....	287
GRÁFICO N°57 Muestra de suelo colocada y nivelada en la copa. ....	288
GRÁFICO N°58 Muestra de suelo después del ensayo.....	288
GRÁFICO N°59 Rolado de los rollos.....	292

#### ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°01 Clasificación de los taludes .....	12
CUADRO N°02 Registro de deslizamientos .....	89
CUADRO N°03 Medidas de los estratos 1 y 2 del talud .....	91

#### ÍNDICE DE FOTOS

FOTO N°01 Talud Abs. 30+100 -30+210 .....	225
FOTO N°02 Talud Abs. 30+100 -30+210 .....	225
FOTO N°03 Calicata 01 Abs. 30+140 .....	226
FOTO N°04 Calicata 01 Abs. 30+140 .....	226
FOTO N°05 Calicata 02 Abs. 30+170 .....	227

FOTO N°06 Calicata 02 Abs. 30+170 .....	227
FOTO N°07 Estratos del suelo.....	228
FOTO N°08 Calicata Abs. 30+200 .....	228
FOTO N°09 Longitud de falla Abs. 30+170.....	229
FOTO N°10 Profundidad suelo bueno.....	229
FOTO N°11 Malla eslabonada para estabilización de taludes.....	230
FOTO N°12 Hormigón lanzado para estabilización de taludes .....	230
FOTO N°13 Perfilado de talud con pendiente al 75% de inclinación del talud ..	231
FOTO N°14 Desalojo del material de excavación del talud .....	231
FOTO N°15 Excavación para dentellón de anclaje y su protección con malla	232
FOTO N°16 Colocación de cable de acero para sujeción de malla eslabonada	232
FOTO N°17 Colocación de anclajes de hierro prefabricados .....	233
FOTO N°18 Colocación de malla eslabonada sobre la superficie del talud .....	233
FOTO N°19 Colocación de cable de acero en la base del talud para anclaje de malla.....	234
FOTO N°20 Colocación de tubería perforada de PVC para drenaje .....	234
FOTO N°21 Humedecimiento del talud para colocación de hormigón lanzado	235
FOTO N°22 Comprobación de espesores para colocación de hormigón lanzado	235
FOTO N°23 Preparación de hormigón en planta para dosificación de mezcla de hormigón... ..	236
FOTO N°24 Toma de asentamientos en sitio para la colocación del hormigón..	236
FOTO N°25 Colocación del hormigón en la bomba impulsadora del hormigón lanzado.....	237
FOTO N°26 Hormigón lanzado colocado en capaz para una mayor seguridad de adherencia.. ..	237
FOTO N°27 Curado de hormigón lanzado mediante un tanquero con cañón .....	238
FOTO N°28 Excavación en la cumbre y berma del talud para cuneta de coronación .....	238
FOTO N°29 Fundición de hormigón en cuneta de coronación .....	239
FOTO N°30 Fundición de bajantes para evacuación de aguas de cunetas de coronación.....	239

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°01 Factor de seguridad asumidos según el tipo de suelo.....	32
TABLA N°02 Mantenimiento clasificado por tipo de suelo .....	57
TABLA N°03 Tamices estándar .....	59
TABLA N°04 Zonificación geotécnica según la estabilidad.....	76
TABLA N°05 Estudio de suelos .....	80
TABLA N°06 Granulometría (% que pasa el tamiz).....	80
TABLA N°06 (a) Ensayos triaxiales UU – Isotrópicos para esfuerzos totales ....	83
TABLA N°07 Ensayos triaxiales .....	85
TABLA N°08 Sitios donde se efectuaron ensayos de geofísica .....	86
TABLA N°09 Sitios donde se efectuaron ensayos de geofísica .....	87
TABLA N°10 Análisis de estabilidad.....	88
TABLA N°11 Interpretación de datos de la encuesta.....	93
TABLA N°12 Frecuencias observadas .....	96
TABLA N°13 Frecuencias esperadas .....	97
TABLA N°14 Matriz de datos .....	97
TABLA N°15 Cálculo matemático.....	98
TABLA N°16 Rango de valores de A en la falla para diversos suelos .....	247
TABLA N°17 Factores de seguridad mínimos .....	252

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación con el tema “EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA”, se lo realizó con el propósito de identificar el factor de seguridad adecuado para un talud.

Al iniciar el trabajo, se explica todo lo referente al problema, es de aquí que surge el tema propuesto y la justificación del mismo, además se delimitará el tema de investigación centrándose en los objetivos propuestos del proyecto.

Entonces, el marco teórico, detalla conceptos y fundamentos base para el proyecto investigativo, así mismo propone la hipótesis, para el desarrollo de la propuesta, trabajo de campo y laboratorio se procede a la recopilación, análisis e interpretación de los datos definidos de acuerdo a los ensayos efectuados, en el talud, desarrollando así una explicación básica de la aplicación detallada del programa GEOSLOPE.

A fin de desarrollar esta investigación se eligió la carretera Latacunga – La Maná como modelo de aplicación para las vías del Ecuador. La investigación se apoyó en la información proporcionada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el Gobierno Provincial de Cotopaxi y los estudios definitivos de ingeniería.

Para conocer profundamente las características físicas y mecánicas de los suelos se realizó la investigación de campo mediante la evaluación de los taludes existentes y la toma de muestras de suelos a fin someterlas a ensayos de laboratorio cuyos resultados proporcionaron los parámetros para el diseño de taludes. La investigación bibliográfica constituye la base de esta tesis porque se recabó, en lo posible, los métodos más actualizados y modernos para

estabilización de taludes considerando que el factor de seguridad en taludes es necesario para su aplicación adecuada.

Para el diseño de la geometría de los taludes se utilizó la última versión computacional del programa GEOSLOPE versión del 2012.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA:**

El cálculo del factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 Contextualización**

Los taludes se construyen con la pendiente más elevada que permite la resistencia del terreno, manteniendo unas condiciones aceptables de estabilidad. El diseño de taludes es uno de los aspectos más importantes de la ingeniería geotécnica, pues está presente en la mayoría de las actividades constructivas. En general, los taludes en Ingeniería Civil alcanzan alturas muy altas y se proyectan para ser estables a largo plazo, precisando medidas de estabilización complementarias cuando no sea posible realizar las excavaciones con las alturas y ángulos requeridos, por motivos económicos o de otro tipo.

En la zona central del país existen varios problemas en los taludes, que se los ha tratado independientemente de acuerdo con los problemas puntuales que se han ido presentando en las carreteras del país, las causas principales son el poco mantenimiento, la mala utilización del suelo sobre los taludes tanto para el uso de siembra como para asentamientos poblacionales que no tienen o implementan sistemas adecuados de evacuación de aguas, las cunetas de coronación en mal estado por falta de mantenimiento o por un mal proceso constructivo en muchos de los casos ausencia total de las cunetas de coronación.

El área afectada tiene una topografía montañosa y la conformación del talud según las características típicas del tipo de suelo que se encuentra en imperceptible inestabilidad, pero continuo desplazamiento hacia las partes bajas de la ladera. La precipitación de lluvia anual por pertenecer a una zona del páramo andino es constante, lo cual constituye una de las causas más importantes que agravan el problema ya que la acumulación de agua es mayor.

A lo largo de la vía Latacunga – La Maná se tiene una complejidad en los suelos porque se encuentra en un franco proceso de meteorización por la elevada pluviosidad de la zona, cambios bruscos de temperatura provocando un proceso de expansión y compresión de las masas rocosas, tanto como con el proceso de congelación del agua ingresada en las fisuras debido a las bajas temperaturas que se presentan en la noche en el páramo andino y por el día el descongelamiento de la misma agua, la vegetación que emite ácidos que penetran en la roca fracturada y su consecuente oxidación. Los datos pluviométricos emitidos por el INAMHI proporcionan un promedio en esta zona de 1800 mm. anuales.

### **1.2.2 Análisis crítico**

El fenómeno de inestabilidad se produce en taludes sin ninguna protección y cubierta vegetal que están expuestos a la acción conjunta permanente del viento y del humedecimiento concentrado en ciertas áreas, que al llegar a un nivel de humedad excesiva producen desprendimientos que se han deslizado sobre la vía, en donde se intensifica la evaluación de estabilización. La Inestabilidad de los taludes es una consecuencia de los cortes en el suelo, que se necesitaron hacer para construir la vía Latacunga – La Maná de la provincia de Cotopaxi.

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad). La combinación de los factores citados puede determinar la condición de rotura a lo largo de una o varias superficies, y que sea

cinemáticamente posible el movimiento de un cierto volumen de masa de suelo o roca. La posibilidad de rotura y los mecanismos y modelos de inestabilidad de los taludes están controlados principalmente por factores geológicos y geométricos.

Los factores geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos se consideran factores condicionantes, y son intrínsecos a los materiales naturales, en los suelos, litología y la estratigrafía donde determinan las propiedades resistentes y el comportamiento del talud. En el caso de macizos rocosos competentes el principal factor condicionante es la estructura geológica: la disposición y frecuencia de las superficies de discontinuidad y el grado de fracturación; en materiales blandos, como los lutíticos o pizarrosos, la litología y el grado de alteración juegan también un papel predominante.

La evaluación de estabilización de Taludes de la Vía Latacunga – La Maná de la Provincia de Cotopaxi, por su naturaleza es un proyecto que no va a inducir impactos ambientales negativos significativos, pero si traerá grandes beneficios positivos para todos los habitantes de Latacunga – Zumbahua – La Maná y usuarios de la vía.

Las poblaciones que se benefician debido a la operación de la vía Latacunga – La Maná son aquellas que habitan en las provincias ubicadas en el centro del país Cotopaxi, Tungurahua, Pichincha, Los Ríos, Chimborazo, Bolívar y Manabí; ya que constituye parte del corredor vial que une a varias provincias siendo una parte fundamental del sistema vial E30.

Los elementos que se perjudican debido al problema son la integridad y seguridad de los automotores ya que los desprendimientos que se producen en los taludes pueden tener consecuencias fatales poniendo en riesgo la vida de quienes usan esta vía alterna para llegar a la costa, que constituye una vía de evacuación o desfogue, y pudiera presentarse otras consecuencias por negligencia ante tal falta de seguridad.

### **1.2.3 Prognosis**

En el caso de no llevarse a cabo el análisis de lo planteado continuará su erosión y afectará la cubierta vegetal de la corona del talud, lo cual puede llegar a un colapso de la infraestructura de la vía y su sistema de drenaje que se taponaría causando un efecto acumulativo que empeora las condiciones del talud.

A pesar de constituir una red de caminos que son los únicos medios de acceso a la zona, hasta la presente fecha no se ha emitido una solución definitiva a la inestabilidad de los taludes, por lo que en forma cíclica cada período invernal, cuando las lluvias son más intensas y saturan el suelo, se producen deslaves de roca y tierra que bloquean la carretera, con los consecuentes perjuicios a los usuarios. Adicionalmente, y sin dar una solución definitiva al problema, el costo de la rehabilitación y mantenimiento de los taludes es muy elevado.

De continuar el proceso de desestabilización de los taludes, la propia solución vial de la vía Latacunga – La Maná se encuentra seriamente afectada, causando problemas y pérdidas de carácter material y humano en el caso de un accidente vial.

Los tiempos de viaje se verán afectados, por los deslizamientos de material que pueden bloquear la vía retrasando el transporte de los habitantes y de los productos. Ya que Cotopaxi es una provincia con gran producción agrícola y florícola se afectará el traslado de sus productos, que en su gran mayoría son perecibles, a un centro de consumo, así como en el traslado de productos provenientes de la Costa hacia la Sierra.

### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Cómo se puede calcular el factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca?

### 1.2.5 Interrogantes (Subproblemas)

- ¿Cuáles son los tipos de deslizamientos?
- ¿Cuál es el área en la que influye el deslizamiento?
- ¿Cuáles son las características típicas del suelo del talud?
- ¿Cuál es el método de diseño aplicable a la estabilización del talud?
- ¿Cuáles son las condiciones geotécnicas y geológicas del talud?

### 1.2.6 Delimitación del objeto de investigación

#### 1.2.6.1 Delimitación espacial

Los tramos en estudio correspondientes a la vía Latacunga – La Maná provincia de Cotopaxi, conformada por una extensión de 137,18 Km entre sus extremos, Barrio San Felipe (ciudad de Latacunga) y el Barrio Pucayacu Chico (ciudad de La Maná).

Gráfico N° 01: Ubicación del Talud Inestable



Fuente: Google Earth Landsat, 1°18'50.85" S 78°28'44.47" O

### **1.2.6.2 Delimitación temporal**

El tiempo de elaboración del proyecto de estudio del talud se proyectará a doce meses iniciando desde Octubre 2013 y Octubre 2014.

### **1.2.6.3 Delimitación de contenido**

El tema del proyecto se encuentra enmarcado dentro de lo siguiente:

1. Rama de Ingeniería Civil
2. Área Ingeniería en Vías
3. Topografía, Geotecnia, Geología, Mecánica de Suelos y Rocas.
4. Deslizamientos de talud de corte.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La inestabilidad de taludes es una de las causas de mayor accidentabilidad en las carreteras del país. La investigación genera interés porque es una zona que en la actualidad no es atendida adecuadamente por la falta de datos investigativos, que este trabajo desea aportar.

Esta investigación beneficiará a una población marginal que vive de la agricultura y ganadería y sin una vía de transporte funcional sufrirán daños económicos y sociales.

Para tener una vía segura que evitará la pérdida de vidas humanas por accidentes, se garantiza el tráfico seguro y permanente de vehículos que permite el transporte de la producción agrícola y ganadera de la zona y el aprovisionamiento de insumos para la industria, el comercio y el turismo.

Por el trabajo que se realizará y la experiencia en la construcción de carreteras del país se considera que será factible realizarlo.

Debido a la importancia de la vía, ésta no puede permanecer expuesta a los fenómenos de la naturaleza que la destruyan o interrumpan su circulación.

En esta investigación, entre las alternativas para estabilizar la ladera se escogerá la más segura como la implementación de cunetas de coronación, taludes con bermas, subdrenes, recalces, anclajes, recubrimiento con vegetación de raíces profundas y que requieran mucha humedad, diseño apropiado de la inclinación de taludes utilizando el método sueco o de dovelas.

Los datos mínimos que se obtendrán para la realización de esta investigación serán, dimensiones y límites de la zona a estudiarse; situación de la zona de deslizamiento; efectos producidos por el movimiento del deslizamiento; volumen de escombros debido al deslizamiento; sondeos y ensayos; materiales constituyentes del suelo; agua y situación de capa freática; condiciones climatológicas de la zona; reseña geológica de la ladera; información fotográfica; causas a las que se atribuye la falla del talud.

Por su importancia científica se investigan las técnicas más adecuadas que pueden ser útiles teniendo en cuenta la relación costo beneficio, se pueden aplicar los diseños de estabilización de taludes funcionales, que corrijan el problema existente, y que sirvan como base de estudio para vías con similares problemas.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Estudio del cálculo del factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Establecer los tipos de deslizamiento.
- Definir el área de deslizamiento.
- Determinar las características del suelo.
- Definir un método de diseño aplicable a la estabilización del talud.
- Establecer las condiciones geotécnicas y geológicas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Los antecedentes investigativos en torno al tema son:

La fuente de información recogida es un perfil del proyecto de graduación en la carrera de Ingeniería Civil realizado por el señor Néstor Basantes Romero, en el año 2006, el lugar específico de la investigación es el cantón Ambato su tema es el siguiente “Análisis y solución de la vía Paso lateral de la ciudad de Ambato”, con el objetivo de proporcionar la solución apropiada a la inestabilidad de los taludes del Paso lateral de Ambato se llegó a la siguiente conclusión que la utilización de geotextiles en los taludes inestables del paso lateral de la ciudad de Ambato soluciona la inseguridad al tránsito.

Debido a la importancia de la vía, ésta no puede permanecer expuesta a los fenómenos de la naturaleza que la destruyen.

Como aporte a este modelo de investigación se revisaron los estudios realizados por el Dr. Roberto Castro N. y el Ing. Rodrigo Herrera referentes a la estabilización de taludes y laderas en el km 45, y km 59 respectivamente, en los años 2001 y 2004 para el Ministerio de Obras Públicas y el “Geomorphological – Geological Report of Cosanga Landslide Area to Support Stabilization Designs desarrollado por la asociación de Consultoras Tecnie Consultores Petroleros y Caminos y Canales Cía. Ltda. A pedido de ARCO Oriente. Inc. Williams Brothers Engineering Company, en el año 1997.

Como una fuente de investigación se realizó un modelo por el Ing. Mario Efraín Hurtado Lascano en el año 2009, con el tema “modelo para la estabilización de taludes en la carretera Selva Alegre – Saguangal que permita disminuir costos de mantenimiento” con el objetivo de determinar un modelo eficiente de estabilización de taludes para la carretera donde se llegó a la conclusión que como característica fundamental de los deslizamientos se han producido por la presencia de erosión regresiva continua y que las zonas de mayor inestabilidad se presentan características de poca presencia de árboles de gran tamaño, existiendo solo vegetación menor.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

El siguiente trabajo de investigación se fundamenta en el paradigma de investigación neopositivista basándose en los siguientes aspectos:

La finalidad de la investigación es la comprensión de los efectos negativos que sufren los pobladores del sector perjudicado, identificando los posibles cambios que pueden darse con la ejecución del proyecto, mejorando la acción social hacia los moradores facilitándoles una circulación sin interrupciones.

Mediante la determinación exacta del factor de seguridad se puede considerar una alternativa de solución para el actual estado del talud, con esto se obtiene una visión general de los cambios que se producirían al aplicar cualquiera de las alternativas que obtendrían una solución idónea aplicando las diferentes técnicas de estabilización del talud.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

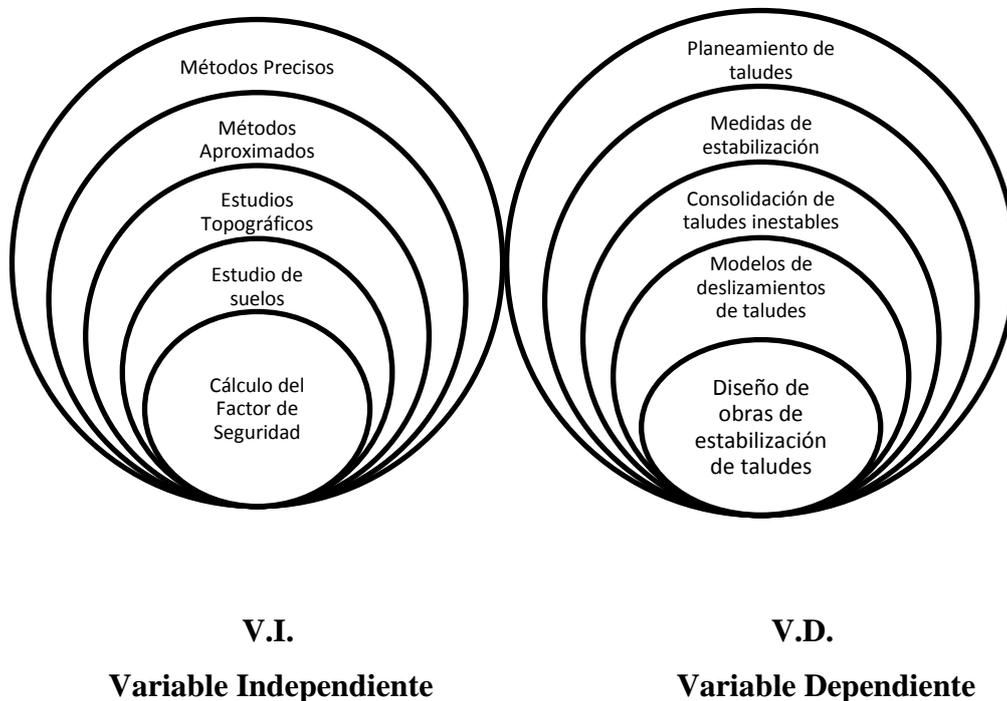
El trabajo de investigación se basará en las siguientes normas:

- MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas),

- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) o Asociación Americana de Vías Estatales y Transporte Oficial.
- SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).
- Ley de Tránsito y Transporte Terrestre.

## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

### 2.4.1 Supraordinación de las variables



El cálculo del factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.

### 2.4.2 Definiciones

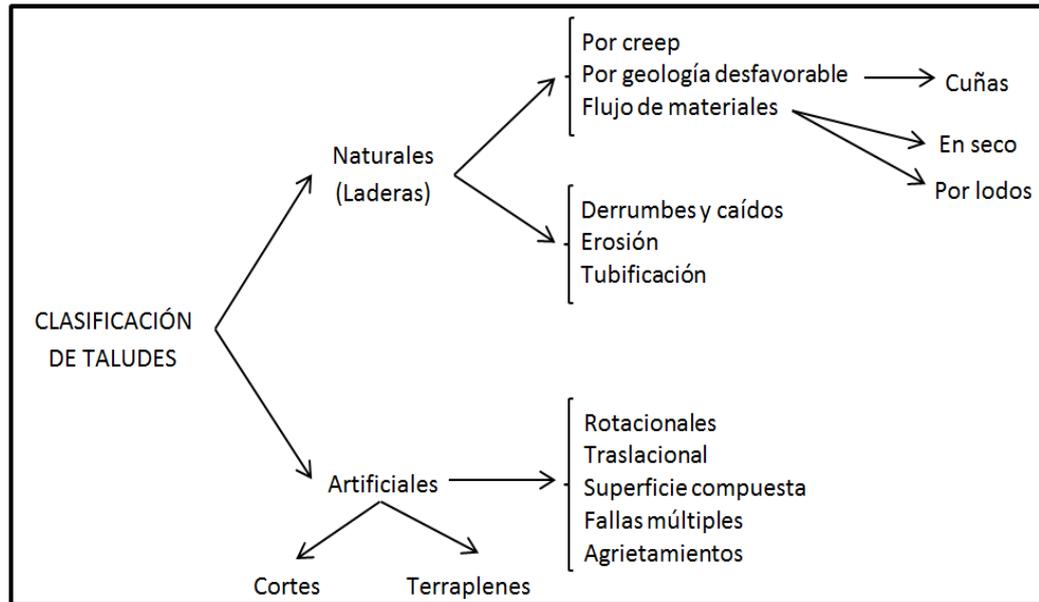
#### 2.4.2.1 Talud

“Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su

conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. Desde este punto de vista los taludes se dividen en naturales (laderas) o artificiales (cortes y terraplenes).

Es necesario establecer una clasificación de taludes adecuada.”(ANYELO, 2011)

Cuadro N° 01: Clasificación de los taludes



Fuente: PITEAU, D.R., PECKOVER, F.L. (1978). «Engineering of rock.»

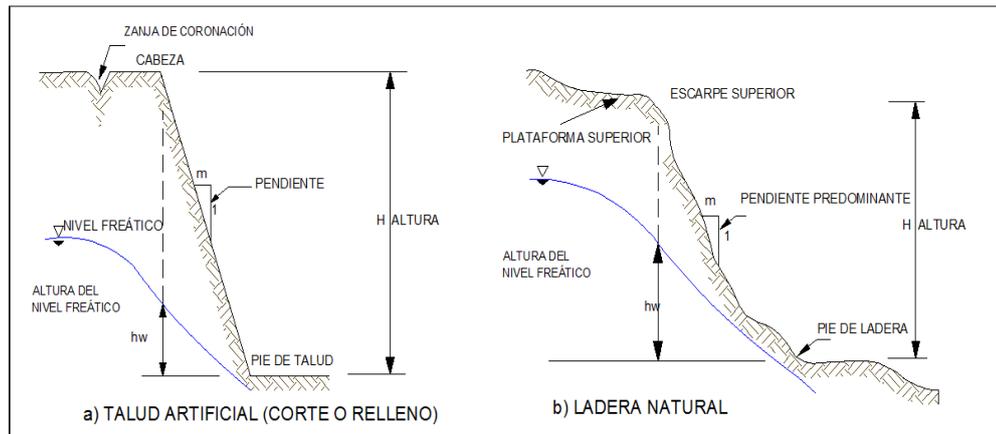
“En el talud o ladera se definieron los siguientes elementos constitutivos:

Altura.- Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada determinar en las laderas debido a que el pie y la ladera no son accidentes topográficos bien marcados.

Pie.- Correspondiente al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

Cabeza o escarpe.- Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.”(ANYELO, 2011)

Gráfico N° 02: Partes que conforman un talud inestable



Fuente: ARMAS-ZAGOYA (2004). *Tesis de Maestría en Ciencias Geológicas*

“Altura del nivel freático.- Distancia vertical desde el pie de talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

Pendiente.- Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: Pendiente: 45°, 100%, o 1H: 1V.”(ANYELO, 2011)

#### 2.4.2.2 Análisis de inestabilidad de taludes

“La inestabilidad de taludes es una noción general que se refiere a lo propenso de ocurrencia de cierto grado o intensidad de movimiento masivo de un talud. En términos geomorfológicos, se considera la inestabilidad como un mecanismo de transformación de la forma de la tierra. Por el cual los materiales que constituyen un talud ajustan su altura y ángulo de reposo a los cambios de las nuevas condiciones hidro-climáticas, geomorfológicas y bióticas. En la ingeniería, la estabilidad de un talud se considera como grado y frecuencia de movimiento de una masa de suelo que hace peligrar el desarrollo normal de estructura y de la actividad humana.”(BLÁZQUEZ, 1986)

“La inestabilidad de un talud y la consecuente formación de desprendimientos o deslizamientos, puede estar originada por numerosas y distintas causas, o por la combinación de más de una (inclinación, altura, morfología, topología del material, disposición de las fracturas y diaclasas, presencia de agua, etc.).”(BLÁZQUEZ, 1986)

Se puede producir por diversas razones:

**“Tipo geológico:** Laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.

**Variación del nivel freático:** Situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre.

**Falla por deslizamiento superficial:** Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones del suelo próximas a su frontera se deslicen hacia abajo; el fenómeno es más intenso cerca de la superficie inclinada del talud a causa de la falta de presión confinante que allí existe.

**Falla por movimiento del cuerpo del talud:** En contraste con los movimientos superficiales lentos, descritos en el inciso anterior, pueden ocurrir en los taludes movimientos bruscos que afectan a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo. Estos fenómenos reciben comúnmente el nombre de deslizamiento de tierras.

**Fallas por licuación:** Éstas fallas ocurren cuando en la zona de deslizamiento el suelo pasa rápidamente de una condición más o menos firme a la correspondiente a una suspensión con pérdida casi total de resistencia al esfuerzo cortante.

**Fallas por erosión:** Éstas son también fallas del tipo superficial provocadas por arrastre del viento, agua, etc., en los taludes. Este fenómeno se hace más notorio, entre más empinadas sean las laderas de los taludes. La erosión es el desprendimiento, transporte y depositación de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento de agua. El flujo puede concentrarse en canales produciendo surcos o cárcavas.

Se conocen varios tipos de erosión:

- **Erosión laminar.-** El proceso de erosión laminar se inicia por el impacto de las gotas de agua de lluvia contra la superficie del suelo, complementada por la fuerza de la escorrentía produciendo un lavado de la superficie del terreno como un todo, sin formar canales definidos.

Al caer las gotas de lluvia levantan las partículas de suelo y las reparten sobre la superficie del terreno. La velocidad de las gotas de lluvia puede alcanzar valores hasta 10 metros por segundo y su efecto es muy grande sobre las superficies de talud expuestos y sin cubierta vegetal. El proceso es particularmente grave cuando la pendiente del talud es grande, como es el caso de los taludes de corte en obras viales.

- **Erosión en cárcavas.-** Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava.

- **Erosión eólica.-** La fuerza ejercida por el viento sobre la superficie del terreno produce un movimiento de partículas, que son transportados por saltación, deslizamiento superficial o suspensión, dependiendo del tamaño de las partículas, la duración, la velocidad y la turbulencia del viento.

De esta forma el suelo es sacado de su lugar de origen y depositado en las depresiones naturales del terreno, que generalmente son las zonas bajas y planas de las micro cuencas hidrográficas.

- **Erosión en surcos.-** Los surcos de erosión se forman por la concentración del flujo del agua en caminos preferenciales, arrastrando las partículas y dejando canales de poca profundidad generalmente, paralelos.

El agua de escorrentía fluye sobre la superficie del talud y a su paso va levantando y arrastrando partículas de suelo, formando surcos.

- **Erosión interna (Piping).**- El agua al fluir por ductos concentrados dentro del suelo produce erosión interna, la cual da origen a derrumbamientos o colapsos que pueden generar un hundimiento del terreno o la formación de una cárcava.
- **Erosión por afloramiento de agua.**- Un caso de erosión puede ocurrir en los sitios de afloramiento de agua, formando pequeñas cavernas y/o taludes negativos, los cuales a su vez pueden producir desprendimientos de masas de suelos.”

#### **2.4.2.3 Estudios geotécnicos**

Los estudios geotécnicos incluyen ensayos de campo, ensayos geofísicos y ensayos de laboratorio.”(MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES , 2011)

“Los estudios geotécnicos deben ser representativos de las condiciones reales del suelo o roca en el sitio y para que esto ocurra se debe haber realizado una investigación geotécnica completa. Se debe realizar un suficiente número de ensayos para que los resultados sean representativos de la variación de las propiedades de los materiales que permitan realizar un diagnóstico.”(DIAZ, 2003)

#### **“Ensayos de campo**

Los ensayos de campo tienen la ventaja de poder simular situaciones en el ambiente mismo de talud y son muy útiles para cuantificar los parámetros que se emplean en el análisis de un deslizamiento.

Los ensayos más empleados son:

- Ensayos de penetración estándar
- Cono estático
- Penetrómetro de bolsillo
- Presurómetro
- Ensayo de Veleta
- Ensayo de Veleta de bolsillo

- Ensayo de corte en el sondeo
- Ensayo de placa
- Corte directo de campo
- Ensayo de permeabilidad

### **Ensayos geofísicos**

Los ensayos geofísicos son generalmente, la forma más rápida y económica de obtener información sobre las características de los perfiles del subsuelo en áreas relativamente grandes, estas técnicas no reemplazan los sondeos y deben utilizarse con un control de campo muy estricto.

Los ensayos geofísicos dependen de las relaciones de las condiciones del suelo con otras características físicas y se requiere de un experto geofísico para su interpretación.

Los principales métodos geofísicos utilizados en deslizamientos son:

- Resistividad
- Ensayos sísmicos
- Detección del ruido no audible (Método Geoacústico)
- Ensayos de gravedad
- Ensayo de penetración de radar
- Radiación de rayos gamma

### **Resistividad**

Los sondeos eléctricos y electromagnéticos, miden la resistencia de la corriente eléctrica a través del suelo y mediciones de su resistencia. Los ensayos de resistividad pueden utilizarse para determinar perfiles verticales y perfiles horizontales, dependiendo de la forma como se realice.

La mayor ventaja es la facilidad de transporte y simplicidad de los instrumentos y la mayor desventaja es la interpretación difícil de las medidas, especialmente en aquellas áreas donde los estratos no son horizontales y las estructuras son complejas.

### **Ensayos sísmicos**

Los sondeos sísmicos incluyen reflexión y técnicas acústicas. Todos ellos se basan en el hecho de que las propiedades elásticas de los materiales de tierra, determinan la velocidad de las ondas que se propagan a través de ellos.

### **Ensayos de laboratorio**

Se deben realizar ensayos que permitan obtener las propiedades de los suelos para los análisis, de tal forma que sean lo más representativos de las situaciones reales en el campo.

Los ensayos comúnmente utilizados para análisis de laderas y taludes son los siguientes:

- Humedad o contenido de agua
- Límites de Atterberg o Plasticidad
- Gravedad específica
- Distribución granulométrica
- Contenido de sulfatos y acidez
- Compactación
- Permeabilidad

#### **2.4.2.4 Estudios geológicos**

La Geología generalmente, define las características o propiedades del suelo y la roca. La formación geológica determina la presencia de materiales duros o de baja resistencia y las discontinuidades pueden facilitar la ocurrencia de movimientos a lo largo de ciertos planos de debilidad.

Los elementos geológicos principales a estudiar son los siguientes:

Formación Geológica, los materiales de origen ígneo - metamórfico poseen un comportamiento diferente a los suelos de origen sedimentario, aluviones, coluviones, etc.

Estructura y discontinuidades, en los suelos residuales y rocas la estratificación y las discontinuidades actúan como planos de debilidad o como conductores de corrientes de agua subterránea y las características de éstas pueden facilitar los movimientos.

Meteorización, la descomposición física o química produce alteraciones en la roca y en el suelo, las cuales modifican substancialmente los parámetros de resistencia y permeabilidad, facilitando la ocurrencia de deslizamientos.

#### **2.4.2.5 Estudios topográficos**

La conformación topográfica del talud: altura, pendiente, curvatura, largo y ancho, actuando en forma conjunta o separada, afectan la estabilidad de un talud, por cuanto determinan los niveles de esfuerzos totales y las fuerzas de gravedad que provocan los movimientos.

La topografía de un sitio de deslizamiento produce información básica para el análisis de los movimientos.

Los reconocimientos preliminares utilizan los planos topográficos existentes o las fotografías aéreas.

Sin embargo, se requiere un detalle topográfico para localizar muchos elementos críticos, los cuales pueden estar enmascarados por la vegetación.

Los levantamientos topográficos tienen los siguientes objetivos:

- Establecer controles en tierra para el mapeo fotogramétrico y la instrumentación.
- Obtener detalles topográficos, especialmente, de aquellos factores ocultos por la vegetación.
- Determinar los perfiles topográficos para el análisis de estabilidad.
- Establecer un marco de referencia sobre el cual puedan compararse los movimientos futuros del terreno.” (COMITÉ EJECUTIVO DEL CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, 2012)

#### **2.4.2.6 Modelos de análisis de estabilidad**

“Es práctica común en ingeniería definir la estabilidad de un talud en términos de un factor de seguridad (FS) obtenido de un análisis matemático de estabilidad. Estos factores incluyen geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas de tensión, cargas dinámicas por acción de sismos, flujo de agua, propiedades de los suelos, etc.

A pesar de las debilidades de un determinado modelo, determinar el factor de seguridad asumiendo superficies probables de falla, permite al ingeniero tener una herramienta muy útil para la toma de decisiones. En los últimos años se han desarrollado algunos modelos de superficies de falla con forma no geométrica, pero se requieren todavía un gran esfuerzo de investigación en este tema.”(E.C.C., 1977)

#### **Análisis con esfuerzos totales o efectivos**

“Los problemas de estabilidad de taludes pueden analizarse suponiendo sistemas de esfuerzos totales y efectivos. En principio, siempre es posible analizar la estabilidad de un talud utilizando un método de presión efectiva, porque la resistencia del suelo es gobernada por las presiones efectivas tanto en la condición drenada, como en la condición no drenada.

Pero en la práctica no es posible determinar con precisión cuales son los excesos de presión que se van a generar por los cambios en las cargas sean estas excavaciones, cambios en el nivel de agua, etc.”(DIAZ, 2003)

#### **2.4.2.7 Estabilidad de taludes**

“La estabilidad de taludes es la teoría que estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de Ingeniería Civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la Geotecnia.

La construcción de estas estructuras actualmente se basa en estudios de Mecánica de Suelos cuando fue posible aplicar al diseño de taludes normas y criterios, que sistemáticamente toman en cuenta las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos

constitutivos, obteniendo experiencia sobre bases firmes y desarrollando las ideas teóricas que permitan conocer cada vez más detalladamente el funcionamiento particular de estas estructuras.”(JORGE E. ALVA HURTADO, 1994)

Medidas de Estabilización, la estabilización de deslizamientos activos o potencialmente inestables de un talud comprende los siguientes factores:

- Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta las circunstancias del talud estudiado.
- Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño.
- Instrumentación y control durante y después de la estabilización.

Debe tenerse en cuenta que en taludes nunca existen diseños detallados inmodificables y que las observaciones que se hacen durante el proceso de construcción tienden generalmente, a introducir modificaciones al diseño inicial y esto debe preverse en las cláusulas contractuales de construcción.

Los sistemas de estabilización se deben clasificar en cinco categorías principales:

- Conformación del talud o ladera
- Recubrimiento de la superficie del talud
- Control de agua superficial y subterránea
- Estructuras de contención
- Mejoramiento del suelo

### **Conformación de un talud**

“Remoción de materiales de la cabeza del talud.- Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales pero en movimientos muy grandes las masas a remover tendrían una gran magnitud.

Abatimiento de la pendiente.- Efectivo especialmente en los suelos friccionantes sin embargo no es viable económicamente en taludes de gran altura.

Terracéo de la superficie.- Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión no obstante cada terraza debe ser estable independientemente.” (MATTEIS, 2003)

Gráfico N° 03: Drenaje superficial superior (berma)



Fuente: Sandra Rojas

### **Protección de la superficie del talud**

Estos recubrimientos pueden complementarse con prácticas de cobertura vegetal.

“El recubrimiento de la superficie del talud con productos artificiales puede implicar un aumento en los valores de escorrentía, lo cual requiere de la construcción de estructuras de control de aguas superficiales capaces de manejar los volúmenes producidos de acuerdo a la inestabilidad de lluvias.”(MATTEIS, 2003)

## Control de agua superficial y subterránea

Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y aumentando las fuerzas resistentes.

“Canales superficiales para control de escorrentía.- Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos.

Subdrenes de zanja.- Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos en suelos saturados subsuperficialmente.” (MATTEIS, 2003)

Gráfico N° 04: Drenaje superficial (cuneta de coronación)



Fuente: Sandra Rojas

“Subdrenes horizontales de penetración.- Efectivos para interceptar y controlar aguas subterráneas relativamente profundas pero se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.

Galerías o tuneles de subdrenaje.- Efectivos para estabilizar deslizamientos profundos en formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.

Pozos profundos de subdrenaje.- útiles en deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para excavaciones no permanentes.” (MATTEIS, 2003)

Gráfico N° 05: Drenaje Subterráneo



Fuente: Sandra Rojas

### **Mantas biodegradables o geotextiles**

“Debido a su estructura tridimensional, ayudan a la estabilización de los terrenos al disminuir los impactos de las gotas de lluvia y reducir la escorrentía superficial, facilitando la infiltración del agua en el suelo.

Además al conservar una capa de aire inmóvil entre la cubierta y el terreno, controla la evapotranspiración, mantiene la temperatura y las semillas permanecen inmóviles en el suelo, con lo que favorece su germinación.

Las mantas biodegradables tienen ventajas útiles para este tipo de taludes los cuales retienen la humedad, facilitan la fijación de semillas que se pueden instalar en la manta, protegen el terreno del viento fuerte que se presenta en esta región, y de fuertes precipitaciones que se producen a lo largo de la temporada de invierno y estas mantas se degradan a medida que el talud es colonizado por la vegetación.” (CARLOS FERNANDEZ CASADO, 2012)

Gráfico N° 06: Mantas biodegradables



Fuente: <http://ingenieriapretensada.blogspot.com/2011/06/bioingenieria.html>

### **Hormigón proyectado**

“El hormigón lanzado es una mezcla de cemento y agregados, los cuales se pueden colocar en seco o por vía húmeda. Generalmente, se coloca una malla de refuerzo previamente al lanzado del concreto. Se debe tener especial cuidado en las consecuencias de procesos de expansión y contracción, los cuales pueden destruir por agrietamiento sobre la superficie de los taludes. Para facilitar el drenaje, se deben construir huecos o lloraderos que atraviesen la superficie de recubrimiento y en esta forma evitar las presiones de poro por represamiento de agua subterránea.

El hormigón lanzado es un sistema de colocación de concreto, que se aplica en la obra por compresión neumática a través de un conducto y es proyectado a gran velocidad sobre una superficie requerida. Es un concreto con agregado pequeño que forma una mezcla relativamente seca, la cual se consolida a través de la fuerza de impacto y se puede colocar tanto en superficies verticales como horizontales.

Posee una densidad similar al concreto normal y al concreto de alta resistencia; debido a su estructura particular tiene mayor impermeabilidad y resistencia a los ciclos de congelamiento, deshielo y fuego que un concreto tradicional con la misma composición. La técnica que se utilice dependerá de la aplicación que se requiera: simple protección de superficies, consolidación, contención, revestimiento, impermeabilización, protección contra la corrosión y fuego o refuerzo estructural.”(PhD R. U., 2002)

Gráfico N° 07: Hormigón proyectado



Fuente: Sandra Rojas

### **“Estructuras de contención**

Son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite al deslizamiento por medio de un cable o varilla de acero.

### **Muros masivos rígidos**

Son estructuras rígidas, generalmente de hormigón, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

### **Muros de hormigón reforzado**

Una estructura de hormigón reforzado resiste movimientos debidos a la presión de la tierra sobre el muro. El muro a su vez se apoya en una cimentación por fuera de la masa inestable. Una pared de hormigón reforzado es generalmente, económica y viable para alturas hasta 8 metros. Para alturas mayores el muro se vuelve muy costoso.

### **Muros de hormigón simple o ciclópeo**

El concreto ciclópeo es una mezcla de concreto con cantos o bloques de roca dura. Generalmente, se utilizan mezclas de 60% de concreto y 40% de volumen de piedra. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a mayor cantidad de piedra existe mayor posibilidad de agrietamiento del muro, por presencia de zonas de debilidad estructural interna.

En ocasiones se le colocan refuerzos de varilla de acero dentro del concreto ciclópeo para mejorar su resistencia interna. El diseño de un muro de concreto ciclópeo es muy similar al de los muros de concreto simple rígido y masivos.

### **Mejoramiento del suelo**

Metodos que aumenten la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesion y la friccion de la mezcla suelo – producto estabilizante o del suelo modificado.”(CARLOS FERNANDEZ CASADO, 2012)

“Inyecciones o uso de químicos.- Endurecen el suelo y pueden cementar la superficie de falla.

“Consiste en la habilitación de las toberas para la inyección con chorro de alta velocidad, y en la cancelación de la o las aberturas utilizadas para la evacuación del fluido de

perforación. En seguida se inicia el proceso de inyección de la lechada del agente cementante, desde el fondo de la perforación hacia arriba, extrayendo, a velocidades controladas, la tubería de perforación y rotándola 360 grados a una revolución constante o variable, o bien, sin darle rotación a los tramos de tubo o con rotaciones restringidas a ciertos ángulos nada más.” (Pineda, 2011)

“La forma de rotación depende de la geometría de la masa de suelo tratado que se desea obtener, la cual será cilíndrica si se permite rotar la tubería sin restricciones (a 360 grados); secciones semi-circulares si se rota menos de 360 grados o paneles planos si no hay movimiento de la tubería salvo el de ascensión.” (Pineda, 2011)

Congelación.- Endurece el suelo al congelarlo pero los efectos no son permanentes.

“El procedimiento general se aplica instalando en torno al bloque de suelo que se quiera estabilizar, un conjunto de tubos o sondas de congelación por las que habrá de circular la sustancia refrigerante, con la disposición y separación entre sondas que aconsejen las condiciones de obra (profundidad de excavación, planta, etc.) y el terreno.

Como sustancias refrigerantes pueden emplearse salmueras (frecuentemente de cloruro cálcico), anhídrido carbónico, o nitrógeno líquido, todas ellas con el mismo fundamento físico: la capacidad de absorción de calor de estas sustancias, al pasar de líquido a gas.

La instalación es diferente, según el elemento refrigerante sea recuperado (circuito cerrado) o no (circuito abierto). En el primer caso, ha de establecerse un circuito cerrado como el que se muestra en la figura.

El fluido en forma líquida, pasa por los tubos refrigerantes y al evaporarse a través de ellos absorbe calorías del terreno. Conseguido este efecto, la sustancia en forma de gas se hace pasar por un compresor que en combinación con un sistema refrigerador lo licua a baja temperatura, y después es conducida a un depósito, en el que es almacenada en forma líquida a alta presión. Desde este depósito el caudal será bombeado de nuevo a las sondas refrigerantes para ser reutilizado en un nuevo recorrido a través del circuito cerrado de congelación.

Cuando la congelación se aplica sin recuperar la sustancia refrigerante, ésta (normalmente nitrógeno líquido), es transportada a pie de obra en camiones cisterna y desde ellos es

bombreada a baja temperatura ( $\gg -196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), directamente hacia las sondas o tubos congeladores de la instalación: el fluido, después de pasar a través de las sondas, ya evaporado es dirigido hasta el final del circuito, en este caso abierto, del cual sale a la atmósfera en forma de gas a unos  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  de temperatura.

Este sistema resulta más caro que el anterior por no recuperarse la sustancia refrigerante, pero los efectos de congelación que se consiguen en la práctica son más rápidos.” (Piqueras, 2014)

Electro-osmosis.- Reducen el contenido de agua no obstante no es permanente.

“Es un fenómeno de transporte en el cual el líquido saturante junto con las sustancias que se suspenden en él (coloides con y sin carga eléctrica), fluyen hacia uno de los electrodos (normalmente hacia el cátodo).

La tasa de este flujo es proporcional al producto de la fuerza del campo eléctrico aplicado y al potencial, de la interfase sólido-líquido. El valor del potencial es función de las propiedades del suelo, así como de la fuerza iónica y el pH del electrolito.

Por ejemplo, con un gradiente de potencial eléctrico de  $100\text{ V m}^{-1}$ , los valores típicos de potencial, están entre  $-10$  y  $-100\text{ mV}$ , lo cual causa que el agua fluya hacia el cátodo a una velocidad que puede alcanzar  $10\text{ cm-día}^{-1}$ ; bajo estas condiciones algunas pruebas de laboratorio han demostrado una eficiente remoción de compuestos orgánicos insolubles, los cuales tienen cargas iónicas parciales, por lo que las cargas iónicas totales resultan ser muy débiles y no lograrían moverse solo por electromigración.” (Yeung 1990, Martínez 2001).

Explosivos.- Fracmenta la superficie de falla sin embargo su efecto es limitado y puede tener efectos negativos.

“Los explosivos son sustancias químicas (sólidas o líquidas) que por efecto de un estímulo térmico o mecánico se transforman por reacción química exotérmica en gas.

Lo característico de esta transformación es que puede producirse en un tiempo brevísimo (fracciones de milésimas de segundo), con fuertes aumentos de temperatura (hasta  $4.500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), de volumen ( $\gg 10.000$  veces el inicial) y de presión (hasta  $200.000$  atmósferas),

pudiendo provocar la rotura violenta del medio que rodea al explosivo, efecto que es ampliamente aprovechado en minería y obra civil para la voladura de rocas o para la demolición de estructuras.

Conviene aclarar que aunque durante la explosión tenga lugar un importante aumento de temperatura, la energía calorífica liberada no es de gran magnitud. Productos combustibles como el carbón o la gasolina desarrollan, a igualdad de peso durante su combustión, una energía mayor que la que se libera en la detonación de un producto explosivo. La razón por la que la potencia del explosivo resulta millones de veces superior a la de aquellos, se debe simplemente al brevísimo tiempo en el que se desarrolla esa energía. Esto explica la fuerte influencia que la *velocidad de detonación* de un explosivo, tiene sobre su potencia o “poder rompedor”. En función de esta velocidad de detonación, el conjunto de productos explosivos puede dividirse en dos grupos:

- (1) *Deflagrantes*: cuya velocidad de detonación se mide en m/s.
- (2) *Detonantes*: en los que esta velocidad es del orden de Km/s.

La velocidad de detonación junto con las restantes propiedades que se enumeran más adelante, caracterizan un producto explosivo, pero su comportamiento en la práctica dependerá además de las condiciones del medio en que tenga lugar la explosión, especialmente del grado de confinamiento y de la posible existencia de agua o humedad en el barreno en que se coloque el explosivo.” (Pineda, 2011)

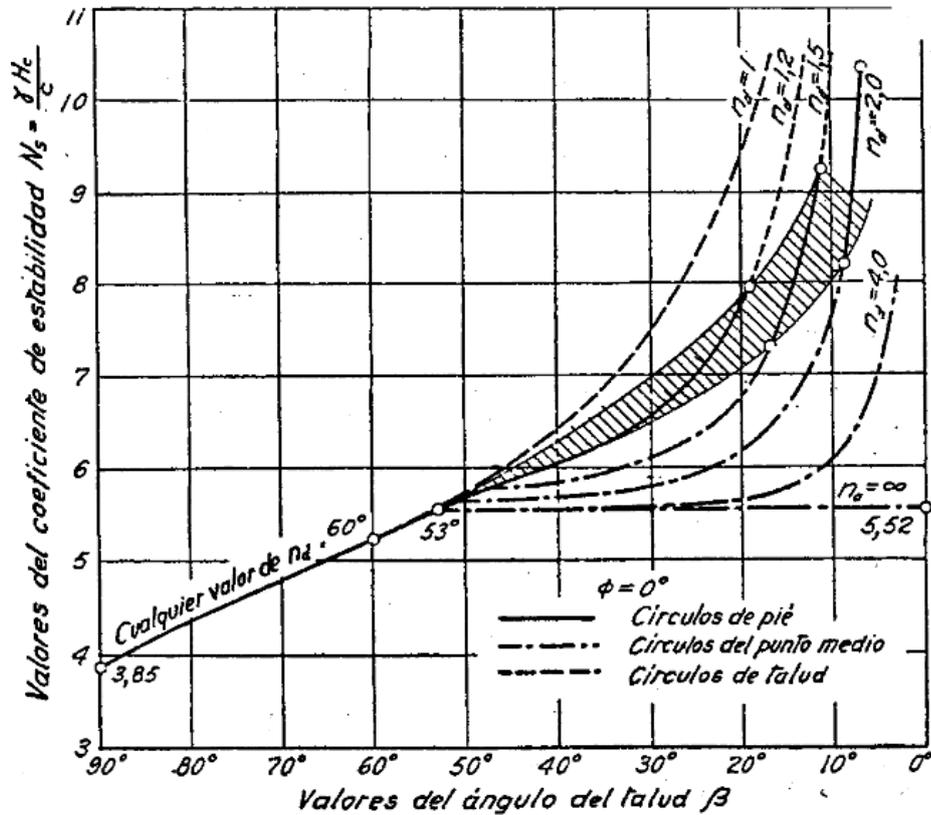
Las obras pueden ser definitivas o pueden ser temporales de acuerdo al método utilizado. Generalmente en la estabilización de deslizamientos se emplean sistemas combinados que incluyen dos o mas tipos de control de los indicados anteriormente; en todos los casos debe hacerse un análisis de estabilidad del talud ya estabilizado y se debe llevar un seguimiento del proceso durante la construcción y algunos años después.” (SFRISO, págs. 26-44)

## **FACTOR DE SEGURIDAD**

El factor de seguridad de un talud infinito se suele definir por:

$$FS = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

Gráfico N° 08: Relación para material sin fricción entre el ángulo del talud  $\beta$  y el coeficiente de estabilidad  $N_s$



Fuente: Mecánica de suelos, Lambe, T.W. y Withman, R.V. Wiley S.A. 1972

“La única incógnita en la estabilidad de un talud infinito es el valor apropiado del ángulo de fricción interna. Esta magnitud puede estimarse con precisión razonable y por otro lado, las consecuencias de la falla de un talud de este tipo son escasas de aquí que el factor de seguridad no necesita ser muy grande. En general el ingeniero será conservador al suponer  $\phi = 0$  y tomará un FS= 1.” (SUAREZ)

#### “Método de las rebanadas

El método de las rebanadas evalúa un talud homogéneo usando superficies de falla circulares. La masa potencial de falla se divide en rebanadas y su factor de seguridad se computa asumiendo que no hay fuerzas entre tajadas. Esto hace que la ecuación por la que se calcula el factor de seguridad se vuelva lineal.

Luego el cálculo de factor de seguridad se resume en lo siguiente:

$$FS = \frac{(\sum C * L + \sum N * Tg\phi)}{\sum W * sen \alpha}$$

Donde:

B= Ancho de la rebanada

H= Altura media de la tajada

W= Peso

$\alpha$ = Inclinación base de la tajada

L= Longitud de la base de la rebanada

C= Cohesión

N= W\*cos $\alpha$

Tabla N°. 01 Factor de seguridad asumidos según el tipo de suelo.

Item	Tipos de roca o suelo	Cohesión	Esfuerzos totales	Factor de seguridad
1	Rocas metamórficas	-	-	2.0
2	Ganéis	1.5	27°	1.0 – 1.3
3	Esquistos	-	26° - 30°	1.3 – 1.5
4	Filitas	0	18° - 24°	1.3 – 2.0
5	Rocas ígneas	2.0	49° - 52°	2.0
6	Granito	0	25° - 34°	1.0 – 1.3
7	Diorita	0.3	22°	1.0 – 1.3
8	Riolita	-	30°	1.0 – 1.5
9	Rocas sedimentarias	-	-	2.0
10	Marga	-	32° - 42°	1.0 – 1.5
11	Arcilla	-	25° - 32°	1.3 – 1.7
12	Arena Cuarzosa	-	30° - 35°	1.3 – 1.7
13	Caolinita	-	12°	1.0
14	Ilita	-	6.5°	1.3
15	Montmorilinita	-	4° - 11°	1.3 – 2.0
16	Muscovita	-	17° - 24°	1.3 – 2.0
17	Mica hidratada	-	16° - 26°	1.5 – 2.5

Fuente: "Slope stability and stabilization methods". Wiley-Interscience, 629 p.

### Método de Bishop

El método simplificado de Bishop incluye fuerzas normales entre tajadas en su análisis e ignora los esfuerzos cortantes entre las mismas.

Este método satisface solo el equilibrio de momentos, una forma del factor de seguridad por este método es:

$$FS. = \frac{\sum \left( c'b + W(1 - ru) * Tg\phi * \frac{sec}{1 + \frac{Tg\phi * Tg\alpha}{FS.}} \right)}{\sum W * sen \alpha}$$

El hecho que el factor de seguridad aparece a los dos lados de la ecuación, esto quiere decir que la ecuación es no lineal y que una técnica iterativa se requiere para determinarlo.

### **Método de Morgenstern & Price**

Este método al igual que el método de Spencer considera esfuerzos normales y cortantes entre tajadas satisfaciendo equilibrio de fuerzas y de momentos. La única diferencia es que el método de Morgenstern permite especificar diferentes tipos de fuerzas interactuantes.

### **Método de Janbu**

El programa GEO SLOPE/W formula dos factores de seguridad, una con respecto al equilibrio de momentos y otra con respecto al equilibrio de fuerzas.

Este método incluye las fuerzas normales entre tajadas pero no los esfuerzos cortantes. El método simplificado de Janbu es idéntico al método de Bishop excepto que satisface únicamente el equilibrio horizontal de fuerzas.

### **Análisis de estabilidad**

Para resolver un problema se deben tomar en cuenta las ecuaciones de campo y los vínculos constitutivos. Las primeras son de equilibrio, las segundas describen el comportamiento del terreno.

Tales ecuaciones son particularmente complejas en cuanto los terrenos son sistemas multifase, que se pueden convertir en sistemas monofase solo en condiciones de terreno seco, o de análisis en condiciones drenadas.

En la mayor parte de los casos se encuentra con materiales que si bien es saturado, es también por lo menos bifase, lo que hace el uso de la ecuación de equilibrio notoriamente complicado. Además es prácticamente imposible definir una ley constitutiva de validez general, en cuanto los terrenos presentan un comportamiento no-lineal aún en el caso de pequeñas deformaciones. A causa de dichas dificultades se introducen hipótesis simplificativas:

- a. Se usan leyes constitutivas simplificadas modelo rígido perfectamente plástico. Se asume que la resistencia del material se expresa únicamente con los parámetros cohesión ( $c$ ) y ángulo de rozamiento ( $\beta$ ), constantes para el terreno y característicos del estado plástico, por lo tanto se supone válido el criterio de rotura de Mohr Coulomb.
- b. En algunos casos se satisfacen solo en parte las ecuaciones de equilibrio.

### **Método del equilibrio límite (MEL)**

El método del equilibrio límite consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica).

Con tal equilibrio se calculan las tensiones de corte ( $\tau$ ) y se comparan con la resistencia disponible ( $\tau_f$ ), valorada según el criterio de rotura de *Coulomb*; de tal comparación se deriva la primera indicación sobre la estabilidad con el coeficiente de seguridad  $F = \tau_f / \tau$ .

Entre los métodos del equilibrio último, algunos consideran el equilibrio global del cuerpo rígido (*Culman*), otros, por motivos de la ausencia de homogeneidad, dividen el cuerpo en rebanadas considerando el equilibrio de cada una (*Fellenius, Bishop, Janbu, etc.*).

### **Método de las rebanadas**

La masa concerniente al deslizamiento se subdivide en un número conveniente de rebanadas. Si el número de las rebanadas es igual a  $n$ , el problema presenta las siguientes incógnitas:

$n$  valores de las fuerzas normales  $N_i$  operantes en la base de cada rebanada  
 $n$  valores de las fuerzas de corte en la base de la rebanada  $T_i$   
 $(n-1)$  fuerzas normales  $E_i$  operantes en la conexión de las rebanadas  
 $(n-1)$  fuerzas tangenciales  $X_i$  operantes en la conexión de las rebanadas  
 $n$  valores de la coordenada  $a$  que individual el punto de aplicación de las  $E_i$   
 $(n-1)$  valores de la coordenada que individual el punto de aplicación de las  $X_i$  una incógnita constituida por el factor de seguridad  $F$ .

En total las incógnitas son  $(6n-2)$ .

Mientras las ecuaciones a disposición son:

Ecuaciones de equilibrio de los momentos  $n$   
Ecuaciones de equilibrio en la traslación vertical  $n$   
Ecuaciones de equilibrio en la traslación horizontal  $n$   
Ecuaciones relativas al criterio de rotura  $n$   
Total número de ecuaciones  $4n$

El problema es estáticamente indeterminado y el grado de indeterminación es igual a  $i = (6n-2) - (4n) = 2n-2$ .

El grado de indeterminación se reduce sucesivamente a  $(n-2)$  cuando se asume que  $n$  se aplica en el punto medio de la franja, esto equivale a crear la hipótesis de que las tensiones normales totales sean distribuidas uniformemente.

Los diversos métodos que se basan en la teoría del equilibrio límite se diferencian por el modo en que se eliminan las  $(n-2)$  indeterminaciones.

### **Método de Fellenius (1927)**

Con este método (válido solo para superficies de deslizamiento circulares), no se tienen en cuenta las fuerzas entre las rebanadas, por lo tanto las incógnitas se reducen a:

$n$  valores de las fuerzas normales  $N_i$ ;  
 $n$  valores de las fuerzas de corte  $T_i$ ;

1 factor de seguridad.

Incógnitas (2n+1)

Las ecuaciones a disposición son:

n ecuaciones de equilibrio traslación vertical;

n ecuaciones relativas al criterio de rotura;

Ecuaciones de equilibrio de los momentos globales.

$$F = \frac{\sum\{c_i x l_i + (W_i x \cos \alpha_i - u_i x l_i) x \tan \varphi_i\}}{\sum W_i x \operatorname{sen} \alpha_i}$$

Esta ecuación es fácil de resolver pero se ha visto que da resultados conservadores (factores de seguridad bajos) especialmente para superficies profundas, por lo que puede usarse como límite inferior, si se usan varios métodos o como valor de arranque en métodos iterativos.

### Método de Bishop (1955)

Con este método no se descuida ninguna contribución de fuerzas operantes en los bloques. Fue el primero en describir los problemas relacionados con los métodos convencionales.

Las ecuaciones usadas para resolver el problema son:

$$\sum Fv = 0, \sum M0 = 0, \text{ Criterio de rotura}$$

$$F = \frac{\sum\{c_i x b_i + (W_i - u_i x b_i + \Delta X_i) x \tan \varphi_i\} x \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i x \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i x \operatorname{sen} \alpha_i}$$

Los valores de F y de ΔX para cada elemento que satisfacen esta ecuación dan una solución rigurosa al problema. Como primer aproximación conviene escribir  $\sum X = 0$  e iterar para el cálculo del factor de seguridad, tal procedimiento es conocido como método de **Bishop ordinario**, los errores cometidos con respecto al método completo son de alrededor de un 1 %.

### Método de Janbu (1967)

Janbu extendió el método de Bishop a superficies de deslizamiento de cualquier forma. Cuando se tratan superficies de deslizamiento de cualquier forma el brazo de las fuerzas cambia (en el caso de las superficies circulares queda constante e igual al radio) por tal motivo es mejor valorar la ecuación del momento respecto al ángulo de cada bloque.

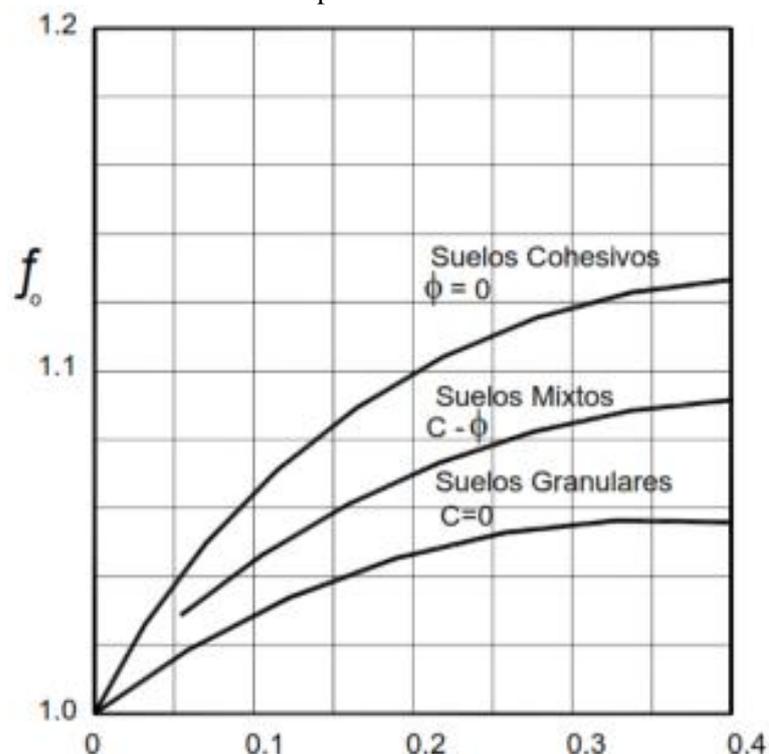
$$F = \frac{\sum \{c \times b + (W - u \times b + \Delta X) \times \tan \phi\} \times \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \tan \alpha \times \tan \phi / F}}{\sum W \times \tan \alpha}$$

Asumiendo  $\Delta X = 0$  se obtiene el método ordinario Janbu propuso además un método para la corrección del factor de seguridad obtenido con el método ordinario según lo siguiente:

$$F_{\text{corregido}} = f_o F$$

Donde  $f_o$  se obtiene con funciones gráficas en función de la geometría y los parámetros geotécnicos del terreno. Tal corrección es muy confiable para taludes poco inclinados.

Gráfico N° 09: Ábaco para obtener el factor de corrección



Fuente: BAÑÓN, Luis; Estabilización de taludes

### **Método de Bell (1968)**

Las fuerzas agentes en el cuerpo resbaladizo incluyen el peso efectivo del terreno,  $W$ , las fuerzas sísmicas pseudo estáticas horizontales y verticales  $K$  fuerzas horizontales y verticales  $X$  y  $Z$  aplicadas externamente al perfil del talud, en fin, el resultado de los esfuerzos totales normales y de corte,  $\sigma$  y  $\tau$  agentes en la superficie potencial de deslizamiento.

El esfuerzo total normal puede incluir un exceso de presión de los poros  $u$  que se debe especificar con la introducción de los parámetros de fuerza eficaz. Prácticamente este método se puede considerar como una extensión del método del círculo de rozamiento para secciones homogéneas anteriormente descrito por *Taylor*.

### **Método de Sarma (1973)**

El método de **Sarma** es simple pero esmerado en el análisis de estabilidad de taludes, permite determinar la aceleración sísmica horizontal necesaria para que la acumulación de terreno, delimitado por la superficie de deslizamiento y por el perfil topográfico, alcance el estado de equilibrio límite (aceleración crítica  $K_c$ ) y, al mismo tiempo, permite recabar el usual factor de seguridad obtenido con los otros métodos más comunes de la geotécnica.

Se trata de un método basado en el principio del equilibrio límite y de las franjas. Por lo tanto se considera el equilibrio de una masa potencial de terreno en deslizamiento subdividida en  $n$  franjas verticales de espesor suficientemente pequeño como para asumir que el esfuerzo normal  $N_j$  obra en el punto medio de la base de la franja.

Las ecuaciones que se deben tener en consideración son:

- La ecuación de equilibrio en la traslación horizontal de cada rebanada;
- La ecuación de equilibrio en la traslación vertical de cada rebanada;
- La ecuación de equilibrio de los momentos.

#### **2.4.2.8 Mantenimiento de taludes**

Los trabajos de protección de taludes gradualmente se deterioran y debilitan con los años.

Se deformarán gradualmente por las fuerzas externas que fueron predichas durante la ejecución de los trabajos, resultando fallas en el peor de los casos. Por esto se requiere siempre realizar el mantenimiento y la inspección de los taludes de carreteras para mantenerlos en óptimas condiciones. Si actúan fuerzas externas inesperadas, deben ejecutarse nuevas medidas de protección. Debe notarse que debido al desarrollo considerable del terreno y su multiuso en años recientes, los terrenos y sus usos a lo largo de las carreteras han cambiado considerablemente, y en ciertos casos esos cambios afectan notablemente la estabilidad de los taludes.

El mantenimiento de los taludes puede clasificarse en: trabajos de mantenimiento de la situación actual mediante la reparación de las estructuras y vegetación deterioradas; trabajo de medición de situaciones anormales y fallas y trabajo de medidas de protección para prevenir peligros.

El trabajo de reparación es necesario para asegurar el funcionamiento de los trabajos de protección e incluye la aplicación de fertilizante adicional a la vegetación, la remoción periódica de los sedimentos depositados en las zanjas y en la parte posterior de las mallas de las mallas de protección para la caída de rocas, etc.

El segundo tipo de trabajo es necesario para inspeccionar las situaciones anormales de los taludes y los trabajos de protección. Si existen señales de deformación, deben ejecutarse mediciones.

El grado de peligro se determinará de los cambios con el tiempo encontrados con las mediciones.

El tercer tipo de trabajo de medidas de protección incluye la construcción de estructuras para prevenir las fallas en los taludes que tienen potencial de falla, la ejecución de cortes de talud y remoción de tierras después de las fallas de ejecución de las medidas de emergencia para prevenir fallas posteriores.

## **Mantenimiento de césped en taludes**

Los trabajos de mantenimiento y reparación son necesarios para obtener el buen funcionamiento del talud. Los trabajos de sembrado y los drenajes de los taludes deben mantenerse y repararse periódicamente.

Los trabajos de sembrado son efectivos solamente después del crecimiento normal de las plantas, sus efectos pueden perdurar por muchos años si estos trabajos de sembrado se mantienen adecuadamente. Las semillas son seres vivientes, por lo que deben mantenerse apropiadamente.

Los trabajos de mantenimiento se dividen en aquellos hasta la terminación de la cobertura total después del sembrado y aquellos hasta la estabilización del sembrado. Los puntos de estos trabajos de mantenimiento por el método usado.

Generalmente el césped no crece bien en la cima del talud, por lo que debe mantenerse adecuadamente.

En relación a los problemas de mantenimiento por condición de suelo, los suelos arenosos se adecuarán mejor al crecimiento de las plantas que los suelos arcillosos, tienden a tener una germinación defectuosa debido a la escasez de agua y la demora en la formación de cobertura, resultando en daño considerable por erosión después de lluvias fuertes.

Por lo tanto, se requieren rociar material de curado durante los trabajos para cubrir las plantas, tal como emulsión asfáltica, rociar con agua y curar en el verano y proporcionar fertilizantes adicional tan pronto como sea posible para acelerar la cobertura de toda la superficie si el crecimiento es lento.

En el caso de suelos arcillosos, el crecimiento de las plantas es lento y las plantas son menos dañadas por la erosión, por lo que no se requiere aumentar la velocidad de cobertura.

El tipo de vegetación corresponderá a las condiciones del sitio después de terminada la cobertura. Luego debe aplicarse fertilizante adicional una vez al año hasta que se desarrolle plenamente la capa orgánica capaz de nutrir al sembrío. En el caso particular de

rociado de semilla y rociado de semilla con barro, el fertilizante adicional se requiere por 2 a 3 años después del rociado. La aplicación del fertilizante adicional será necesaria durante años adicionales en el caso de taludes con corte duro.

Como fertilizante adicional se emplean fertilizante compuestos. Se rociará fertilizante que tiene tres elementos: nitrógeno, ácido fosfórico y potasio mezclados en cantidades iguales, cuya cantidad convertida a nitrógeno puro es de 10 a 20 gr/m<sup>3</sup>. La aplicación de fertilizante adicional una vez por año será suficiente para los taludes que no requieren ajuste.

El fertilizante adicional debe rociarse con las manos o mediante rociador desde la cima o el pie del talud.” (CARLOS FERNANDEZ CASADO, 2012, págs. 126 - 200)

### **Mantenimiento de trabajos de protección de taludes empleando estructuras.**

“Los trabajos de protección de taludes con estructuras se ejecutan en los taludes donde el sembrado no es adecuado, en los taludes cuya estabilidad no puede mantenerse solamente con el sembrado, o en los taludes a gran escala que pueden causar fallas, caída de rocas o expansión por congelamiento, de modo que el mantenimiento de estos taludes después de los trabajos debe ejecutarse cuidadosamente. La inspección es lo más importante e indispensable del mantenimiento diario, ya que la detección temprana de las partes defectuosas hará la reparación más económica.

La inspección es lo mas importante e indispensable del mantenimiento diario, ya que la detección temprana de las partes defectuosas hará la reparación más económica. La inspección se realiza con patrullas de inspección. El tipo de inspección requerido se determinará considerando la clase de talud, importancia de la carretera, topografía, suelo y clima. Se requiere una inspección cuidadosa después de tifones, lluvias locales severas, lluvias fuertes, terremotos u otros fenómenos que pueden obstruir el tráfico por la carretera. Se describirán a continuación los puntos de inspección requeridos en el mantenimiento diario.

1. Emboquillado de roca o bloque
  - a) Desunión local de cantos o rocas.

- b) Aflojamiento del emboquillado debido a sismos o meteorización de la roca.
- c) Derrame de relleno, hundimiento de los trabajos de protección.
- d) Deslizamiento, asentamiento, alabeo o agrietamiento de los trabajos de protección debido a falla del talud (tal como deslizamiento circular).
- e) Condiciones y disposición del agua de manantial y de infiltración.
- f) Condiciones de drenaje.
- g) Presencia de socavación de la cimentación.

2. Revestimiento de concreto

- a) Grietas o deslizamientos.
- b) Condiciones y disposición del agua de manantial y de infiltración.
- c) Condiciones de drenaje.
- d) Presencia de socavación de la cimentación.

3. Armazón de bloques de concreto

- a) Aflojamiento o hundimiento de los materiales llenados en el armazón.
- b) Derrame de sedimento detrás del armazón.
- c) Agrietamiento o alabeo del armazón.
- d) Condiciones de drenaje.
- e) Presencia de socavación de la cimentación.

4. Armazón de concreto vaciado en sitio

- a) Aflojamiento o hundimiento del material llenado en el armazón.
- b) Agrietamiento en el armazón.
- c) Condiciones de drenaje.
- d) Presencia de socavación de la cimentación.

5. Rociado de mortero o concreto

- a) Grietas
- b) Condiciones y disposición del agua de material y de infiltración.

- c) Alabeo y deslizamiento.
  - d) Presencia de vacíos o aberturas entre el rociado y el terreno.
  - e) Condiciones de drenaje.
6. Trabajo de cestería.
- a) Condiciones de deslizamiento debido al peso del sedimento depositado y a la flotación debido a la erosión.
  - b) Deslizamiento debido al flujo de agua de lluvia o descomposición y a la flotación debido a la erosión.
7. Trabajos de gaviones
- a) Condiciones de taponamiento por el sedimento y deslizamiento.
  - b) Presencia de oxidación en los alambres y aflojamiento de las rocas de relleno.
8. Mallas de prevención de caída de rocas.
- a) Corte en malla o cuerda.
  - b) Acumulación de rocas o sedimento.
  - c) Anclajes sueltos
  - d) Terreno suelto detrás de las mallas, cambio de forma, condiciones de progreso del intemperismo.
9. Vallas de prevención de caída de rocas.
- a) Postes rotos o doblado de vallas, condiciones de descomposición.
  - b) Acumulación de rocas caídas o sedimento.
  - c) Intemperismo y fallas de la cimentación.
  - d) Talud superior suelto, cambio de forma, condiciones de progreso del intemperismo.” (MANUAL DE ANCLAJES EN OBRAS DE TIERRAS, 2002)

## **Medidas de emergencia para taludes.**

“Aún cuando los taludes son inspeccionados y mantenidos, algunos taludes pueden fallar durante clima anormal, por lo que pueden ser necesarias las medidas de emergencia. Estas medidas se toman en avance para la prevención de fallas, en base a los resultados de la inspección y observación subsiguiente. En la etapa de revisión de estas, es necesario verificar si el tráfico ordinario será restringido o no. Si se necesita restringir el tráfico, revisar las medidas del control de tráfico durante el período de restricción, tales como: el método, los desvíos y las medidas de seguridad.

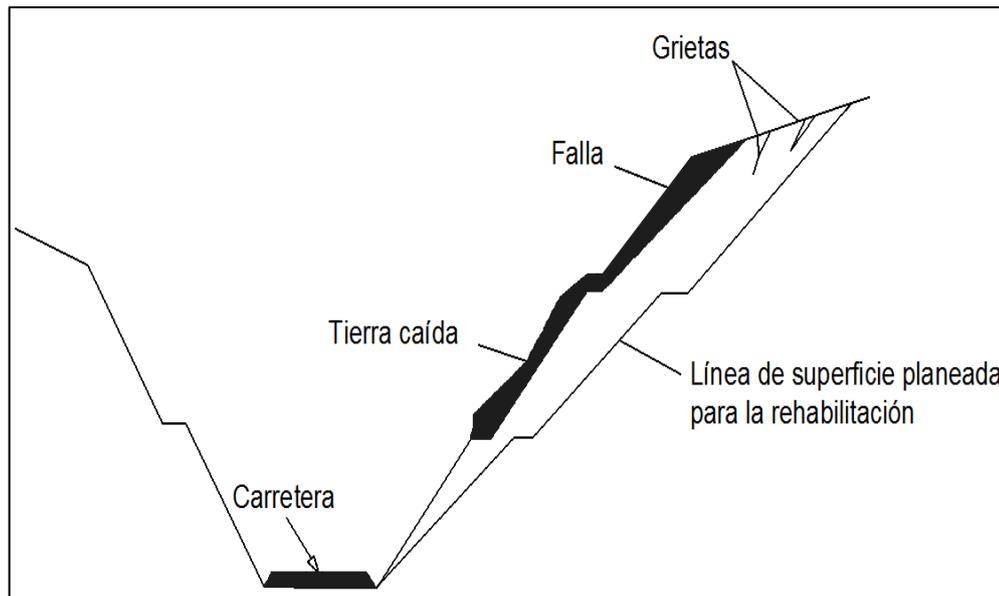
Adicionalmente, al planear las medidas de emergencia es necesario considerar en avance el método de prevención de desastres secundarios, el método de seguridad y examinar la posibilidad de ocurrencia de problemas al momento de ejecutar los trabajos de rehabilitación.” (SEEPAGE AROUND HORIZONTAL DRAINS-TWO AND THREE DIMENSIONAL FINITE ELEMENT ANALYSIS)

## **Medidas de emergencia para taludes sembrados**

### 1. Taludes de corte

Si se encuentra alguna señal de falla, o si esta ocurre, debe examinarse cuidadosamente la escala y el rango de la falla. Si la falla ha ocurrido localmente y no existe el peligro inmediato de otras fallas a gran escala, la medida más simple de emergencia es el trabajo de cestería. Por otro lado, si el tamaño de la falla es grande, es necesario asegurar la estabilidad a largo plazo, reconformando el talud con una pendiente más suave. Como medida de emergencia en la ocurrencia de una falla, la parte agrietada del talud debe cubrirse con láminas para evitar la infiltración del agua de lluvia y prevenir el progreso de los daños. Un ejemplo de las medidas de emergencia tomadas contra las grietas y fallas en la parte superior de un talud se indica en el gráfico N° 10.

Gráfico N° 10: Rehabilitación después de grietas y falla



Fuente: Bruce, D.A., (1992). "Two New Specialty Geotechnical Processes for Slope"

## 2. Taludes de relleno

Ocurrirá una falla de talud cuando las zanjas se llenan de agua de lluvia debido al mantenimiento inapropiado o a lluvia local fuerte.

En este caso debe inspeccionarse el lugar de la falla y rehabilitarse mediante la colocación de suelo bueno compactado.

También son efectivos el empleo de trabajos de cestería como se muestra en el gráfico N°. 11, el uso de drenes llenos de piedra chancada o la instalación de gaviones en el pie de talud, como se muestra en el gráfico N°. 12.



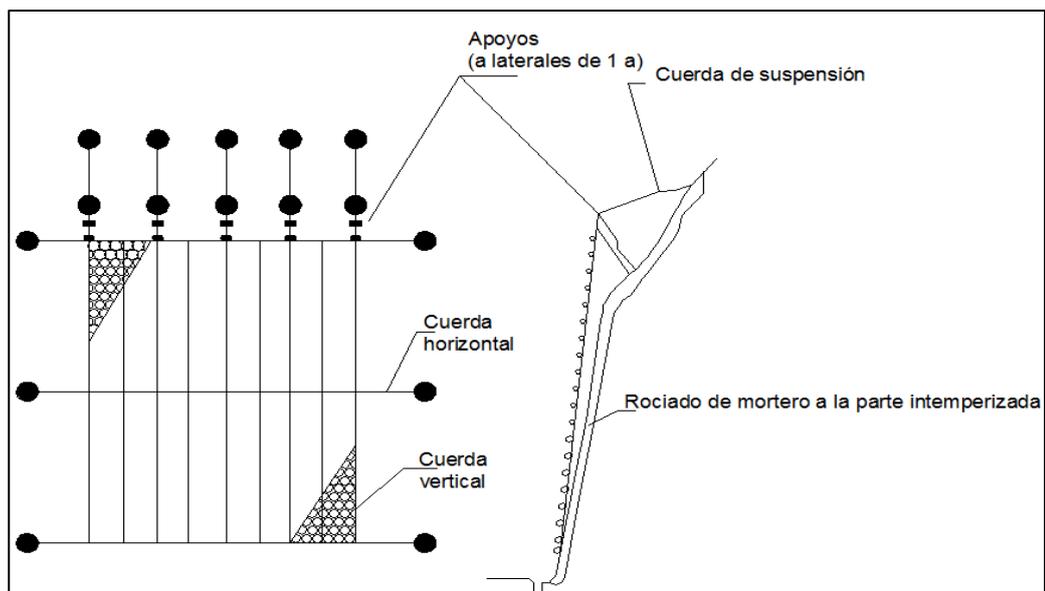
## Medidas de emergencia para trabajos de protección de taludes empleando estructuras

Se describirán a continuación los casos típicos de medidas de emergencia para taludes protegidos por rociado de mortero y concreto, albañilería de bloques y armazones.

Si el mortero o concreto rociado previamente se separan parcialmente de la superficie de un talud debido al intemperismo del concreto, deben tomarse medidas de emergencia que emplean la malla de prevención de caída de roca que se muestra en el gráfico N°. 13.

El rociado debe ejecutarse de nuevo si el daño progresa más y es necesario ejecutar una medida más fundamental. Si el terreno está meteorizado y está listo a salir, o si se ha perdido la estabilidad del terreno y la presión de tierra actúa al concreto, puede ser necesario realizar de armazón de concreto.

Gráfico N° 13: Medida de emergencia mediante mallas de protección de caída de rocas de tipo bolsillo



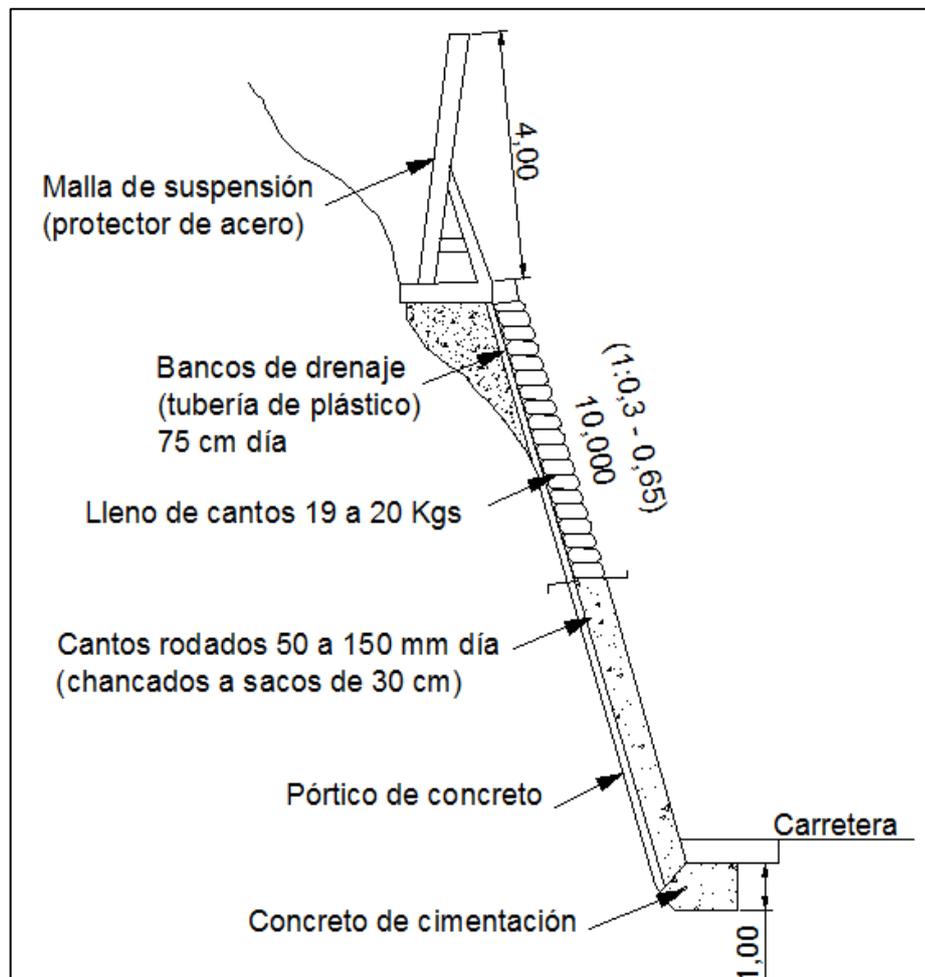
Fuente: Bruce, D.A., (1992). "Two New Specialty Geotechnical Processes for Slope"

## 1. Albañilería de bloques

Las condiciones anormales que ocurren en la albañilería de bloques de concreto son grietas o alabeos que resultan del asentamiento de la cimentación o de la acción de una presión de tierra alta.

En este caso se emplean las medidas de emergencia, tales como una combinación de armazón y anclaje de concreto vaciado en sitio, como se muestra en el gráfico N°. 14.

Gráfico N° 14: Rehabilitación mediante armazones de concreto vaciado en sitio



Fuente: Bruce, D.A., (1992). "Two New Specialty Geotechnical Processes for Slope"

## 2. Armazón

Las condiciones anormales de los armazones se expresan en la forma de flotación y caída de cantos colocados originalmente en el armazón. En este caso se coloca concreto en el armazón después de disponer apropiadamente del agua de manatíal.

Si existe suelo arenoso detrás del armazón y existe también agua de infiltración, la parte posterior de éste puede socavarse, resultando en el hundimiento del armazón y el derrame del sedimento. En este caso el agua de infiltración debe desalojarse, pudiendo ser necesarias la reinstalación de los armazones o la consolidación con concreto.

## 3. Medidas de emergencia para taludes no tratados

Los bloques sueltos peligrosos o el suelo suelto de un talud deben removerse primero. Sin embargo, ya que su remoción es difícil, en muchos casos deben tomarse las siguientes medidas:

Primero, los bloques y sueltos que pueden caer deben sujetarse por los métodos de albañilería seca o húmeda en un lugar seguro del talud, o deben fijarse al talud, o deben fijarse al talud mediante concreto o anclaje.

En segundo lugar se instalan mallas o vallas de prevención de caída de rocas, para prevenir el daño al tráfico en el caso que caigan las rocas.

En tercer lugar si no son apropiadas las medidas indicadas anteriormente, pueden instalarse los cobertizos.

Aunque las dos últimas medidas serán efectivas contra las fallas de sedimentos, también se emplea la reexcavación de los taludes para obtener un gradiente estable del talud o el empleo de trabajos de protección con estructuras para estabilizar la parte principal del talud.

## **Medidas de emergencia contra deslizamientos**

- a) Predicción de deslizamiento
- b) Velocidad de deformación del terreno

“Si ocurren grietas o depresiones en la superficie de la carretera o en la parte inferior y superior del talud, es necesario predecir la ocurrencia y tiempo de un posible deslizamiento.

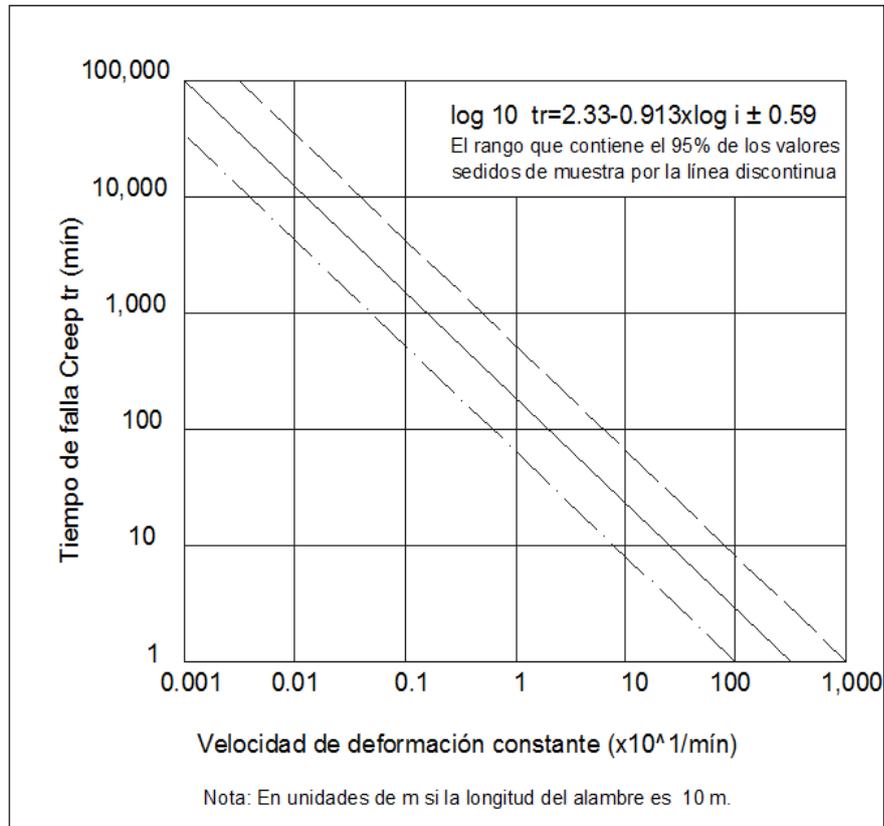
Deben instalarse con alarma (precisión de 0,20 mm) a través de las grietas o depresiones; su velocidad de expansión en cierto tiempo debe medirse; y si se detecta una situación peligrosa el trabajo de construcción y tráfico debe paralizarse o restringirse.

La velocidad de expansión de las grietas está relacionada al tamaño del deslizamiento y al tipo de suelo. Por ejemplo el suelo arcilloso se desliza muy lentamente aunque su velocidad de deformación sea relativamente alta, mientras que un suelo arenoso y la roca meteorizada se deslizarán en un corto tiempo.”(ANYELO, 2011)

“Se han medido y reportado las relaciones entre las velocidades de deformación de las grietas y el tiempo de ocurrencia de las fallas del talud. El gráfico N°. 15 presenta el tiempo  $t_r$  hasta la ocurrencia de falla, mientras que la velocidad de deformación presente  $E$  no cambia o aumenta más.

En este caso si la longitud del alambre de un extensómetro a través de la grieta principal es 10 m, el eje de abscisas del gráfico N°. 15 emplea la unidad de mm/min.”(ANYELO, 2011)

Gráfico N° 15: Relación entre la velocidad de deformación de la grieta y el tiempo a la falla del talud.



Fuente: Bruce, D.A., (1992). “Two New Specialty Geotechnical Processes for Slope”

La constante de esta fórmula empírica varía con la litología, la pendiente y la forma de la superficie de deslizamiento. Los siguientes valores se obtuvieron para el deslizamiento de una arenisca.

$$\text{Log}_{10} t_r = 1,795 - 0,458 \log_{10} \varepsilon$$

Para el deslizamiento de un tufo:

$$\text{Log}_{10} t_r = 1,79 - 0,746 \log_{10} \varepsilon$$

## Relación entre la topografía, geología y deslizamiento

“Como se indicó antes, si la plasticidad de una masa de suelo aumenta, el deslizamiento tiende a ser más lento, aún cuando el terreno se haya deformado considerablemente.

El tiempo desde el inicio de las grietas y el inicio del deslizamiento se acorta y la aceleración del deslizamiento es mayor, en el siguiente orden: roca, roca meteorizada, arena, sedimento y arcilla.

Los taludes arcillosos son relativamente estables, excepto durante la lluvia y deshielo, aún cuando su velocidad de movimiento sea aproximadamente 1 mm/día.

Sin embargo, en los taludes con masas de suelo que contengan roca tipo basamento, el deslizamiento progresa muy rápido debido a la condición local de lluvia severa o similar.” (ARÉVALO, 2009)

“Con respecto a su relación con la topografía, los deslizamientos ocurren fácilmente si la parte inferior del deslizamiento está expuesta en el talud y si ha ocurrido la falla de acantilados o similares en áreas vecinas. Por otro lado, los deslizamientos no ocurren fácilmente si se ha producido un levantamiento en la parte inferior del área de deslizamientos.

En el caso inicial la falla en la parte inferior debido a la falla del acantilado disminuirá el factor de seguridad de toda el área de deslizamiento, por lo que se puede iniciar un deslizamiento en toda el área, creando un estado muy peligroso.

Por lo tanto, deben tomarse todas las precauciones si la superficie de deslizamiento ha estado expuesta después del corte o si el talud de corte ha colapsado subsecuentemente.” (ARÉVALO, 2009)

## Reconocimiento de medidas de emergencia

“Si existe el peligro de deslizamiento o si éste ha ocurrido, deben tomarse rápidamente las medidas de emergencia.

Deben aplicarse las restricciones del tráfico si se encuentra necesario después de revisar el grado de peligro al tráfico.

Será necesario realizar el siguiente reconocimiento para clasificar las causas y características del deslizamiento y tomar las medidas de emergencia apropiadas.

1. Determinar la historia de deslizamientos del talud en consideración y la distribución y características de los deslizamientos en áreas vecinas.
2. Determinar la localización y escala en detalle de las grietas, la presencia de grietas de tensión y compresión, lugares donde existe agua de manantial y el quiebre de gradiente, después de investigar la superficie del terreno.
3. Determinar el tamaño del deslizamiento y su mecanismo, y predecir su actividad futura después de analizar la estructura geológica del área de deslizamiento, la variación de la superficie del terreno, la distribución del agua subterránea y las superficies de deslizamiento.” (ANYELO, 2011)

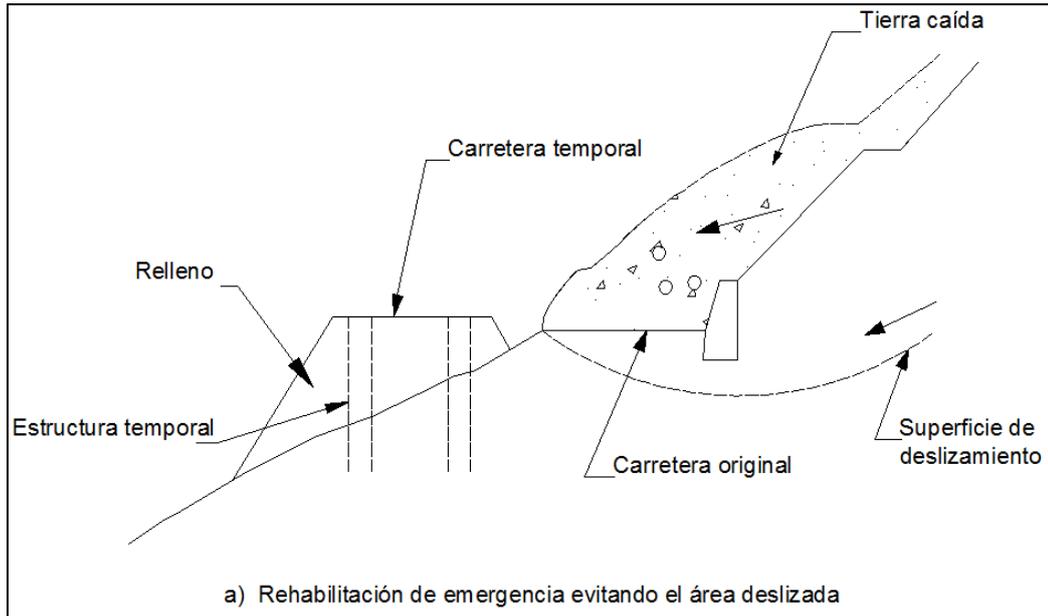
### Rehabilitación de emergencia

Si el deslizamiento ocurre en una carretera en servicio, el trabajo de rehabilitación de emergencia debe ejecutarse inmediatamente.

En este caso deben tomarse las precauciones mínimas siguientes, para evitar mayor daño debido a la recurrencia de la actividad de deslizamiento.

1. Las carreteras deben desviarse fuera del área de deslizamiento. Debe realizarse la rehabilitación de emergencia. En este caso debe prevenirse la generación de nuevos deslizamientos por la ruta de desvío (gráfico N°. 16 (a)).

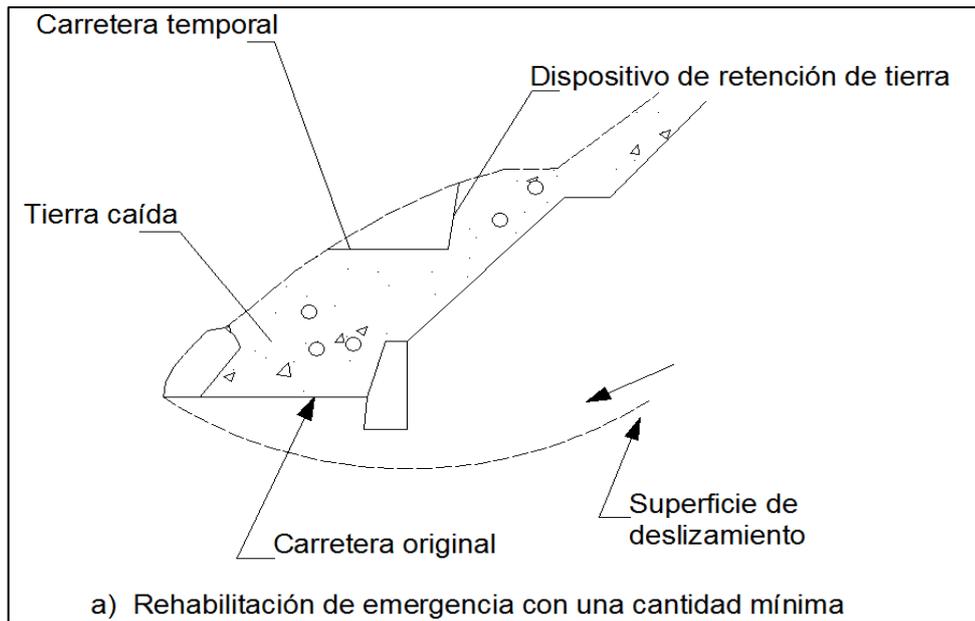
Gráfico N° 16 (a): Rehabilitación de emergencia en el área de deslizamiento.



Fuente: Bruce, D.A., (1992). "Two New Specialty Geotechnical Processes for Slope"

2. Si no es posible la ruta de desvío, la rehabilitación de emergencia puede llevarse a cabo en las tierras colapsadas sin eliminarla, aunque esto puede aumentar el gradiente longitudinal.
3. Si es inevitable ejecutar la rehabilitación de emergencia después de la remoción de la tierra colapsada de la carretera, deben instalarse estructuras de contención de tierras en el lado del talud, para mantener la remoción de tierra a un mínimo (gráfico N°. 16 (b)).

Gráfico N° 16 (b): Rehabilitación de emergencia en el área de deslizamiento.



Fuente: Bruce, D.A., (1992). "Two New Specialty Geotechnical Processes for Slope"

4. Si se realizó relleno cerca de la parte superior de un área de deslizamiento y ocurrió un deslizamiento, debe removerse el relleno para reducir la carga en la parte superior del deslizamiento para la rehabilitación de emergencia. En este caso debe desviarse la carretera fuera de área de deslizamiento, debe modificarse el alineamiento longitudinal o debe usarse una estructura.
5. En la carretera a ser urgentemente rehabilitada, el talud de corte debe protegerse con materiales flexibles, las facilidades de drenaje para prevenir la infiltración al área de deslizamiento deben rehabilitarse urgentemente, todo el sistema de drenaje debe revisarse y debe planificarse el drenaje del agua subterránea para la tierra caída.

### **Mantenimiento de trabajos de drenaje del talud**

“La mayor parte de las fallas de talud son ocasionadas por el agua. El agua de lluvia se transforma en agua superficial en el talud y fluye hacia abajo en la cara erosionando el

suelo superficial, o el agua de lluvia se transforma en agua subterránea pudiendo causar una falla de talud. Por lo tanto, las zanjas en las bermas de un talud de relleno especialmente alto y las zanjas para la parte superior de los taludes de corte y relleno deben inspeccionarse periódicamente.

Deben removerse la tierra y roca caídas, y las hierbas. Debe evitarse el flujo del agua concentrada en las zanjas a otros diferentes al drenaje vertical. Si se emplean las zanjas de concreto prefabricado en forma de U como drenaje vertical, debe observarse cuidadosamente cualquier asentamiento diferencial, ya que dicho asentamiento puede separar las juntas, causar el derrame del suelo debido a la socavación y destruir la cara del talud.

Si se encuentra alguno de estos problemas, debe removerse la zanja en forma de U, añadirse y compactarse el material de cimentación e instalar una nueva zanja. También debe inspeccionarse frecuentemente la junta entre el drenaje vertical y la zanja para la parte superior del talud, ya que fácilmente se vuelve defectuosa. Cualquier defecto debe repararse inmediatamente. La condición húmeda el agua de manantial en las caras de los taludes de corte y relleno necesitan precauciones especiales.

Si existen, deben tratarse con gaviones, drenes horizontales u otro método apropiado. Si se ha utilizado cualquier otro trabajo de protección de talud, tal como rociado de concreto, deben inspeccionarse las condiciones de la cara del talud y de ser necesario, deben ejecutarse trabajos de drenaje. Se recomienda seguir los siguientes puntos, con el propósito de inspeccionar los trabajos de talud y el mantenimiento diario de los drenajes.” (MANUAL DE ANCLAJES EN OBRAS DE TIERRAS, 2002)

1. Para prevenir la socavación y falla del talud debido al agua de escorrentía del drenaje superficial:
  - a) Condición de los drenajes inmediatamente después de la lluvia.
  - b) Condiciones de acumulación de sedimentos y maderas dentro del drenaje.
  - c) Condiciones de erosión de la superficie del talud.
  - d) Condición de inclinación y movimiento del drenaje.

- e) Rotura del drenaje.
- f) Concavidades a ambos lados de la zanja.

2. Para prevenir la falla del talud debido al agua de infiltración:

- a) Condiciones de humedad en la cara del talud inmediatamente después de la lluvia.
- b) Cambio en las condiciones del agua de manantial de la superficie del talud.
- c) Cambio en la escorrentía de las perforaciones de drenaje.
- d) Condiciones de taponamiento en las perforaciones de drenaje.
- e) Grietas y roturas en el fondo del drenaje.
- f) Agua de manantial en las juntas del trabajo de talud.

Tabla N°. 02 Mantenimiento clasificado por tipo de suelo

Método y corte de suelo blando	Suelo arenoso	Se ha previsto de la germinación pobre. La superficie debe ser cubierta lo mas posible. Debe utilizarse un agente de previción de erosión si las semillas no están listas para la temporada de lluvia fuerte	Cualquier cobertura rota es peligrosa. Se necesita rápidamente fertilizante adicional si se encuentran porciones del terreno desnudas
	Suelo arcilloso	Crecimiento lento es deseable cubrirlo antes de ocurrir la expansión por congelamiento	El matenimiento es casi innecesario. Se requiere fertilizante adicional de acuerdo al crecimiento
Corte de suelo duro		Escasez de agua inmediatamente después del trabajo o falta de fertilizante ocurren rápidamente. Son necesarios suficiente rociado de agua y fertilizante adicional	Se necesita un tiempo largo para la estabilización de la semilla. Debe continuar el fertilizante adicional por varios años

Fuente: Bruce, D.A., (1992). "Two New Specialty Geotechnical Processes for Slope"

#### **2.4.2.9 Influencia del clima**

Influye directamente en el programa de construcción de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento.

- Los niveles de precipitaciones inducen a cambios continuos en el nivel de las aguas freáticas y en los programas de construcción.
- Los cambios bruscos de temperatura inducen a esfuerzos en las losas de concreto hidráulico muchas veces mayores a los producidos por las cargas de tránsito.
- Es igualmente importante el conocimiento de otros índices regionales como: humedad, vientos, nubosidad, los cuales son utilizados en algunos métodos de diseño de los espesores de las capas de la estructura de pavimento.

##### **a. Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que puede encontrarse en la masa del suelo, la que hace aparecer desde un suelo saturado, hasta un suelo relativamente seco, por lo que se hace necesario conocer en que condiciones puede estar el agua en el suelo. La relación del peso del agua contenida y el peso de su fase sólida, es conocida como contenido de humedad y se lo expresa como un porcentaje.

$$\omega\% = (W\omega / Ws) \times 100$$

##### **b. Análisis granulométrico**

Consiste en separar y clasificar el suelo por tamaños y porcentajes los granos que lo componen, el análisis de las partículas se hace por dos vías:

- 1. Por vía seca:** con el método de la GRANULOMETRÍA, usando una serie de tamices.

2. **Por vía húmeda:** mediante los métodos del HIDRÓMETRO y SIFONEADO, utilizados generalmente para suelos de partículas finas como las arenas finas pobremente graduadas, los limos y las arcillas. Para el método de la granulometría por tamices, la cantidad de suelo requerida para este ensayo depende de la cantidad de finos que contenga.

- Suelos arcillosos y limosos.....200 a 500 gr.
- Suelos arenosos.....500 a 1000 gr.
- Suelos gravosos.....5000 a 10000 gr.

Tabla N° 03: Tamices estándar

TYLER STANDARD		US. BUREAU STANDARDS	
MALLA	ABERTURA	MALLA	ABERTURA
NÚMERO	Mm	NÚMERO	mm
3"	76,200	4"	101,600
2"	50,800	2"	50,800
-	26,670	1"	25,400
-	18,850	3/4"	19,100
-	13,320	1/2"	12,700
-	9,423	3/8"	9,520
N 3	6,680	1/4"	6,350
N 4	4,699	N 4	6,350
N 6	3,327	N 6	4,760
N 8	2,362	N 8	2,380
N 10	1,655	N 10	2,000
N 20	0,833	N 30	0,500
N 35	0,417	N 40	0,420
N 60	0,246	N 50	0,298
N 100	0,147	N 100	0,149
N 200	0,074	N 200	0,074

Fuente: TERZAGHI, K, y PECK, R. 1948 Soil mechanics in engineering practice.

La fase sólida tiene una marcada influencia en el comportamiento mecánico, de allí la necesidad de conocer en detalle el tamaño, la forma, la estructuración y todas las características de los sólidos en el suelo.

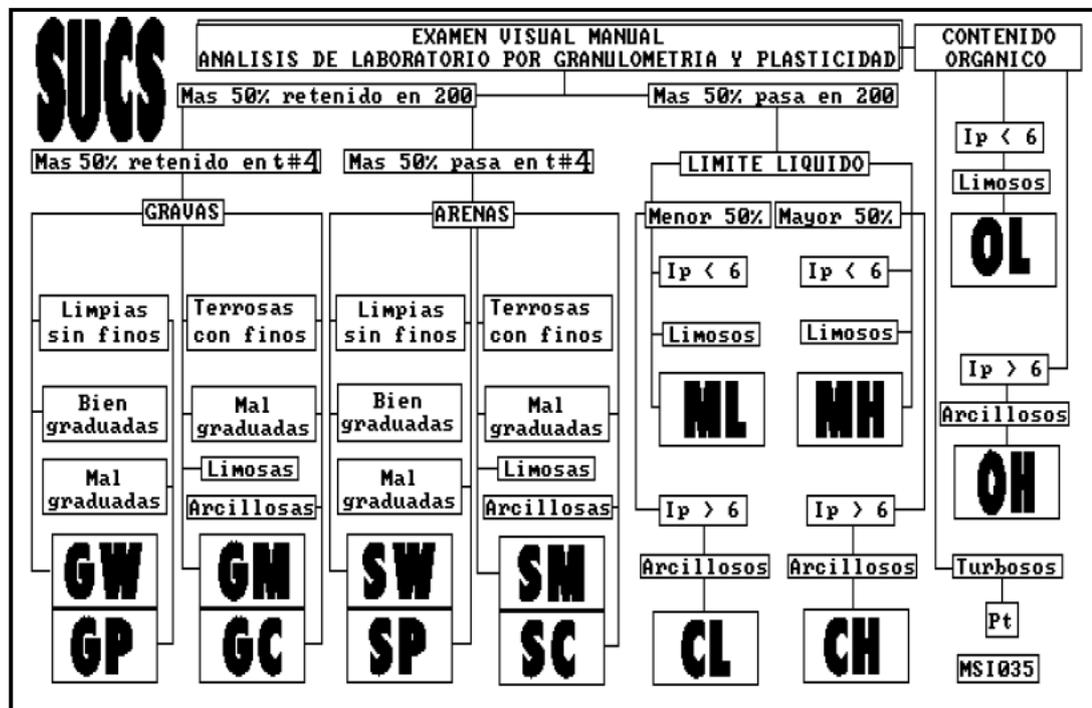
Los suelos granulares presentan un comportamiento favorable para la Ingeniería Civil, sin embargo se destacará que son susceptibles de acomodarse o densificarse por procesos de compactación y su resistencia aumentará, si se han eliminado las partículas finas dejan pasar agua y se convierten en excelentes materiales de filtro.

Los suelos cohesivos en cambio presentan un comportamiento desfavorable, altos contenidos de humedad, cuya eliminación produce consolidación, asentamientos y deformaciones de considerable magnitud.

### Identificación y clasificación de los suelos por sistemas granulométricos

Los suelos se presentan con una variedad infinita y se requiere de una norma general para clasificar a los suelos, los primeros sistemas de clasificación se basaron en características como el color, olor, textura. Se utiliza la siguiente tabla:

Gráfico N° 17: Clasificación de suelos sistema SUCS

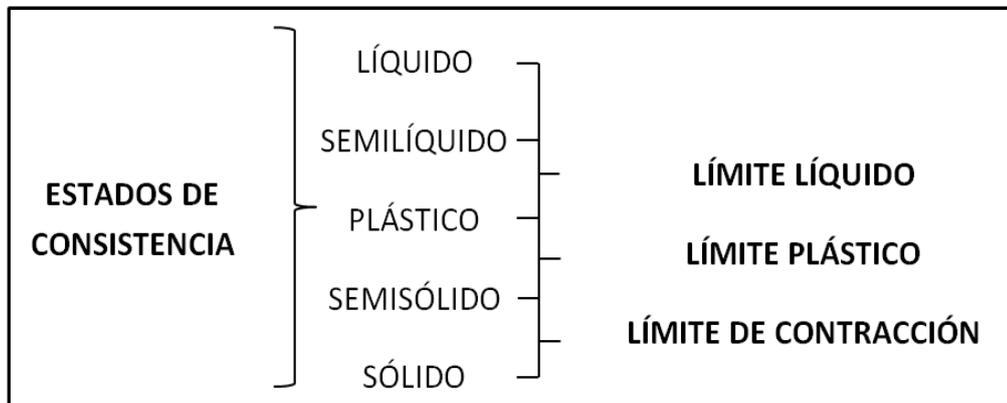


Fuente: LAMBE, T., (1973), Up to-date method of investigating the strength and deformability of soil

### c. Límites de consistencia

Tienen como objetivo fundamental la determinación de los límites de plasticidad, específicamente la determinación del límite líquido y límite plástico que facilitan la clasificación correcta de los suelos analizados, los valores de los límites son indicativos de alta o baja compresibilidad. La **fase líquida**, según el contenido de agua en un suelo se pueden determinar los estados de consistencia: líquido, semilíquido, plástico, semisólido y sólido.

Gráfico N° 18: Esquema de los estados de consistencia



Fuente: LAMBE, T., (1973), Up to- date method of investigating the strenght and deformability of soil

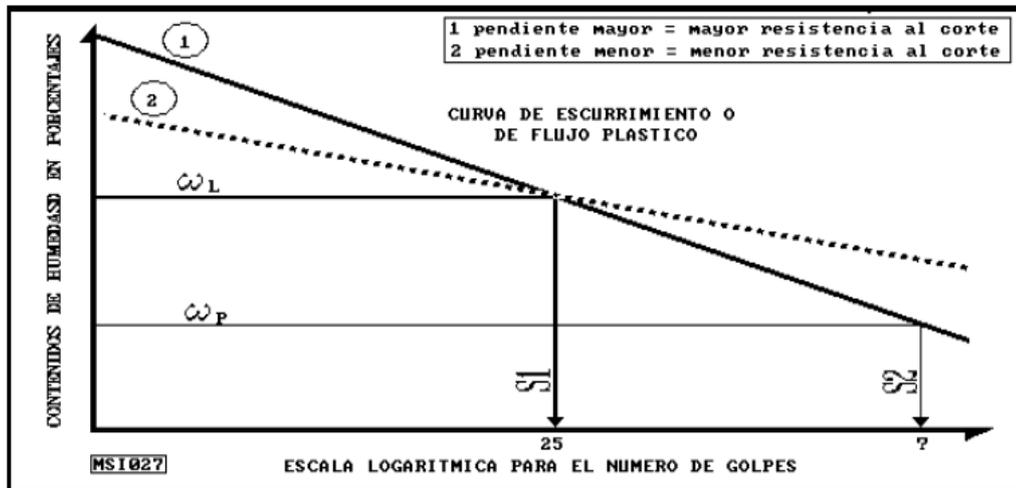
#### Límite líquido (LL)

Es el contenido de humedad del suelo en la frontera entre el estado semilíquido y plástico. Su determinación es un procedimiento de laboratorio por el cual las coordenadas entre el número de golpes de la copa de casa grande versus el contenido de humedad permiten graficar en un papel semilogarítmico la **curva de escurrimiento**.

El contenido de humedad que corresponda a la intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes, debe tomarse como Límite Líquido del suelo, y que teóricamente significa que el suelo alcanza una resistencia al

corte:  $S = 0.25 \text{ gr/ cm}^2$ . La pendiente de la curva de escurrimiento define la resistencia al corte, pendiente pronunciada significa que el suelo tiene alta resistencia; por el contrario una pendiente mínima significa que la resistencia al corte será baja.

Gráfico N° 19 : Curva de escurrimiento



Fuente: ORTOLANI, E, (1961), Evitación de taludes y protección contra ellos, Editorial CEDEX, Madrid

### Límite plástico (LP)

Es el contenido de humedad en la frontera entre el estado plástico y semisólido. El LP se calcula igual que un contenido de humedad promedio, se determina enrollando pequeñas muestras de 3 mm. de diámetro y cuando éstas tienen tal cantidad de agua que empiezan a resquebrajarse.

## 2.5 HIPÓTESIS

### 2.5.1 Hipótesis de trabajo

El cálculo del factor de seguridad de taludes permitirá el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **2.6.1 Variable Independiente**

Factor de seguridad.

### **2.6.2 Variable Dependiente**

Diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Enfoque**

La investigación se basará en un enfoque cualitativo siendo éste el que predomine, sin dejar de lado lo cuantitativo, la principal característica es determinar las causas que originan el problema de investigación, con el objetivo de plantear obras de estabilización y así poder evitar los constantes deslizamientos hacia la vía Latacunga – La Maná, estará orientado a la comprobación de la hipótesis que hace énfasis en los resultados de la investigación.

#### **3.2 Modalidad básica de la investigación**

- Modalidad de campo
- Modalidad bibliográfico – documental
- Modalidad experimental
- Modalidades especiales

##### **a) Mapeos geológicos**

Generales del trazado para evaluación, identificación y zonificación geotécnica de los sitios de taludes inestables en función de la litología y estratigrafía, geomorfología y demás características geotécnicas de los materiales encontrados.

## b) Geofísica

Mediante pruebas de Sísmica de Refracción y Resistividad Eléctrica en sectores inestables identificados.

## c) Prospección geotécnica de campo

Mediante calicatas, toma de muestras de los materiales de los taludes para definición de parámetros de resistencia a corte.

### 3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

**Nivel exploratorio** o sin hipótesis, se logrará reconocer el mal estado de los taludes de la vía Latacunga – La Maná y se va generar una relación entre la estabilización del talud de la vía y el factor de seguridad a aplicarse al mismo, permitiendo que se plantee la hipótesis de trabajo y así determinar la posible solución.

**Nivel descriptivo** o hipótesis de trabajo; “El cálculo del factor de seguridad para el diseño de sistemas de estabilización de taludes es de vital importancia para evitar los deslizamientos provocados por varios factores y mejorar la superficie del talud de la vía Latacunga – La Maná.” Con esto el talud en estudio mejorará la calidad de vida de los sectores involucrados y a tener un mejor nivel de diseño de los taludes para evitar peores deslizamientos.

**Nivel de asociación de variables**, se logrará determinar la variación que tendría el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía. Esta variación se verá reflejada en la reducción de los tiempos de recorrido y en la recuperación de la vía que actualmente se encuentra abandonada.

### 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.4.1 Población o universo

Para el proyecto se determinará una población, la primera población se obtendrá mediante datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Censos del cantón Latacunga (INEC). La complejidad de los asentamientos humanos en el sector y la falta de personal para la recolección de información, conllevará a la utilización de un método estadístico de muestreo.

Como Población 1 al número de personas que habitan en Latacunga – La Maná.

- Población 1 = 10860 habitantes.

#### 3.4.2 Muestra

##### Determinación del tamaño de la muestra

El tamaño de muestra para la Población 1, se lo determina con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2(N - 1) + 1}$$

**Donde:**

**n** = tamaño de la muestra

**N** = Población 1 = 10860 habitantes

**E** = Error de muestreo (9%)

$$n = \frac{10860}{0.09^2(10860 - 1) + 1}$$
$$n = 124 \text{ habitantes}$$

Por ser una zona rural y urbana que atraviesa centros poblados, el error de muestreo es decir; la diferencia entre los resultados de la muestra y el universo se consideró del 9%.

### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.5.1 Variable independiente:

El cálculo del factor de seguridad como elemento principal de taludes de la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.

CONTEXTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS Y POBLACIÓN
El factor de seguridad para determinar las condiciones de la inestabilidad conceptúa como trazar o delinear sistemas para la estabilización de taludes mediante métodos aproximados y varios métodos de solución aplicables a la estabilización de taludes.	Métodos aproximados	Método ordinario de Fellenius	¿Cuál es la aplicación del método de Fellenius?	Técnica de observación.  Instrumento: Ficha de campo, Encuesta
		Método simplificado de Bishop	¿Cuál es el factor de seguridad por este método?	
		Método simplificado de Janbú	¿Cuál es la diferencia obtenida del factor de seguridad?	
	Métodos de solución	Solución de Fellenius	¿Cuál es el método adecuado a aplicarse?	Técnica de observación.  Instrumento: Ensayos de suelos (en base a especificaciones de laboratorio)
		Solución de Bishop	¿Dónde se debe aplicar el método de Bishop?	
		Solución de Hoek y Bray	¿Cuáles son las características de solución del método?	

### 3.5.2 Variable dependiente:

Diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.

CONTEXTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS Y POBLACIÓN
El diseño se conceptúa como un conjunto de operaciones y cuidados necesarios para la estabilización de taludes mediante sistemas de estabilización tanto de hormigón y anclajes pero también considerando los sistemas de hidrosiembra, geotextiles y descarga de taludes.	Hormigón y anclajes	Muros de Hormigón Armado  Hormigón lanzado	¿Cuál es el muro adecuado para la estabilización?  ¿Cuáles son las técnicas de hormigón lanzado?	Técnica de Observación  Instrumento: Encuesta  Población: Habitantes de Latacunga y La Maná.
	Hidrosiembra, geotextiles y descarga de taludes	Hidrosiembra  Geotextiles  Descarga de taludes	¿Qué tipo de talud es apto para este tipo de estabilización?  ¿Qué tipo de geotextil es aplicable a la estabilización?  ¿Qué taludes se pueden estabilizar con descarga de taludes?	Técnica de Observación  Instrumento: Encuesta y datos del INEC  Población: Habitación de Latacunga y La Maná.

### 3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Es evidente que la recolección de información dará la base para la solución del problema por ende debe ser ordenada, mediante un cuestionario estructurado para los habitantes de los sectores. Se procederá a realizar la encuesta en los hogares o propiedades hasta las cuales el acceso sea posible para obtener información desde el punto de vista social.

Para la recolección de información en la zona de estudio se utilizaron las siguientes técnicas:

**Técnica de observación.-** Se emplea cuando es necesario el contacto directo con la realidad del sector para detectar problemas que se relacionen con el mal estado del talud, la observación fue de campo y de laboratorio.

- De campo: Recolección de datos.
- De laboratorio: Ensayos de Suelos (Granulometría, contenido de humedad, tipo de material, color, y humedad; grado de cementación o compactación, compacidad relativa en términos de suelta, media y densa. Debido a la conformación masiva de las formaciones geológicas investigadas y por corresponder básicamente a suelos no cohesivos, etc.)

**Técnica de encuesta.-** Mediante un cuestionario se recolectará información a la muestra de la Población 1, es decir a los habitantes de los sectores involucrados.

### **3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Se hará una revisión crítica de la información recogida de las variables, es decir la información incompleta o contradictoria fue desechada, las respuestas a cada pregunta de la encuesta fueron tabuladas y representadas gráficamente de forma clara y precisa para su posterior análisis e interpretación.

De la misma forma para los resultados de los ensayos de suelos se utilizaron los formatos establecidos por el laboratorio.

## CAPÍTULO IV

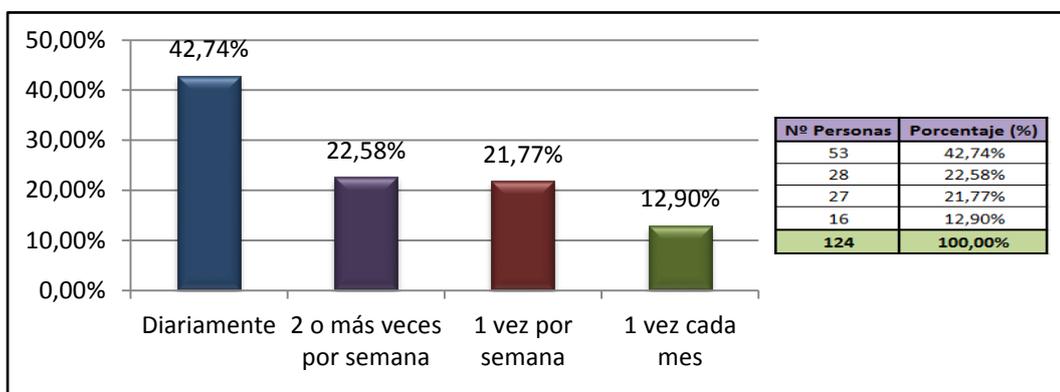
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1 Análisis de resultados de la encuesta

La encuesta fue aplicada a una muestra de 124 habitantes, y denota el criterio de los moradores con respecto a las condiciones actuales del talud.

**Pregunta 1.** ¿Con que frecuencia circula usted por la vía?

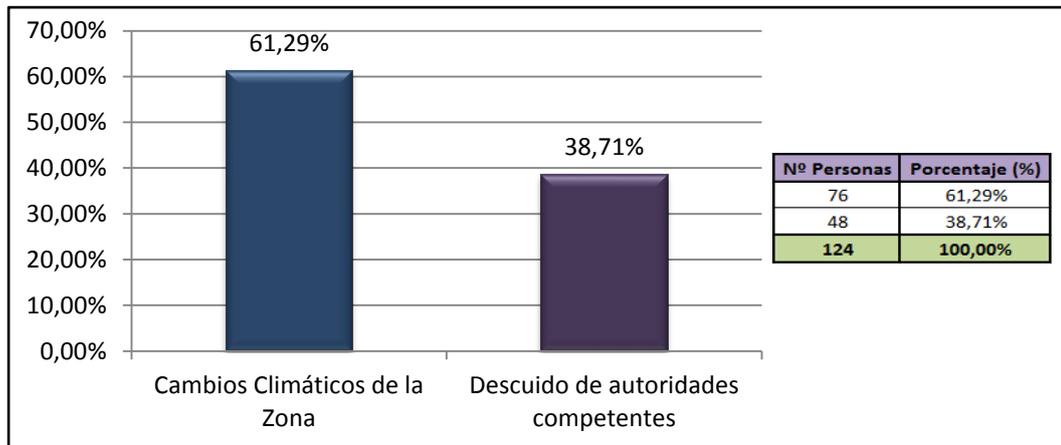


**Gráfico N° 20: Datos pregunta N° 1**

##### Análisis de la Pregunta 1

El 42,74% circula a diario por cuestiones de trabajo, educación, el 22,58% lo hace dos o más veces a la semana debido a la feria en Latacunga, Pujilí, Zumbahua y La Maná, el 21,77% viene a trabajar en actividades de agricultura y turismo hacia el Quilotoa y el 12,90% acude por atención médica y de salud hacia las diferentes áreas de salud disponibles.

**Pregunta 2.** ¿Cuál es la razón del mal estado de los taludes a su criterio?

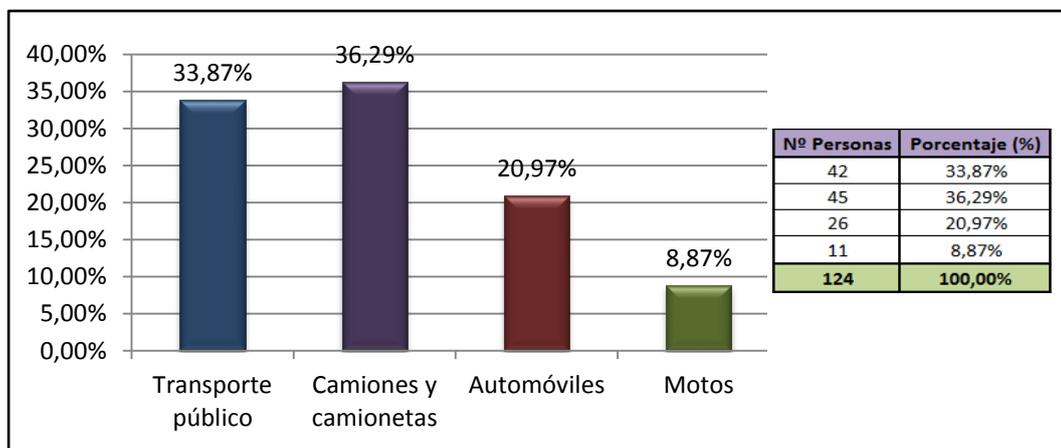


**Gráfico N° 21: Datos pregunta N° 2**

Análisis de la Pregunta 2

El 61,29% piensa que es debido a los cambios climáticos de la zona y el 38,71% que es por descuido de las autoridades competentes.

**Pregunta 3.** ¿Qué tipo de vehículo utiliza para movilizarse dentro de la provincia?

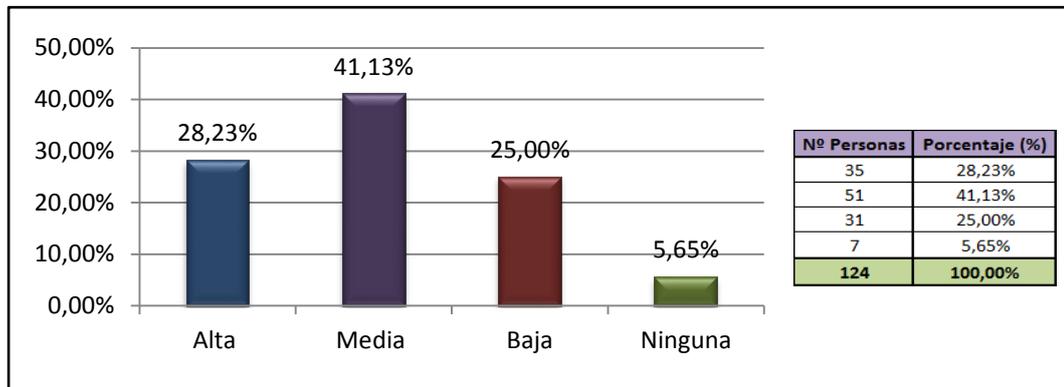


**Gráfico N° 22: Datos pregunta N° 3**

Análisis de la Pregunta 3

Un 33,87% utiliza transporte público como buses para su movilización, el 36,29% camiones y camionetas, el 20,97% automóviles y vehículos privados, y el 8,87% utiliza motos para su transporte.

**Pregunta 4.** ¿En qué magnitud cree que los deslizamientos han provocado daños a vehículos?

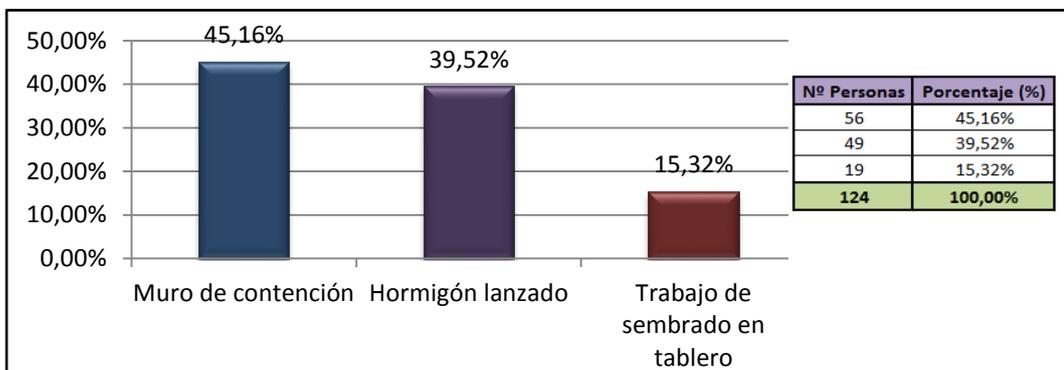


**Gráfico N° 23: Datos pregunta N° 4**

Análisis de la Pregunta 4

El 28,23% cree que hay un alto índice de daños a vehículos ocasionados por el estado del deslizamiento del talud, el 41,13% piensa que hay un índice medio, el 25,00% menciona que es baja y el 5,65% que no se han generados daños.

**Pregunta 5.** ¿Cuál a su criterio sería la forma de mejorar el actual estado de los taludes en la vía?

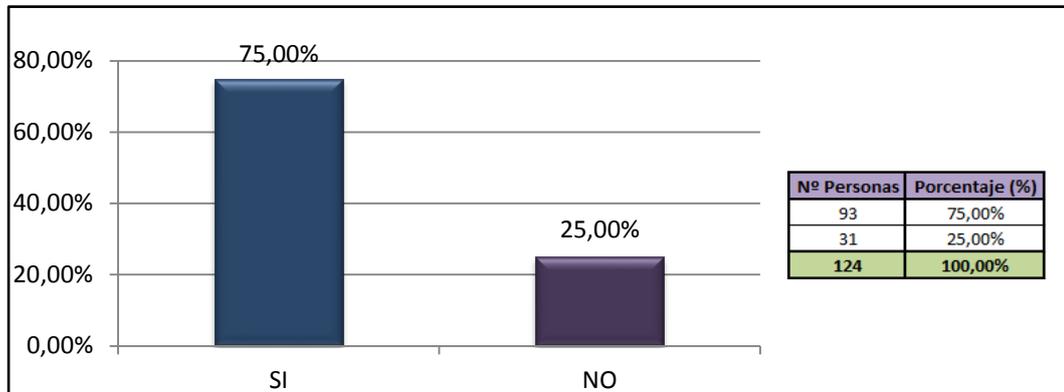


**Gráfico N° 24: Datos pregunta N° 5**

Análisis de la Pregunta 5

El 45,16% opta por la construcción de muros de contención para mejorar el estado del talud, un 39,52% por un revestimiento del talud con rociado de concreto y el 15,32% prefiere que se mejore el talud con un sembrado de plantas.

**Pregunta 6.** ¿Según su criterio piensa que el cálculo del factor de seguridad es el correcto para en los taludes?

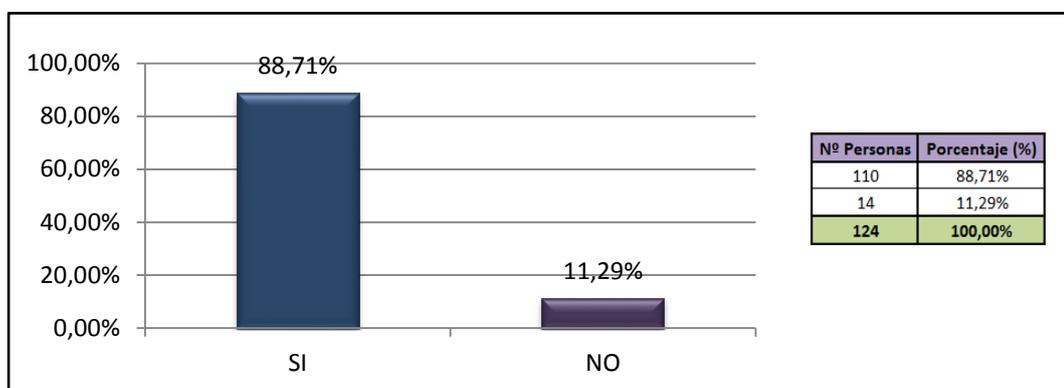


**Gráfico N° 25: Datos pregunta N° 6**

Análisis de la Pregunta 6

El 75,00% cree que si influye el factor de seguridad en los taludes y el 25,00% que el factor de seguridad no influye en el estado de los taludes en la vía.

**Pregunta 7.** ¿Cree usted que el mantenimiento de los taludes es una forma adecuada de prevención del deslizamiento de los mismos?

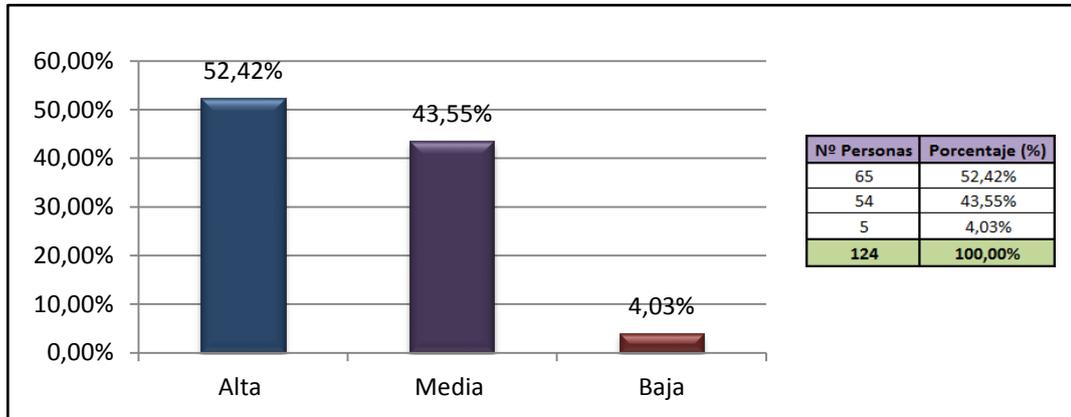


**Gráfico N° 26: Datos pregunta N° 7**

Análisis de la Pregunta 7

El 88,71% cree que con un mantenimiento adecuado de los taludes se evitarán que el talud se deslice y el 11,29% restante cree que son otros los factores de deslizamiento.

**Pregunta 8.** ¿En qué medida se incrementará la actividad vial entre las ciudades de la provincia?

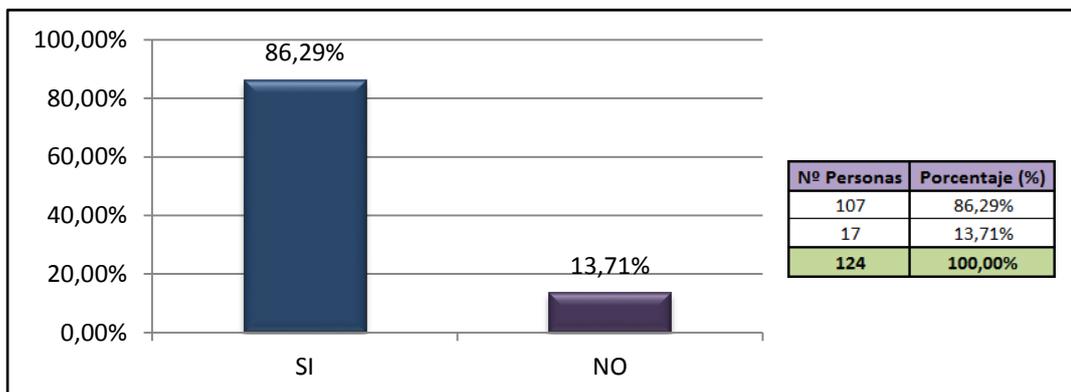


**Gráfico N° 27: Datos pregunta N° 8**

Análisis de la Pregunta 8

El 52,42% de las personas encuestadas cree que será alta la actividad vehicular en la zona, el 43,55% contestó que la actividad vehicular será media y el 4,03% expresa que por el contrario será baja.

**Pregunta 9.** ¿Cree usted que el diseño de obras de estabilización de taludes es el adecuado para esta zona?

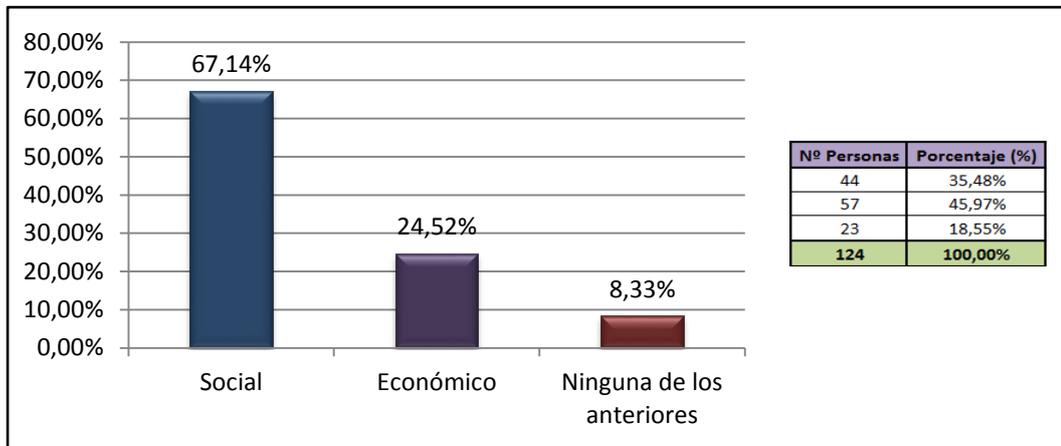


**Gráfico N° 28: Datos pregunta N° 9**

Análisis de la Pregunta 9

El 86,29% cree que si influye el diseño de los taludes para su estabilización y el 13,71% que el diseño de los taludes no influye en su estabilización.

**Pregunta 10.** ¿Cuál sería el beneficio que usted obtendría con la ejecución del proyecto?



**Gráfico N° 29: Datos pregunta N° 10**

Análisis de la Pregunta 10

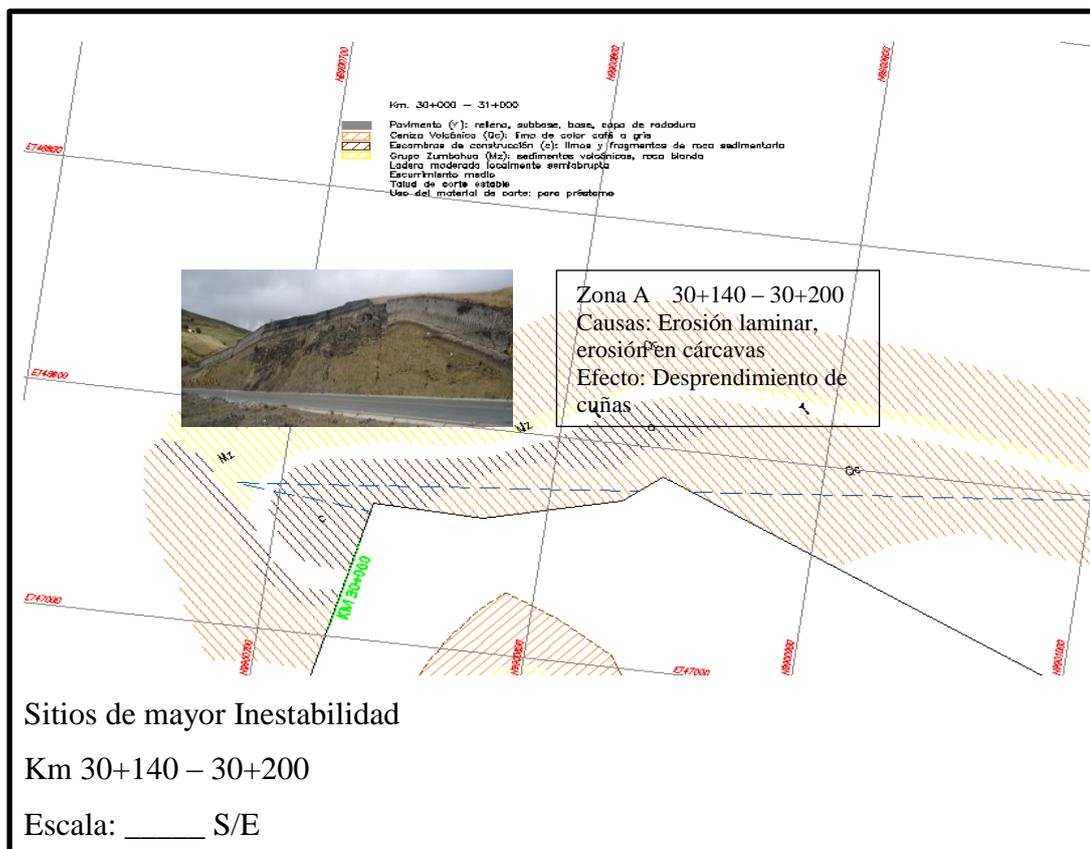
El 35,48% manifiesta que obtendrían un beneficio social con la ejecución del proyecto, el 45,97% piensa que un beneficio económico y tan solo el 18,55% cree que no obtendrá ningún beneficio.

#### **4.1.2 Zonificación geotécnica**

Los tramos objeto de la Investigación son:

- a) Abscisa 30+140 a 30+200: corresponde a Formación Geológica perteneciente al Grupo Zumbahua (matriz de sedimentos volcánicos, roca blanda, limos y fragmentos de roca sedimentaria) es lento a muy activo el grado de actividad de deslizamiento, en cuanto al grado de peligrosidad tiene una Ocurrencia Mediana y una Intensidad Mediana. Debido a Erosión Laminar generalizada, el efecto Erosión en Cárcavas.

## ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA



**Gráfico N° 30: Zonificación geotécnica según la estabilidad**

Tabla N° 4: Zonificación geotécnica según la estabilidad

<b>ABSCISAS</b>	30+ 140      a      30 + 200	
<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA:</b>	Grupo Zumbahua, sedimentos volcánicos, roca blanda	
<b>GRADO DE ACTIVIDAD DE DESLIZAMIENTO:</b>	Lento	
<b>GRADO DE PELIGROSIDAD:</b>	Mediana	Mediana
<b>CAUSA – EFECTO:</b>	Erosión Laminar Generalizada Erosión Eólica y Erosión Fluvial.  Efecto: Erosión en Cárcavas y desprendimientos de cuñas.	

### **4.1.3 Estudio geológico**

La Geología generalmente, define las características y propiedades del suelo cuando actúa de diferente manera en los taludes.

Se presenta la formación geológica, que es:

- a) **Grupo Zumbahua:** Se presenta entre las abscisas 30+140 a 30+200 sobre el cual yace discordantemente al grupo Angamarca. Consiste preferentemente de areniscas masivas pobremente clasificadas, de grano grueso, con brechas masivas de flujos de escombros. Estas brechas contienen solamente clastos ígneos. Sus matrices son ricas en cristales. También se presentan conglomerados con cantos y guijarros imbricados por deposición aluvial. Las areniscas son líticas, ricas en feldespatos, cuarzo y anfíbol, y se clasifican como turbiditas lacustres.

En resumen, son depósitos de sedimentos volcánicos en cuencas intermontañas con gran aporte volcánico. Localmente han sido endurecidas por compactación o consolidación hidráulica que le proporciona una compacidad relativa entre suelta-media y densa, con granulometría fina y bajo grado de humedad natural, mayor de 10%.

### **4.1.4 Ensayos mecánica de suelos**

#### **4.1.4.1 Propiedades físicas de los suelos**

Se efectuó una descripción de campo que incluyó tipo de material, color, y humedad; grado de cementación o compactación, compacidad relativa en términos de suelta, media y densa. Debido a la conformación masiva de las formaciones geológicas investigadas y por corresponder básicamente a suelos no cohesivos y en ciertas partes cohesivos.

Los tramos de la vía en donde se realiza un reporte de calicatas, toma de muestras en las cuales se presentan las siguientes características:

- a) **Abscisa 30+140 (Muestra remoldeada):** corresponde a Toba poco cementada limo arenoso, profundidad 1,00 m, su clasificación SUCS es SM, Humedad natural 22,19 % Límite Líquido es No plástico, índice Plástico es No plástico.
  
- b) **Abscisa 30+170 (Muestra remoldeada):** corresponde a arena limosa, profundidad 1,00 m, su clasificación SUCS es SM, Humedad natural 22,87 % , Límite Líquido es No plástico, Índice Plástico es No plástico.
  
- c) **Abscisa 30+200 (Muestra inalterada):** corresponde a Toba poca cementada limo de baja plasticidad, profundidad 1,50 m, su clasificación SUCS es SM, Humedad natural 33,56 % , Límite Líquido es No plástico, Índice Plástico es No plástico.

➤ **Ensayo granulométrico**

Los grupos de partículas se pesan y se expresan como porcentaje del total, pudiéndose así definir si es que existe una buena distribución o mala distribución.

En las abscisas 30+140, 30+170, 30+200, las curvas tienen una pendiente moderada, serán arenas bien graduadas.

# PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA DE CAMPO

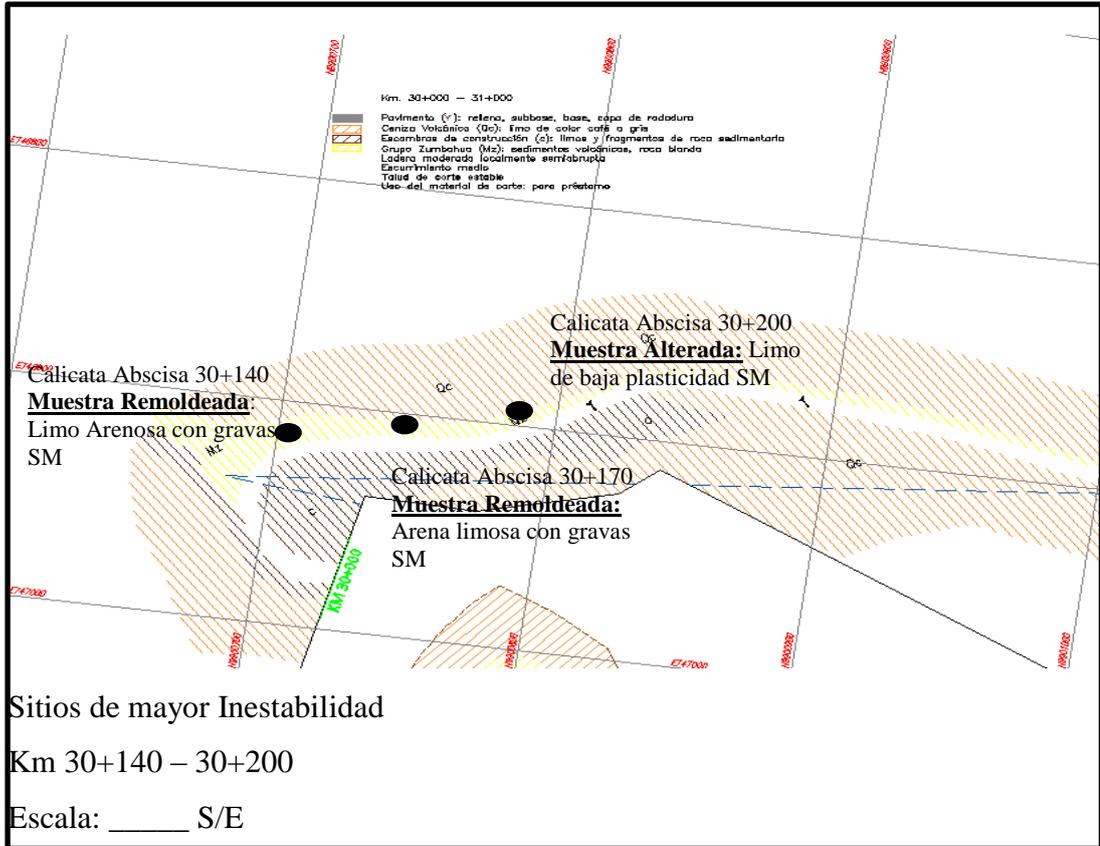


Gráfico N° 31: Zonificación geotécnica según la estabilidad

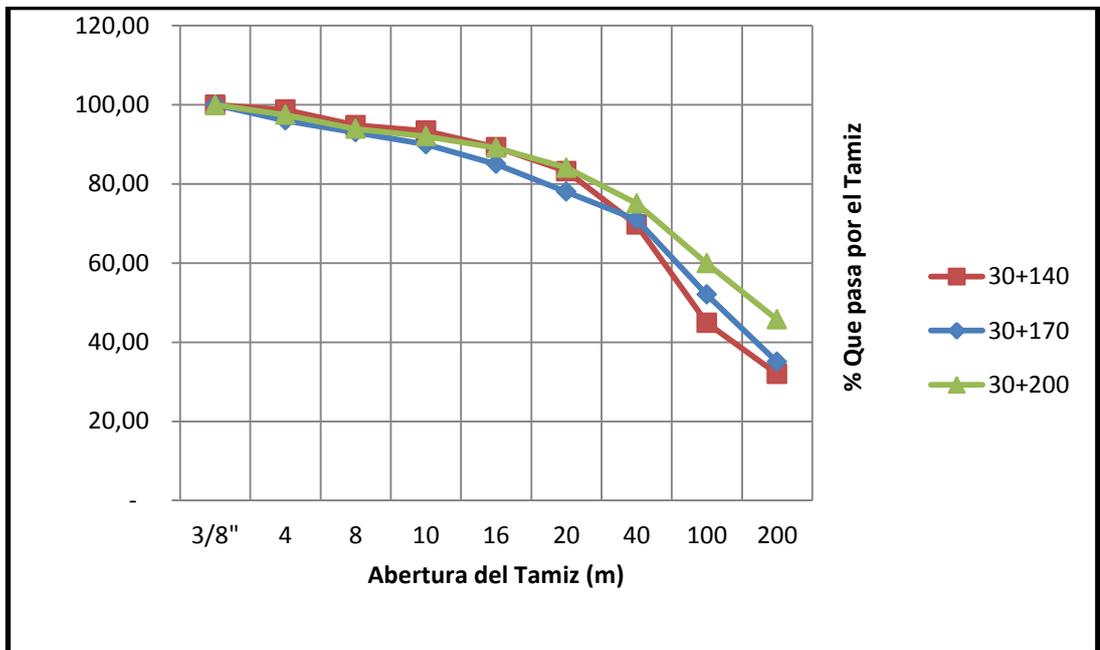


Gráfico N° 31(a): Curva granulométrica

Calicata Abscisa	Muestra	Profundidad (m)	Descripción	Clasificación SUCS	W %	LL %	IP %	GS %		
30+140	Remoldeada	1,00	Limo arenosa	SM	22,19	NP	NP	2,24		
30+170	Remoldeada	1,00	Arena Limosa	SM	22,87	NP	NP	2,45		
30+200	Inalterada	1,50	Limo de baja plasticidad	SM	33,56	NP	NP	2,93		
Calicata Abscisa		Granulometría (% que pasa el tamiz)								
		3/8"	4	8	10	16	20	40	100	200
30+140		100,00	98,72	94,81	93,43	89,26	83,20	69,70	44,87	31,98
30+170		100,00	96,00	93,00	90,00	85,00	78,00	71,00	52,00	35,00
30+200		100,00	97,46	93,88	92,05	89,15	84,10	75,04	59,94	45,72
<b>W</b> Humedad Natural (%)				<b>SUCS</b> Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USA)						
<b>LL</b> Límite Líquido (%)				<b>NP</b> No Plástico						
<b>IP</b> índice Plástico (%)				<b>Gs</b> Gravedad Específica						

Tabla N°5: Estudio de suelos

Malla número	Abertura mm	Km 30+140	Km 30+170	Km 30+200
3/8"	9,500	100,00	100,00	100,00
#4	4,750	98,72	96,00	97,46
# 8	2,360	94,81	93,00	93,88
#10	2,000	93,43	90,00	92,05
20	0,850	83,20	78,00	84,10
40	0,425	69,70	71,00	75,04
100	0,150	44,87	52,00	59,94
200	0,075	31,98	35,00	45,72

Tabla N°6: Granulometría (% que pasa el tamiz)

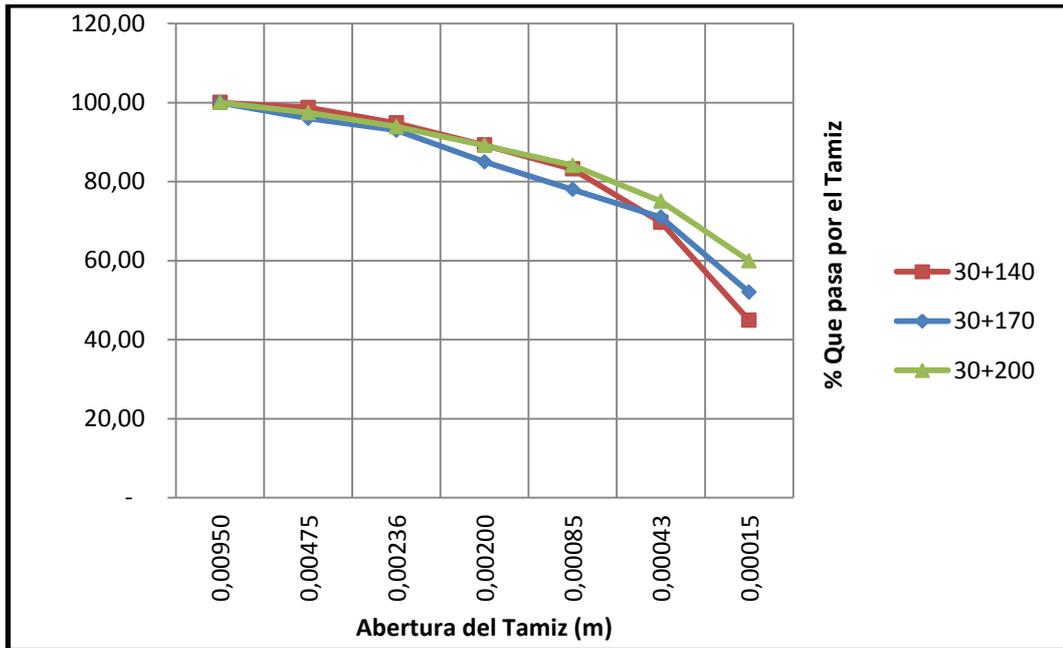


Gráfico N° 32: Curva granulométrica

#### 4.1.4.2 Propiedades mecánicas de los suelos

##### ➤ Ensayos triaxiales UU- Isotrópicos para esfuerzos totales

Los tramos del talud en donde se realiza un reporte de calicatas, toma de muestras en las cuales presentan los siguientes valores de Resistencia al corte (Cohesión y ángulo de fricción interna) del material del talud que conforman la envolvente de Mohr Esfuerzos Totales.

- a) **Abscisa 30+140:** corresponde a Toba poca cementada muy alterada (Arena limosa), profundidad 1,00 m, Cohesión  $0,22 \text{ Kg/cm}^2$ , ángulo de fricción interna  $13,28^\circ$ .
- b) **Abscisa 30+170:** corresponde a Toba poco cementada limo arenoso, profundidad 1,00 m, Cohesión  $0,24 \text{ Kg/cm}^2$ , ángulo de fricción interna  $14,81^\circ$ .
- c) **Abscisa 30+200:** corresponde a Toba poca cementada limosa de baja plasticidad muy alterada, profundidad 1,50 m, Cohesión  $0,22 \text{ Kg/cm}^2$ , ángulo de fricción interna  $15,61^\circ$ .

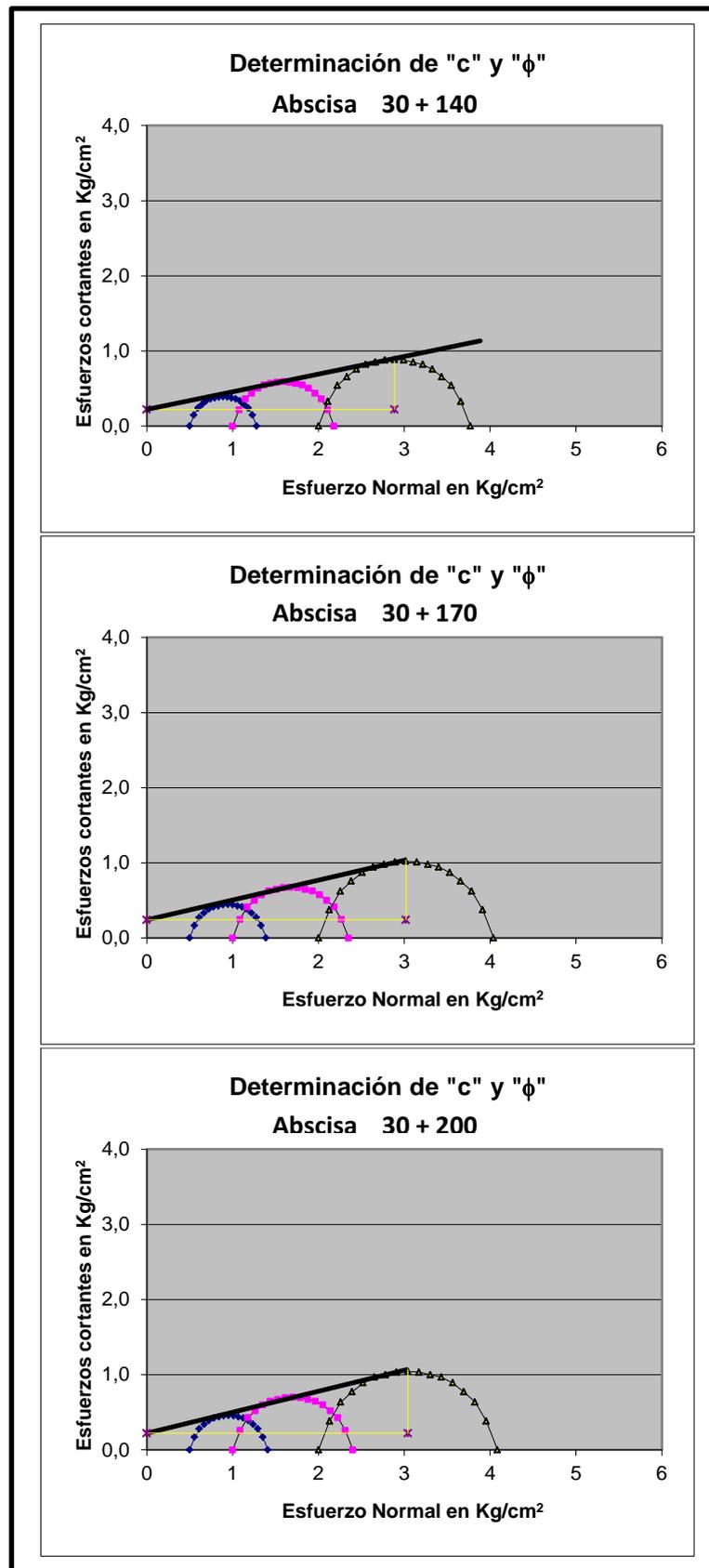


Gráfico N° 33:  $c$ ,  $\phi$  Envolvente de Morh esfuerzos totales

Calicata Muestra Abscisa	Descripción Profundidad	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma -3$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma 1 - \sigma 3$ Kg/cm <sup>2</sup>	ef %	EN FUNCIÓN DE ESFUERZOS		
						TOTALES		
						c Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	q ad Kg/cm <sup>2</sup>
30+140 REMOLDEADA	Toba poco cementada muy alterada (arena limosa), Profundidad 1,00m	1,031	0,50	26,84	0,78	0,22	13,28	0,390
		1,034	1,00	40,40	1,18			0,590
		1,028	2,00	60,50	1,76			0,890
30+170 REMOLDEADA	Toba poca cementada limo arenosa, profundidad 1,00 m.	1,300	0,50	25,88	0,89	0,24	14,81	0,450
		1,285	1,00	39,47	1,35			0,680
		1,275	2,00	59,38	2,04			1,020
30+200 ALTERADA	Toba poco cementada de matriz limosa muy alterada. Profundidad 1,50m	1,065	0,50	26,67	0,91	0,22	15,61	0,460
		1,068	1,00	40,81	1,40			0,700
		1,057	2,00	61,05	2,09			1,040
c Cohesión		$\sigma 3$		Presión de cámara o de confinamiento del Ensayo Triaxial UU				
$\phi$ Angulo de fricción interna		$\sigma 1 - \sigma 3$		Esfuerzo desviador máximo				
q ad Máxima capacidad de carga		$\epsilon f \%$		Deformación Unitaria correspondiente al máximo esfuerzo desviado				

Tabla N° 6 (a): Ensayos triaxiales UU – Isotrópicos para esfuerzos totales

➤ **Ensayos triaxiales UU- Isotrópicas para esfuerzos residuales**

Los tramos de la vía en donde se realiza un reporte de calicatas, toma de muestras en las cuales presentan los siguientes valores de Resistencia al corte (Cohesión y ángulo de fricción interna) del material del talud que conforman la envolvente de Mohr Esfuerzos Residuales.

- a) **Abscisa 30+140:** corresponde a Toba poca cementada muy alterada (Arena limosa), profundidad 1,00 m, Cohesión  $0,22 \text{ Kg/cm}^2$ , ángulo de fricción interna  $13,28^\circ$
- b) **Abscisa 30+170:** corresponde a Toba poco cementada limo arenosa de baja plasticidad, profundidad 1,00 m, Cohesión  $0,34 \text{ Kg/cm}^2$ , ángulo de fricción interna  $20,52^\circ$ .
- c) **Abscisa 30+200:** corresponde a Toba poco cementada limosa muy alterada, profundidad 1,50 m, Cohesión  $0,45 \text{ Kg/cm}^2$ , ángulo de fricción interna  $27,16^\circ$ .

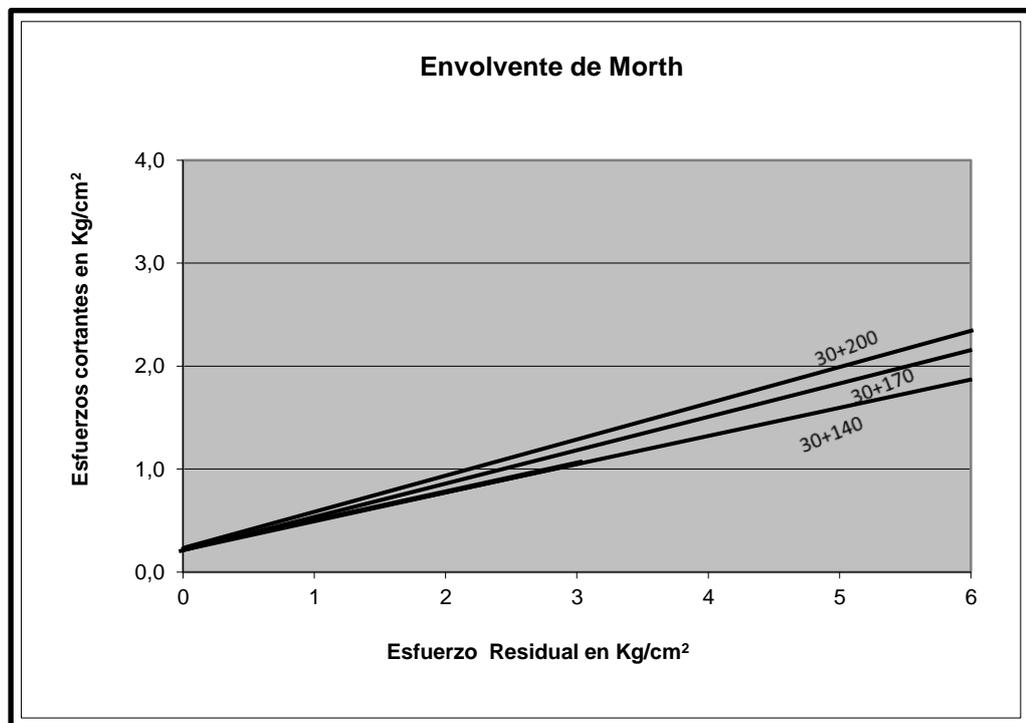


Gráfico N ° 34: c,  $\phi$  Envolvente de Morth esfuerzos residuales

Calicata Muestra Abscisa	Descripción Profundidad	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma -3$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma 1 - \sigma 3$ Kg/cm <sup>2</sup>	e %	EN FUNCIÓN DE ESFUERZOS TOTALES. SI e = 4%.		
						c Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	q ad Kg/cm <sup>2</sup>
30+140 REMOLDEADA	Toba poco cementada muy alterada (arena limosa), Profundidad 1,00m	1,031	0,50	26,84	1,56	0,22	13,28	0,390
		1,034	1,00	40,40	2,36			0,590
		1,028	2,00	60,50	3,52			0,890
30+170 REMOLDEADA	Toba poca cementada limo arenosa, profundidad 1,00 m.	1,300	0,50	25,88	1,78	0,34	20,52	0,603
		1,285	1,00	39,47	2,70			0,912
		1,275	2,00	59,38	4,08			1,375
30+200 ALTERADA	Toba poco cementada de matriz limosa muy alterada. Profundidad 1,50m	1,065	0,50	26,67	1,82	0,45	27,16	0,798
		1,068	1,00	40,81	2,80			1,207
		1,057	2,00	61,05	4,18			1,820

c Cohesión  $\sigma 3$  Presión de cámara o de confinamiento del Ensayo Triaxial UU  
 $\phi$  Angulo de fricción interna  $\sigma 1 - \sigma 3$  Esfuerzo desviador máximo  
q ad Máxima capacidad de carga e= 4% Deformación unitaria de 4% que produce el esfuerzo desviador después de la falla

Tabla N ° 7: Ensayos triaxiales

➤ **Ensayos de compresión sin confinar**

a) Para la muestra tomada en la **abscisa 30 + 140**, a un metro de profundidad se describe como una Toba poco cementada limo arenosa. Con un Esfuerzo máximo de compresión axial simple de 17,69 Kg/cm<sup>2</sup> y una deformación unitaria de 0,370 %.

b) Para la muestra tomada en la **abscisa 30+170**, a un metro de profundidad se describe como una Toba poco cementada de matriz limosa arenosa. Con un Esfuerzo máximo de compresión axial simple de 20,35 Kg/cm<sup>2</sup> y una deformación unitaria de 0,385 %.

c) Para la muestra tomada en la **abscisa 30+200**, a un metro y medio de profundidad se describe como una Toba poco cementada de matriz limosa de baja plasticidad muy alterada. Con un Esfuerzo máximo de compresión axial simple de 20,87 Kg/cm<sup>2</sup> y una deformación unitaria de 0,417 %.

Calicata Muestra Abscisa	Profundida d (m)	Descripción Profundidad	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	wi %	qmáx	$\epsilon_f$
30+140	1,00	Toba poco cementada Limo arenosa	1,77	5,60	17,69	0,370
30+170	1,00	Toba poco cementada Limo arenosa	2,04	10,36	20,35	0,385
30+200	1,50	Toba poco cementada de matriz Limosa Muy alterada	2,09	9,88	20,87	0,417

wi Humedad inicial de la muestra.

$\gamma$  Peso unitario húmedo.

qmáx Esfuerzo máximo de compresión axial simple.

$\epsilon_f$ . Deformación unitaria en la falla o correspondiente al máximo esfuerzo de compresión axial simple.

Tabla N°8: Sitios donde se efectuaron ensayos de geofísica

#### 4.1.4.3 Ensayos de geofísica

Los resultados de la Refracción Sísmica sirvieron para confirmar la siguiente estratigrafía de Tobas poco cementadas de hasta cerca de 10 m, y de suelo más duro bajo esta profundidad, sin presencia de aguas subterráneas.

El trabajo se realizó en los sitios considerados de mayor estabilidad, con el fin de evaluar los espesores de capas, características litológicas; estructurales y de aguas subterráneas que hubiera, a través de la propagación de la velocidad de onda. Los sitios donde se efectuó la investigación con refracción sísmica fueron los siguientes:

Tabla N°9: Sitios donde se efectuaron ensayos de geofísica

<b>ABSCISAS INVESTIGADAS</b>	<b>LONGITUD INVESTIGADA</b>
30+125 a 30+140	15,00 m, superior e inferior
30+140 a 30+215	45,00 m, inferior
30+215 a 30+250	35,00 m, superior e inferior

#### 4.1.5 Análisis de estabilidad

En función de las condiciones encontradas para resistencia al corte del material de taludes, se planteó un análisis de estabilidad formal, mediante el método de Bishop modificado, empleando el programa GEOSLOPE.

Se tomaron parámetros  $\gamma$ ,  $c$  y  $(j)$  de las pruebas de triaxiales rápidos no drenados UU, con las envolventes de Mohr-Coulomb, y con esfuerzos residuales para  $e=2\%$  y  $e=4\%$ , como la condición más crítica de estabilidad. Estos valores determinan un ángulo de fricción relativamente alto y una envolvente de Mohr-Coulomb de un material medianamente resistente. Los resúmenes de valores de Factor de Seguridad demuestran un factor mayor de 1,40 en todos los casos, habiéndose evaluado taludes de alturas mayores de 15 m en todos los casos y con

grado máximo de deterioro, para  $e = 4\%$ , es decir con la resistencia residual, que es menor que la máxima.

Tabla N° 10: Análisis de estabilidad

PARÁMETROS			FACTOR DE SEGURIDAD	TIPO DE FALLA	OBSERVACIONES
e	C Kg/cm <sup>2</sup>	R			
e máx	44,13	19,568	2,797	PROFUNDA	A medio talud
e máx	44,13	22,265	2,788	PROFUNDA	A medio talud
2%	21,57	21,721	2,775	INTERMEDIA	A medio talud
2%	21,57	13,943	2,719	PROFUNDA	En la base del talud
2%	21,57	24,399	2,699	SUPERIOR	A medio talud
2%	21,57	16,101	2,628	SUPERIOR	En la base del talud
2%	21,57	12,609	2,637	INTERMEDIA	En la base del talud
2%	21,57	18,254	2,588	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	20,407	2,555	SUPERIOR	A medio talud
4%	30,34	22,56	2,533	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	14,756	2,513	PROFUNDA	En la base del talud
4%	30,34	13,388	2,455	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	16,902	2,439	INTERMEDIA	A medio talud
4%	30,34	19,048	2,391	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	21,195	2,360	SUPERIOR	A medio talud
4%	30,34	15,522	2,342	SUPERIOR	En la base del talud
4%	30,34	23,341	2,340	INTERMEDIA	A medio talud
4%	30,34	21,935	2,293	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	17,657	2,274	SUPERIOR	En la base del talud
4%	30,34	19,791	2,230	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	21,925	2,202	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	24,06	2,183	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	22,589	2,142	INTERMEDIA	A medio talud
4%	30,34	20,436	2,131	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	23,186	2,019	SUPERIOR	A medio talud
4%	30,34	22,039	2,099	SUPERIOR	A medio talud
4%	30,34	23,72	1,920	INTERMEDIA	A medio talud
4%	30,34	21,586	1,910	PROFUNDA	A medio talud
4%	30,34	19,451	1,904	SUPERIOR	A medio talud

e = Deformación unitaria

c = Cohesión

R = Radio de curvatura de falla

## Registro de deslizamientos producidos en el talud

Los tramos de la vía en donde se realiza un reporte de todos los deslizamientos representativos producidos en el talud, registros que presentan los siguientes valores de deslizamientos de material hacia la vía durante el año 2014

Cuadro N° 2: Registros de deslizamientos

TRAMO 30+140 A 30+200

N°.	MES	FECHA	LONGITUD m.	ÁREA m <sup>2</sup>	VOLÚMEN m <sup>3</sup>	VOLÚMEN ACUMULADO m <sup>3</sup>
1	ENERO	07/01/2014	12.50	0.45	5.63	5.63
2		18/01/2014	5.60	0.55	3.08	8.71
3		29/01/2014	20.80	0.35	7.28	15.99
4	FEBRERO	04/02/2014	11.90	0.40	4.76	20.75
5		11/02/2014	9.00	3.30	29.70	50.45
6		18/02/2014	19.80	0.35	6.93	57.38
7		19/02/2014	18.10	0.45	8.15	65.52
8		24/02/2014	27.40	0.45	12.33	77.85
9		27/02/2014	2.50	0.75	1.88	79.73
10	MARZO	16/03/2014	8.30	0.35	2.91	82.63
11		17/03/2014	5.50	0.40	2.20	84.83
12		18/03/2014	3.10	0.80	2.48	87.31
13		19/03/2014	2.90	0.85	2.47	89.78
14		20/03/2014	11.00	0.35	3.85	93.63
15		21/03/2014	3.40	0.80	2.72	96.35
16	ABRIL	22/04/2014	1.90	1.40	2.66	99.01
17		23/04/2014	10.30	0.40	4.12	103.13
18		24/04/2014	3.20	0.55	1.76	104.89
19		25/04/2014	3.10	0.35	1.09	105.97
20		26/04/2014	8.00	0.40	3.20	109.17
21		27/04/2014	22.00	0.50	11.00	120.17
22	MAYO	28/05/2014	5.10	2.75	14.03	134.20
23		29/05/2014	9.80	0.35	3.43	137.63
24		30/05/2014	2.30	1.40	3.22	140.85
25		31/05/2014	8.40	0.80	6.72	147.57

26		01/05/2014	2.10	0.85	1.79	149.35
27	JUNIO	02/06/2014	6.60	0.55	3.63	152.98
28		03/06/2014	8.10	1.35	10.94	163.92
29		04/06/2014	5.90	1.40	8.26	172.18
30		05/06/2014	8.00	0.40	3.20	175.38
31		JULIO	06/07/2014	4.10	2.50	10.25
32	07/07/2014		20.40	1.30	26.52	212.15
33	08/07/2014		7.70	0.75	5.78	217.92
34	09/07/2014		7.20	0.35	2.52	220.44
35	AGOSTO	10/08/2014	8.40	0.40	3.36	223.80
36		11/08/2014	6.30	0.80	5.04	228.84
37		12/08/2014	6.50	0.85	5.53	234.37
38	SEPTIEMBRE	13/09/2014	5.90	0.55	3.25	237.61
39		14/09/2014	5.40	0.35	1.89	239.50
40	OCTUBRE	15/10/2014	8.80	0.40	3.52	243.02
41		16/10/2014	13.60	0.35	4.76	247.78
42		17/10/2014	8.20	0.40	3.28	251.06
43		18/10/2014	8.70	1.50	13.05	264.11
44	NOVIEMBRE	19/11/2014	25.00	0.35	8.75	272.86
45	DICIEMBRE	06/12/2014	9.30	0.55	5.12	277.98
46		17/12/2014	6.40	0.35	2.24	280.22
47		29/12/2014	5.60	0.40	2.24	282.46
<b>TOTAL:</b>					<b>282.455</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Fuente: Registros de mantenimiento vial carretera Latacunga – La Maná, sector Cruz Blanca durante el año 2014.

El registro de deslizamientos producidos en el lugar de estudio es de 47 dando así un volumen de desalojo de material de 282.46 m<sup>3</sup>.

### **PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO EN EL TALUD**

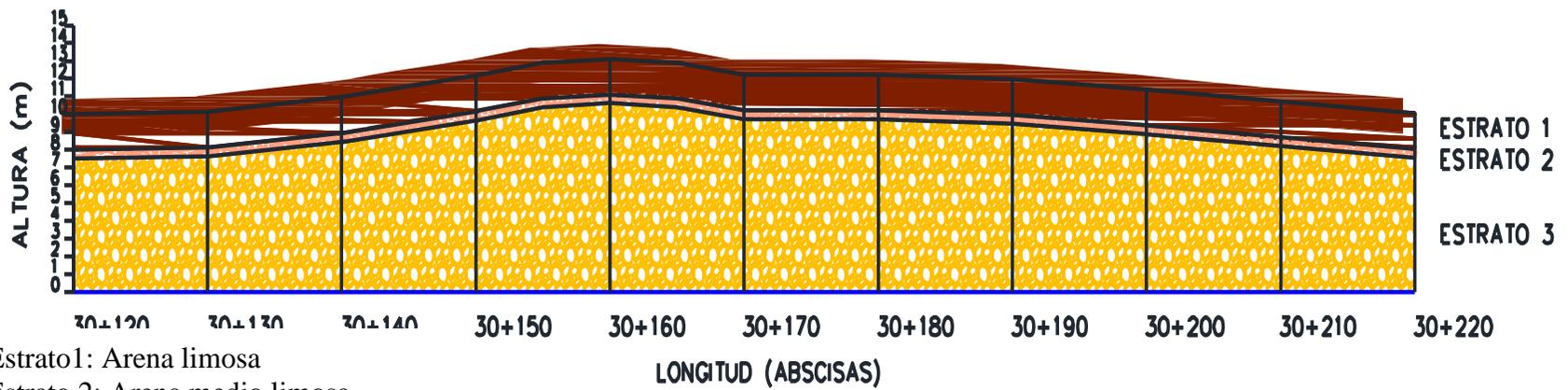
El estrato superior siendo una capa con características vegetales y de color negro es el suelo más absorbente de agua y que por ende tiende a formarse en capas para su deslizamiento.

Cuadro N° 3: Medidas de los estratos 1 y 2 del talud

<b>ABCISAS</b>	<b>ESTRATO 1</b>	<b>ESTRATO 2</b>
30+120	1.95	0.48
30+130	2.00	0.50
30+140	2.05	0.45
30+150	1.98	0.50
30+160	1.95	0.48
30+170	2.03	0.45
30+180	1.80	0.40
30+190	1.90	0.45
30+200	1.95	0.50
30+210	2.15	0.55
30+220	2.2	0.57

Fuente: Medidas tomadas en campo Sandra Rojas.

### PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL TALUD



Estrato 1: Arena limosa  
Estrato 2: Arena medio limosa  
Estrato 3: Conglomerado Limo

Fuente: Altura de los estratos según medidas de campo del talud.

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

### 4.2.1 Interpretación de datos de la encuesta

PREGUNTA Nº.	INTERPRETACIÓN
1	Los resultados demuestran que a pesar del mal estado de los taludes en la vía los habitantes del sector deben circular obligadamente por la vía.
2	La mayoría de personas creen que la razón principal para un mal estado de los taludes se deben a los diferentes cambios climáticos que existen en la zona a esto se añade la falta de mantenimiento previo de los mismos.
3	Las camionetas, camiones y buses de transporte público son los más utilizados para transportarse en la zona por ser un sector rural.
4	Es evidente que los deslizamientos de material de los taludes han ocasionado daño en los vehículos provocando accidentes leves y daños externos a los vehículos.
5	La mayoría de personas consideran que con la construcción de muros de contención se evitarán los continuos deslizamientos de los taludes para que así la circulación vehicular de la vía sea fluida.
6	Se considera que el factor de seguridad empleado en la ejecución de taludes no fue el adecuado por lo tanto se debería considerarlo para una estabilización.
7	Los resultados indican que si existiera un mantenimiento adecuado de los taludes se prevendría un deslizamiento futuro de los mismos.
8	Los moradores creen que la actividad comercial aumentará en todo el sector ya que al mantener una vía libre de circulación sin interrupciones promueve un tráfico fluido.
9	Sería necesario aplicar un adecuado diseño de estabilización de taludes para lograr una adecuada estabilización de los mismos.
10	La mayoría de personas creen en un beneficio social a futuro como incremento de las zonas turísticas de la zona.

Tabla N° 11: Interpretación de Datos de la Encuesta

## 4.2.2 Comprobación de la hipótesis

### Planteamiento de la Hipótesis

#### **Ho: Hipótesis Nula**

El cálculo del factor de seguridad para el diseño de sistemas de estabilización de taludes no es de vital importancia para evitar los deslizamientos provocados por varios factores y mejorar la superficie del talud de la vía Latacunga – La Maná.

#### **H1: Hipótesis Alterna**

El cálculo del factor de seguridad para el diseño de sistemas de estabilización de taludes es de vital importancia para evitar los deslizamientos provocados por varios factores y mejorar la superficie del talud de la vía Latacunga – La Maná.

**Variable independiente:** (pregunta N°6 encuesta a moradores del sector).

¿Según su criterio piensa que el cálculo del factor de seguridad en los taludes es el correcto?

**Variable dependiente:** (pregunta N° 9 encuesta a moradores del sector).

¿Cree usted que el diseño de obras de estabilización de taludes es adecuado para esta zona?

#### **Cálculo estimado**

Para la comprobación de los valores de frecuencia de la hipótesis se tomará en cuenta una prueba no paramétrica a través del chi cuadrado.

La fórmula es la siguiente:

$$X^2 = \sum \left( \frac{(O-E)^2}{E} \right)$$

En donde:

O = Frecuencias Observadas

E = Frecuencias Esperadas

### **HIPÓTESIS NULA (HO)**

Ho: O = E      O - E = 0

### **HIPÓTESIS ALTERNA (H1)**

H1: O ≠ E      O ≠ E = 0

### **Nivel de investigación y regla de decisión**

Para el presente estudio se trabajará con un margen de error del 5%.

### **Grados de libertad**

Se utilizará la siguiente fórmula.

$$GL = (C - 1) (H - 1)$$

$$GL = (2 - 1) (2 - 1)$$

$$GL = (1) (1)$$

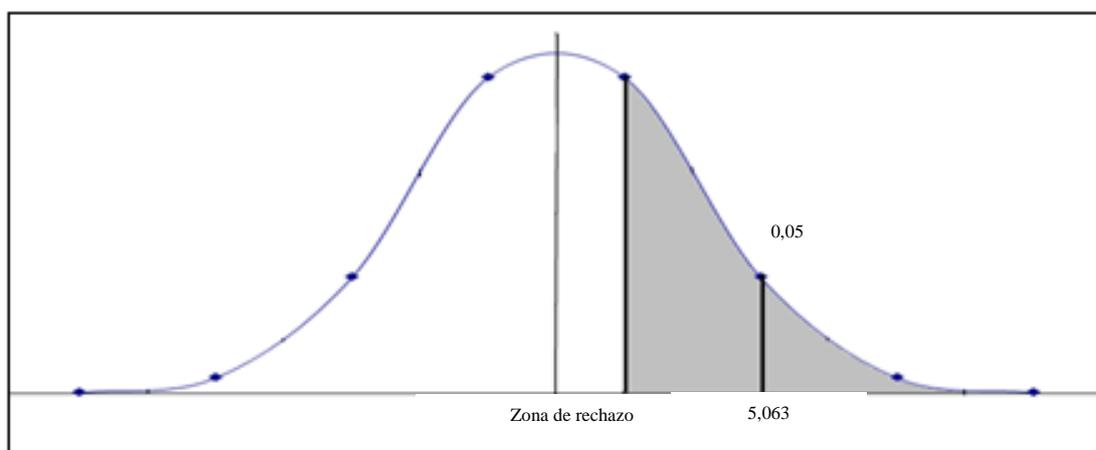
$$GL = 1$$

### Tabla de distribución del CHI cuadrado

El valor de tabulación es de 5,063 ( $\chi^2$ ), con 1 grado de libertad y en el nivel de significación del 5% de 3,84.

### Nivel de Confianza y Significancia

**Gráfico N° 35**  
**Nivel de Confianza y Significancia**



Fuente: Encuesta  
Elaborado por: Sandra Rojas  
Fecha: 16 de Enero del 2014

### Frecuencias Observadas

**Tabla N° 12**  
**Frecuencias Observadas**

VARIABLE	SI	NO	TOTAL
Cálculo del factor de seguridad	93	31	124
Diseño de obras de estabilización de taludes	107	17	124
Total	200	48	248

Fuente: Encuesta  
Elaborado por: Sandra Rojas  
Fecha: 16 de Enero del 2014

## Frecuencias Esperadas

**Tabla N° 13**  
**Frecuencias Esperadas**

VARIABLE	SI	NO	TOTAL
Cálculo del factor de seguridad	100	24	124
Diseño de obras de estabilización de taludes	100	24	124
Cálculo del factor de seguridad	200	48	248

Fuente: Encuesta  
Elaborado por: Sandra Rojas  
Fecha: 16 de Enero del 2014

## Matriz de Datos

**Tabla N° 14**  
**Matriz de datos**

VARIABLE	FRECUENCIAS	SI	NO
Cálculo del factor de seguridad	FO	93	31
	FE	100	24
Diseño de obras de estabilización de taludes	FO	107	17
	FE	100	24

Fuente: Encuesta  
Elaborado por: Sandra Rojas  
Fecha: 16 de Enero del 2014

Tabla N°15

**Cálculo matemático**

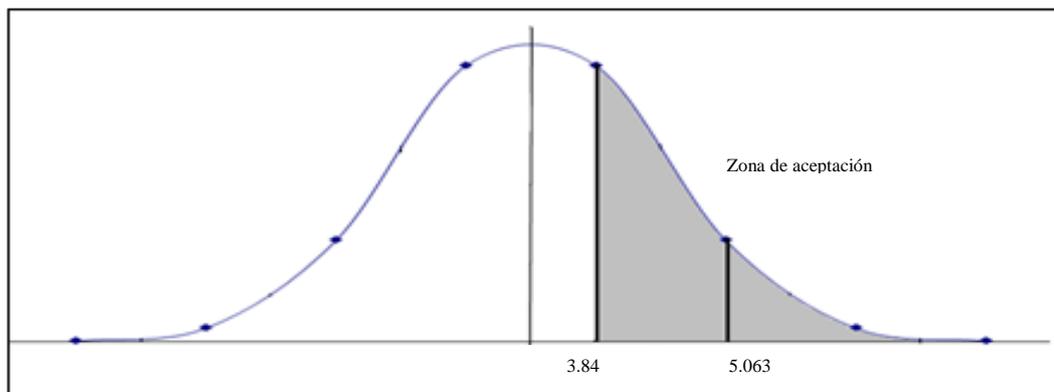
O	E	O - E	(O - E) <sup>2</sup>	(O - E) <sup>2</sup> /E
93	100	-7	49	0,490
107	100	7	49	0,490
31	24	7	49	2,042
17	24	-7	49	2,042
<b>TOTAL</b>				<b>5,063</b>

$X^2 > X^2$  a se rechaza la  $H_0$  (Hipótesis nula).

5.063 > 3,84

**Representación Gráfica**

**Gráfico N° 36**  
**Hipótesis Aceptada**



$X^2=5.063 \Rightarrow 3.84$  Aceptación

Fuente: Tabla N°16  
Elaborado por: Sandra Rojas  
Fecha: 16 de Enero del 2014

## **Conclusión**

Se verifica la Hipótesis alterna por tener un valor CHI CUADRADO calculado de 5,063 que es mayor al valor encontrado en la tabla de la curva  $\chi^2$  un 5% de significación, y un grado de libertad de 1.

## **4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

Mediante los estudios Geotécnicos que comprende la Zonificación geológica-geotécnica, Ensayos de Mecánica de suelos, Ensayos de Geofísica, Análisis de estabilidad, se afirma que el Cálculo del Factor de Seguridad para el Diseño de Sistemas de Establización de Taludes descritos es de vital importancia para evitar los deslizamientos provocados por varios factores y mejorar el mantenimiento de la vía Latacunga – La Maná.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- El talud en sus condiciones actuales causa problemas a la libre circulación vehicular afectando tiempos de recorrido, comodidad y seguridad de las personas por encontrarse con deslizamientos en la vía según el cuadro N° 2 donde indica el número de deslizamientos producidos en el talud que han sido alrededor de 47 deslizamientos en un año.
- La inexistencia de las cunetas de coronación a lo largo de toda la vía en un 100% causa daños directamente al talud al no poseer una fuente de evacuación de aguas lluvias ocasionando erosión en el suelo del talud y por ende el desmoronamiento de la superficie del talud.
- El talud de corte es realizado en suelos tipo arena limosa y rocas fracturadas, con características mecánicas pobres, las mismas que se ven reflejados en los ensayos de laboratorio en el anexo N°1.
- En general la corona de los taludes tiene una cobertura de tierra vegetal color negro con un espesor promedio de 2 m como se puede ver en el cuadro N°3.
- El tendido de la inclinación del talud influye mejorando los factores de seguridad, en el caso de la sección km. 30+170, para alturas de corte de 13.00 m., con inclinación 0.33H: 1.00V, los factores de seguridad son bajos,

cuando se tiende el talud a inclinación 0.75H: 1.00V el factor de seguridad crece.

- Dentro de los modelos aplicables para estabilización de taludes para una mayor exactitud de resultados entre los modelos aproximados y de solución se debe considerar con prioridad los métodos exactos como se puede ver en la tabla N°10 que es de 1,904 el factor de seguridad aplicando el método de solución Morgenstern & Price.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Es indispensable que se lleve a cabo una intervención en el talud para disminuir los contratiempos que a ocasionado los deslizamientos del talud, a fin de que no exista incomodidad a los usuarios de la vía.
- Con el fin de evacuar las aguas lluvias y evitar el daño del talud es necesario la construcción de cunetas de coronación en el escarpe del talud.
- Según el estudio de suelos determinar una pendiente de talud adecuada para el tipo de suelo que pertenece el talud de estudio empleando bermas y revestimientos.
- Estimular la siembra de especies vegetales nativas en las paredes de los taludes que deben ser protegido con arbustos, hierba o árboles originarios de la zona, que serán sembrados mediante un proceso técnico, que implica un estudio de mitigación ambiental y un plan de manejo ambiental.
- Emplear un talud de corte necesario para su estabilización utilizando una inclinación 0.75H: 1.00V para que el factor de seguridad aumente.
- Dentro de los modelos más exactos se debe considerar el método de Fellenius, Bishop y Morgenstern & Price puesto que estos dos métodos son los de mayor aplicación y con resultados exactos.

## **CAPÍTULO 6**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS.**

Para el desarrollo de la investigación se eligió la carretera Latacunga–La Maná. Por su peculiar topografía montañosa y donde continuamente se presentan deslizamientos de laderas y derrumbes en taludes de la carretera.

En el Anexo 3, se presenta los planos de ubicación nacional, regional y geológico de la carretera aplicada.

#### **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.**

La zona donde se ubica la carretera para la que se trata de generalizar el presente estudio, tiene una topografía irregular donde son frecuentes los deslizamientos de taludes de corte, provocando el riesgo de accidentes y los incrementos de operación vehicular por la pérdida de tiempo y daños en los vehículos.

Hasta la presente fecha la única solución ha sido limpiar los continuos derrumbes que se producen a lo largo de la vía, sin ir al origen del problema, como es proteger los taludes para evitar los deslizamientos.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas Cotopaxi (MTOPE), por ley para todo el Ecuador, tiene la obligación de conservar y mantener las vías de su jurisdicción en buen estado y sobre todo que sean transitables. Sin embargo el análisis y la alternativa para estabilizar los taludes es una cuestión técnica que requiere la

contratación de estudios específicos que con el presente trabajo se trata de cumplir.

Con tal propósito se ha seleccionado un talud representativo de la carretera Latacunga - La Maná en el Km. 30+140.

En la carretera Latacunga - La Maná existen estudios de Ingeniería ejecutados para el MTOP de Cotopaxi por la Consultora Irigoyen y Asociados Cía. Ltda. en el año 2010, cuando gran parte del área eran terrenos baldíos y actualmente la agricultura y asentamientos humanos han cambiado la concepción original del estudio.

Viendo la necesidad de una estabilización de taludes se plantea un tema aplicando un factor de seguridad estable para el mismo.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

Como se puede observar en las fotografías presentadas, los deslizamientos producidos en el Km. 30+170 son constantes y sobre todo la expectativa de los usuarios que transitan diariamente a lo largo de la vía.

No se han producido hechos mayores que lamentar en cuanto a pérdidas humanas, pero sí deterioro a vehículos y atrasos a su lugar de destino, daños de productos agrícolas e incremento en el transporte. Actualmente existen estudios e investigaciones técnicas que proporcionan métodos y medios para optimizar la estabilización de taludes en cualquier tipo de terreno y clima.

Los estudios sobre esta carretera en la práctica se demuestra que es necesario actualizarlos para así poder tener un adecuado factor de seguridad en los taludes como una medida correctiva ante el mismo.

Básicamente, se ha propuesto una geometría del talud utilizando el método computarizado GEO\_SLOPE para el cálculo del factor de seguridad del talud del Km. 30+170, cuyo reporte se presenta en el Anexo N° 6.

En este sentido la beneficiaria es la población del sector Cruz Blanca- La Maná para lo cual deben responsabilizarse las instituciones que tienen en su cargo la construcción y mantenimiento de carreteras, el costo de mantenimiento puede extenderse más que la estabilización definitiva de taludes.

El modelo propuesto puede utilizarse en vías de clima y características similares al realizado.

La estabilización de taludes empleando la tecnología, métodos de cálculo propicios y materiales adecuados que garantizarán una carretera libre de deslizamientos, reducirá porcentualmente los accidentes de tránsito, el tiempo de viaje que incrementa los costos de operación y retrasa el desarrollo de las actividades humanas abriendo una ruta confortable económica y segura.

Al no existir vías alternas cercanas a los ejes viales de la zona, se ha producido pérdidas de productos agrícolas debido a la interrupción de las vías por los deslizamientos. Todos estos factores obligan a la implementación del método propuesto, los cuales se han basado en la consulta de investigaciones existentes a nivel nacional e internacional.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 Objetivo general**

- Desarrollar el cálculo del factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.

### **6.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar un método de estabilización apropiado para el talud de la carretera.
- Identificar la zona de inestabilidad más común que se produce en la carretera.
- Obtener muestras alteradas e inalteradas para someterlas a ensayos de laboratorio con el fin de determinar sus características físicas y mecánicas.
- Recomendar el modelo de estabilización de taludes acorde a las características topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales del talud en estudio, para disminuir los accidentes de tránsito y costos de operación vehicular.

### **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Es aplicable la propuesta en base a las siguientes consideraciones:

- En el área a la cual se aplica el modelo se encuentran claramente diferenciadas dos caracterizaciones geotécnicas: corte en suelo y corte enroca meteorizada para los cuales se emplean las dos alternativas propuestas.
- Se obtendrán los resultados esperados empleando el modelo a través de una política de vialidad con participación de las autoridades del tramo y la población que se beneficie de este proyecto.

### **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

#### **6.6.1 Investigaciones preliminares**

Es imprescindible la recopilación de información a través del análisis de planos, fotografías aéreas, informes, etc., previo al reconocimiento del terreno. Este

recorrido sirvió de base para la puntualización de pruebas de campo y selección del tramo o sitio específico del estudio.

### **6.6.2 Taludes de montaña**

Una vía proyectada sobre una topografía montañosa inevitablemente tendrá taludes de corte y relleno.

Estos taludes se diseñarán considerando las características geotécnicas de los suelos y la geometría de la vía.

En montaña el tipo de suelo es un factor determinante en el costo de la construcción por lo que es importante disponer de la mayor información del terreno y características climáticas que permitan diseñar taludes y métodos de estabilización que represente la mayor garantía con la menor inversión.

En este caso el 95% de la vía se construyó en terreno montañoso.

### **6.6.3 Caracterización geológica**

Tomando en cuenta el estudio geológico realizado por la Consultora Irigoyen y Asociados Cía. Ltda. se resumen las características geológicas del área por donde atraviesa la vía.

Se presentan coluviones, limos arenosos color gris o amarillo, cenizas volcánicas, granito meteorizado, con presencia de cantos y bloques graníticos, y localmente gravas.

- Relleno: Grava arenosa con limo
- Aluvión: Cantos y bloques con gravas y arenas
- Lahar: Grava arenosa con cantos y bloques.

- Granodiorita: De color gris claro, de moderado a severamente meteorizado, rocablanda a dura, discontinuidades de calidad regular.

#### **6.6.4 Caracterización geotécnica**

La capa de cobertura está constituida por limo color café oscuro, no plástico, muy húmedo, su espesor varía de 1 a 3 metros, se considera la capa de tierra vegetal.

Los limos arenosos subyacentes son de color café amarillento, de no plástico y medianamente compactos. Bajo estas capas se detecta roca intrusiva tipo granodiorita con una resistencia a la compresión igual a 637 Kg/cm<sup>2</sup>, fracturada y meteorizada.

Este tipo de suelo es sensible al agua y a la humedad, volviéndose inestable, lo cual provoca deslizamientos si no tienen la geometría correcta o una protección adecuada.

Gráfico N° 37: Talud Km 30+140



Fuente: Sandra Rojas

### **6.6.5 Tipos de movimientos**

Según el tipo de movimiento que se produce en los taludes de esta carretera se adoptó la metodología para su estabilización.

#### **6.6.5.1 Desprendimientos**

Son las masas o los bloques aislados que se separan de un talud o ladera formando una superficie de corte normalmente pequeña. Si los desprendimientos son de roca puede producirse una catástrofe no obstante en suelos arcillosos.

#### **6.6.5.2 Deslizamientos**

Estos movimientos se producen cuando el suelo pierde su resistencia al corte y se desplaza a lo largo de una superficie o varias a través de una franja estrecha. Estos movimientos se los puede clasificar en varios tipos:

**Rotacionales:** se producen a lo largo de una superficie interna generalmente circularo cóncava. La velocidad de estos movimientos varía de lenta a moderada según la inclinación de la superficie de rotura.

**Traslacionales:** la masa del suelo se desplaza hacia fuera y abajo a lo largo de una superficie plana y ondulada con pequeños movimientos de rotación. Generalmente se desarrollan en macizos rocosos y se caracterizan por la gran masa que desplazan.

### **6.6.6 Observaciones de campo**

De las observaciones hechas en la vía estudiada y carreteras de la zona se deduce que se trata de movimientos rotacionales de gran volumen y desprendimientos de bloques de roca fisurada de diferente diámetro (0.01m. a 0.08 m.) acompañada de suelos arcillosos como se puede observar en las fotos presentadas.

Gráfico N° 38: Deslizamiento de material



Fuente: Sandra Rojas

Gráfico N° 39: Grietas de desprendimiento del talud



Fuente: Sandra Rojas

Se han observado grietas en las cabeceras de taludes o laderas, planos inclinados y lisos, rocosos fracturados y meteorizados, cuñas caídas y deslizadas, hundimientos y grietas de tracción. En determinados sitios se observa flujos o avalanchas y reptaciones de suelo blando, laderas con escarpes, escalonadas y agrietados, arbustos inclinados a favor de la pendiente.

### **6.6.7 Efectos en las obras de ingeniería civil**

Al romperse el equilibrio entre las fuerzas actuantes y resistentes en una ladera o talud por efecto del agua, las variaciones de temperatura, desalojo de la capa vegetal o una excavación descontrolada se generan problemas geotécnicos como los mencionados anteriormente.

Estos fenómenos conllevan a la obstrucción y deterioro de carreteras, daños en instalaciones eléctricas, agua potable, alcantarillado, viviendas y lo que es peor causar la pérdida de vidas humanas.

Un fenómeno que produce iguales o peores consecuencias en este tipo de suelos son los sismos ya que aceleran o reactivan fallas y grietas, provocando deslizamientos. Durante un sismo se aumenta la presión de poros y se genera esfuerzos desestabilizantes que pueden romper los enlaces entre partículas y consecuentemente producir el colapso de la estructura.

### **6.6.8 Modelo de estabilización en taludes**

El modelo más común para la estabilización en taludes es un diseño adecuado de la geometría del talud, sin embargo los suelos en su mayoría son anisótropos y no es suficiente este diseño para evitar deslizamientos, por lo que adicionalmente al diseño del talud se presentan alternativas de estabilización de taludes.

### **6.6.8.1 Geometría de taludes**

El análisis matemático desarrollado para obtener la geometría que estabiliza el talud en el sector de Cruz Blanca (Km. 30+140) vía Latacunga – La Maná proporciona las medidas en dos dimensiones y se presentan en el Anexo 2.

### **6.6.8.2 Estabilización de taludes con mallas metálicas y anclajes**

La malla eslabonada que se menciona en esta tesis es una membrana compuesta por una malla de alambre de acero de alto límite elástico y que ha dado buenos resultados en la estabilización de macizos rocosos o conglomerados.

Estas mallas pueden estar reforzadas por cables de acero de hasta 2 cm. de diámetro y espaciadas de 2 a 5m.

La secuencia de instalación cuando la altura del talud es mayor a 30 m., se la realiza por bancas sucesivas desde la coronación hasta el pie, luego se realiza las perforaciones para anclajes utilizando un trackdrill, este proceso se lo hace cuando la construcción es nueva. Se coloca el anclaje, se inyecta el mortero y finalmente se suelda el anclaje con la malla. La malla eslabonada se utiliza en muchas pruebas e investigaciones sobre su funcionamiento y caracterización de la misma.

El diseño de las retículas para colocar los anclajes, longitud y diámetro de estos, así como la metodología detallada de instalación y mantenimiento requiere de un diseño especial. Para efecto de la estabilización del talud del Km. 30+140 se reportan las dimensiones tomadas de un diseño similar realizado por la Consultora Irigoyen y Asociados Cía. Ltda., para la estabilización del talud del Colector Ñaquito.

Gráfico N° 40: Malla eslabonada anclada al talud



Fuente: Sandra Rojas

**Características técnicas de la malla Tecco G-65:**

a) Geometría de la malla:

Malla de simple torsión

Malla eslabonada romboidal

Dimensiones de cada rombo 57.15 x 57.15mm. (+- 2%).

Superficie de cada rombo 114.20 mm<sup>2</sup>.

Número de vueltas para empotramiento en la dirección horizontal, 15 espiras / m.

Número de mallas en la dirección vertical, 6 mallas / m.

b) Características del alambre:

Diámetro 4 y 5mm.

Resistencia nominal 1880/3030 N/mm<sup>2</sup>.

Acero de alto límite plástico.

Protección anti-corrosión Superloatin.

Anclas cortas para suelo o para roca

Se pueden usar todos los anclajes cortos comerciales tales como GEWI 25, 28 y 32 o TITAN 30/11.

Adicionalmente a lo planteado se evitará la infiltración de agua con la construcción de cunetas de coronación, encauzamientos y drenes.

## **6.7 METODOLOGÍA – MÉTODO OPERATIVO**

La metodología del plan orientada a identificar y evaluar el problema en la ejecución de taludes se ajusta a los objetivos de esta tesis, sin embargo la limitación económica que se emplean estudios de ingeniería poco profundos afecta la obtención de resultados y procedimientos que necesitan ser corregidos en los procesos de ejecución de los taludes. Para la identificación correcta del problema deben ser partícipes los actores directos que se sienten afectados por el mal estado de las vías que generan accidentes y conllevan el incremento en los costos de operación vehicular y pérdidas de productos por la incapacidad de transportarlos oportunamente a los centros de consumo.

Una óptima estabilización de taludes minimizará estos problemas.

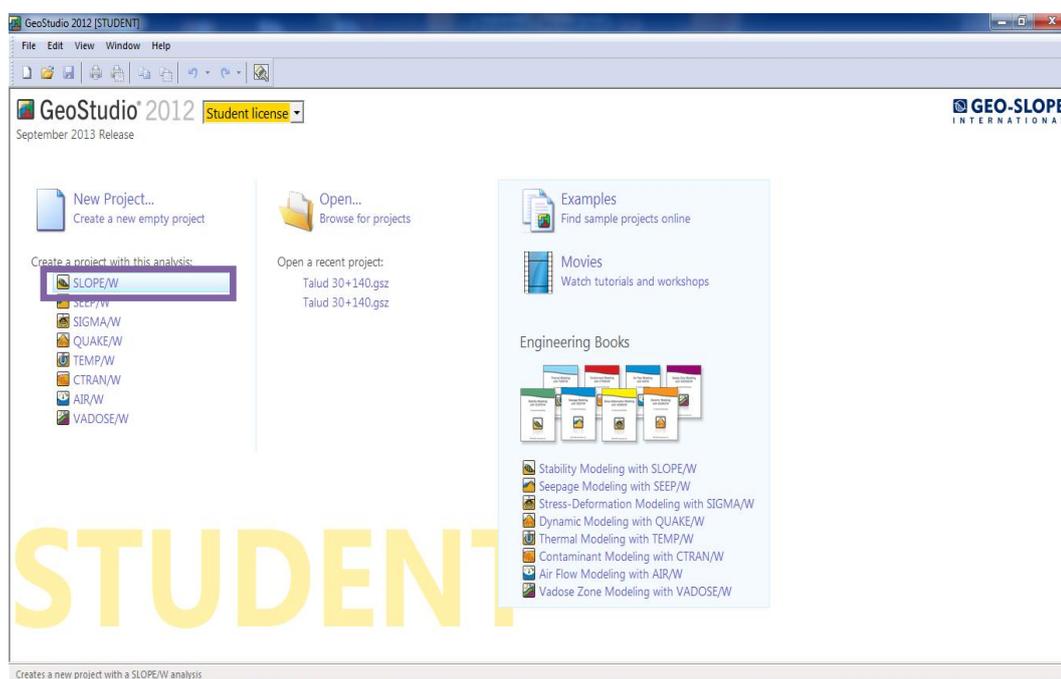
<b>Fases</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>	<b>Recursos</b>	<b>Tiempo</b>
<b>Recolección de Información</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuestas realizadas a diferentes moradores del sector y personas que circulan por la vía con frecuencia.</li> <li>• Fichas de campo para la recolección de datos claves para el estudio del talud.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadora</li> <li>• Tutora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Material de apoyo</li> <li>• Fichas de campo</li> </ul>	Diciembre 2013
<b>Planificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cronograma</li> <li>• Socialización de la propuesta de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadora</li> <li>• Tutora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarrón</li> <li>• Cartel y marcadores</li> <li>• Fichas Técnicas</li> </ul>	Marzo 2014
<b>Ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayos de campo y laboratorio para la obtención de datos.</li> <li>• Aplicación de los resultados de laboratorio en la ejecución de la solución al problema planteado.</li> <li>• Desarrollo final utilizando las medidas emergentes para el proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadora</li> <li>• Tutora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de muestras</li> <li>• Materiales de laboratorio</li> <li>• Resultados de ensayos de laboratorio</li> </ul>	Junio 2014
<b>Evaluación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación del trabajo desarrollado.</li> <li>• Informes de actividades.</li> <li>• Informes periódicos de avance y resultados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadora</li> <li>• Tutora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formatos para realización de informes</li> <li>• Impresión del trabajo final ejecutado</li> </ul>	Diciembre 2014

Fuente: Sandra Rojas

## 6.8 APLICACIÓN DEL PROGRAMA GEOSTUDIO 2012 PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

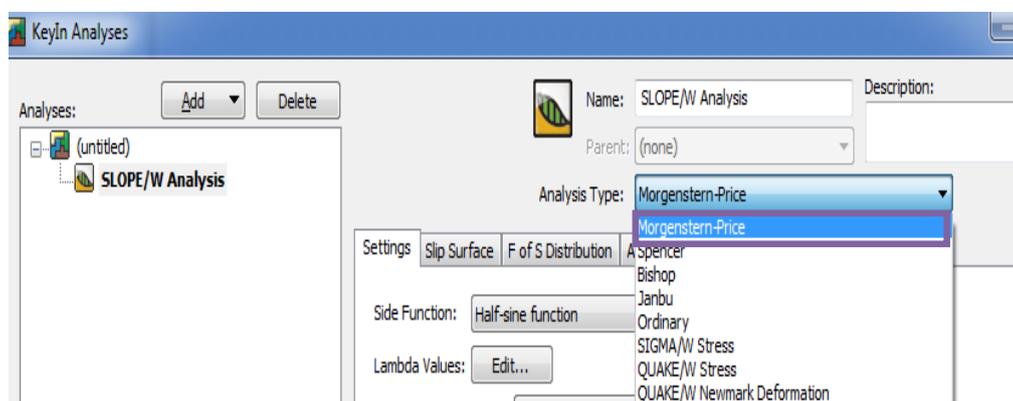
Abrir el programa Geostudio 2012.

Se escoge la versión estudiante para poder acceder a **Slope/W** que es básicamente donde se ejecuta el factor de seguridad.

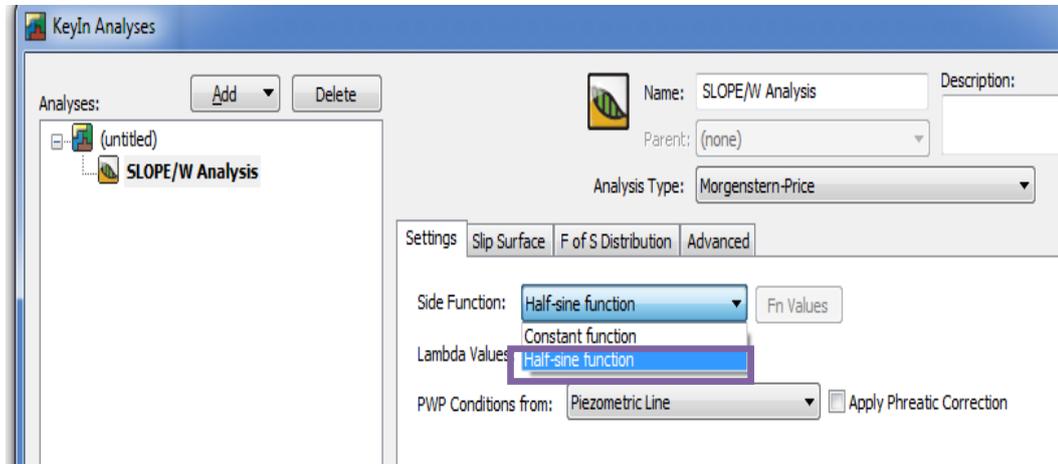


Aparece una ventana de arranque donde se deben definir los parámetros del modelo de cálculo.

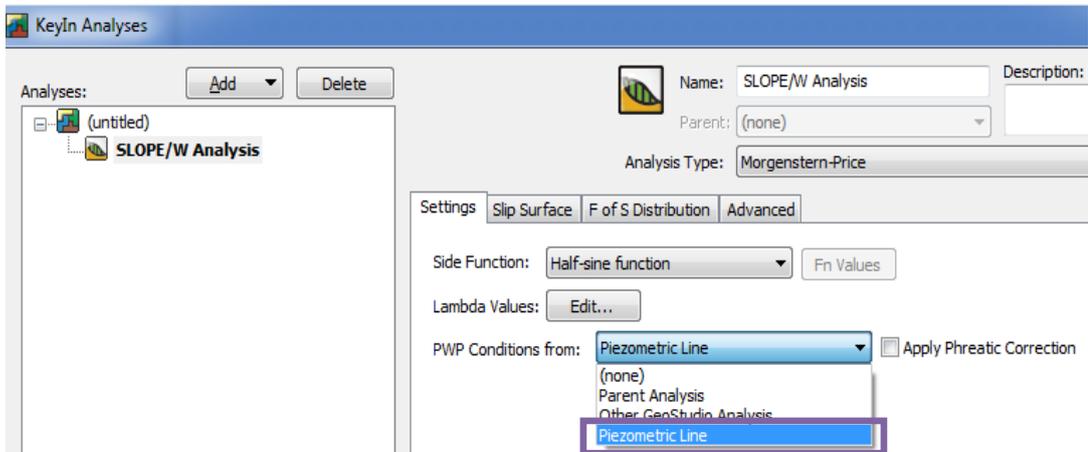
Primero se escoge el modelo de cálculo que será aplicado.



Se aparece la función **Side Function** donde básicamente se trata del análisis que se realizará sobre el modelo determinado.



**Piezometric Line.**- Se define la línea piezométrica a utilizar en la sección que se va a calcular.



En la opción **Slip Surface** se puede seleccionar: el sentido de desarrollo de los círculos de rotura (izquierda - derecha o derecha - izquierda), según sea este definida la geometría del talud.

Se pueden definir las superficies de deslizamiento en este caso se puede elegir Grid and Radius, donde se definen centros de círculos de rotura y radios. **Entry and Exit**, donde se definen las zonas de entrada y salida de círculos de rotura, así como los ángulos de tangencia de los círculos de rotura.

Además se puede seleccionar la opción de optimización de la localización de la superficie de deslizamiento crítico.

The screenshot displays the 'SLOPE/W Analysis' software interface. At the top, there is a header bar with a blue gradient. Below it, a toolbar contains a small icon of a slope. The main window is divided into several sections:

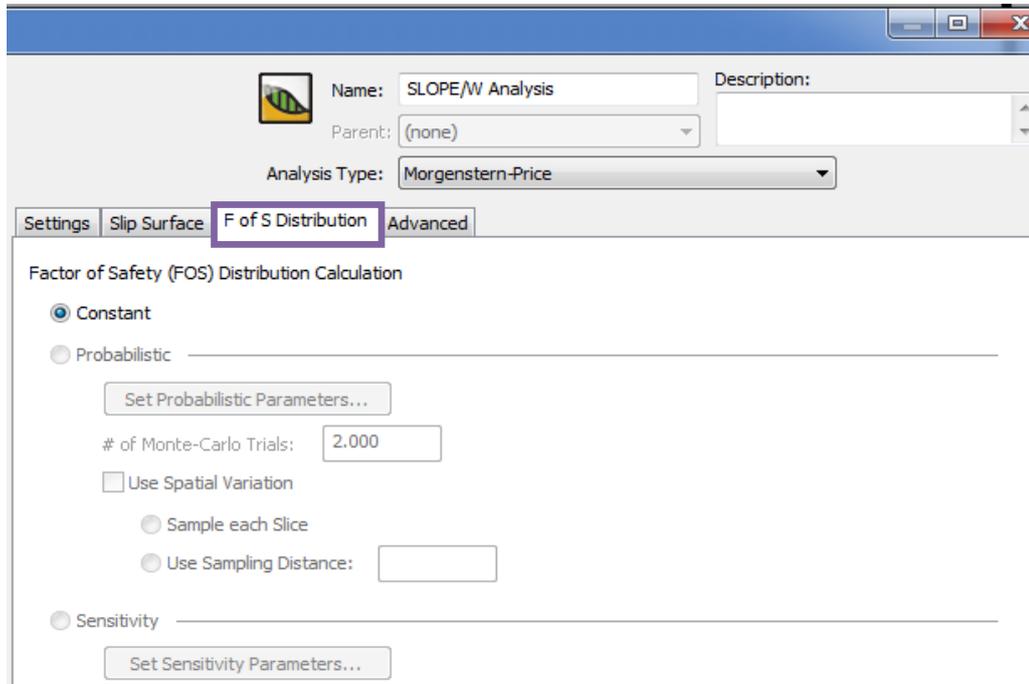
- Name:** SLOPE/W Analysis
- Description:** (empty text box)
- Parent:** (none)
- Analysis Type:** Morgenstern-Price

The 'Slip Surface' tab is selected and highlighted with a purple border. Below the tabs, the 'Direction of movement' section includes radio buttons for 'Left to right' (selected), 'Right to left', and a checkbox for 'Use passive mode'. The 'Slip Surface Option' section includes radio buttons for 'Entry and Exit' (selected), 'Grid and Radius', 'Block Specified', 'Fully Specified', and 'Critical Slip Surfaces from:'. There are also checkboxes for 'Specify radius tangent lines' and 'Optimize critical slip surface location'. A text box for 'No. of critical slip surfaces to store:' contains the value '1'. The 'Tension Crack Option' section includes radio buttons for 'No tension crack' (selected), 'Tension crack angle: 0°', and 'Tension crack line'. A 'Water in Tension Crack' sub-section contains a checkbox and two text boxes: 'Filled with water (0 to 1): 0' and 'Unit weight of water: 9,807 kN/m³'.

En la opción de **F of S Distribution**, se indican las opciones para la modalidad de cálculo del coeficiente de seguridad.

Se selecciona la opción que se encuentra por defecto del programa que es constante ya que las otras opciones no se encuentran disponibles en la versión Student.

Ya que en versiones abiertas se habilitan las otras opciones donde se puede añadir los bloques específicos que se desean ser ejecutados y no como en este caso todos los parámetros.



En la última pestaña tenemos varias opciones, en las que se pueden indicar criterios de convergencia del modelo:

- Numbers of slices (Número de dovelas)
- Tolerancia para métodos de cálculo iterativos.
- Grosor mínimo de las rebanadas del modelo.

En cuanto a criterios de optimización de los cálculos:

- Número máximo de iteraciones.
- Tolerancia de la convergencia entre cálculos
- Número de puntos sobre la superficie de deslizamiento.

The screenshot shows the 'SLOPE/W Analysis' software window. At the top, there is a header bar with a blue gradient. Below it, the main window has a light gray background. On the left, there is a small icon of a slope. To the right of the icon, the 'Name' field is set to 'SLOPE/W Analysis', the 'Parent' dropdown is set to '(none)', and the 'Analysis Type' dropdown is set to 'Morgenstern-Price'. A 'Description' field is also present but empty. Below this, there are four tabs: 'Settings', 'Slip Surface', 'F of S Distribution', and 'Advanced'. The 'Advanced' tab is selected and highlighted with a purple border. The 'Advanced' tab contains two sections: 'Convergence Settings' and 'Optimization Settings'. Under 'Convergence Settings', there are four input fields: 'Number of slices' (30), 'Minimum slip surface depth' (0,1 m), 'Maximum number of iterations' (100), and 'Factor of safety tolerance' (0,001). Under 'Optimization Settings', there are five input fields: 'Maximum number of iterations' (2,000), 'Convergence tolerance' (1e-007), 'Number of points on slip surface' (Starting: 8, Ending: 16), 'No. of complete passes per point insertion' (1), and 'Slip surface maximum concave angle' (Driving side: 5°, Resisting side: 1°). At the bottom right of the window, there is a 'Close' button, also highlighted with a purple border.

Name: SLOPE/W Analysis Description:

Parent: (none)

Analysis Type: Morgenstern-Price

Settings Slip Surface F of S Distribution **Advanced**

Convergence Settings:

Number of slices: 30

Minimum slip surface depth: 0,1 m

Maximum number of iterations: 100

Factor of safety tolerance: 0,001

Optimization Settings:

Maximum number of iterations: 2,000

Convergence tolerance: 1e-007

Number of points on slip surface: Starting: 8 Ending: 16

No. of complete passes per point insertion: 1

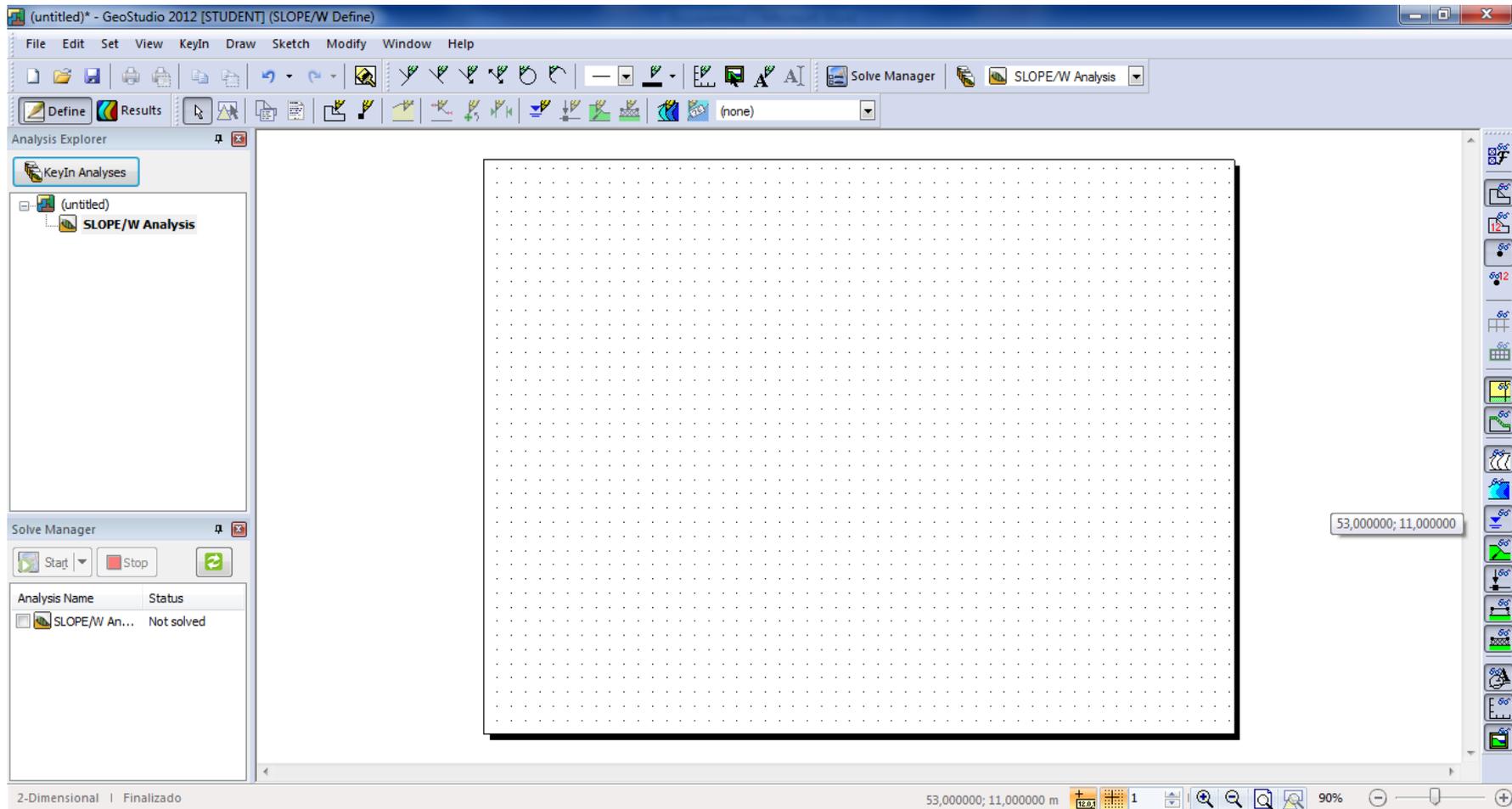
Slip surface maximum concave angle:

Driving side: 5° Resisting side: 1°

Close

Una vez definido todos los parámetros pulsamos **Close**.

Pantalla de inicios de trabajo.



El talud en estudio es un corte con tres tipos de materiales y la presencia de un nivel freático.

### Características geométricas

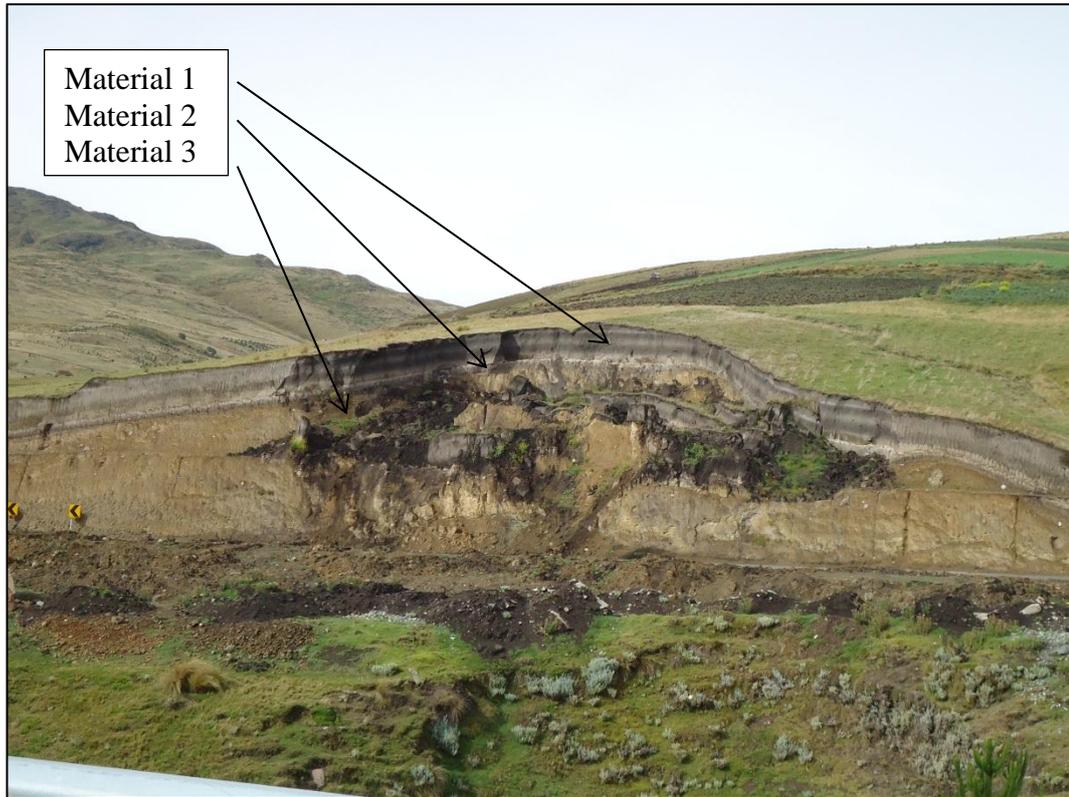
- Inclinación: 33%
- Altura máxima de 15 metros desde la base.

<b>Parámetros del terreno abscisa 30+140</b>			
<b>Parámetros resistentes</b>		<b>Parámetros físicos</b>	
Denominación	Cohesión (kPa)	$\phi$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Terreno I	21,57	13,28	10,11
Terreno II	21,57	13,28	10,14
Terreno III	21,57	13,28	10,08
			10.11

<b>Parámetros del terreno abscisa 30+170</b>			
<b>Parámetros resistentes</b>		<b>Parámetros físicos</b>	
Denominación	Cohesión (kPa)	$\phi$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Terreno I	33,34	20.52	12.75
Terreno II	33,34	20.52	12.60
Terreno III	33,34	20.52	12.50
			12.62

<b>Parámetros del terreno abscisa 30+200</b>			
<b>Parámetros resistentes</b>		<b>Parámetros físicos</b>	
Denominación	Cohesión (kPa)	$\phi$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Terreno I	44.13	27.16	10.44
Terreno II	44.13	27.16	10.47
Terreno III	44.13	27.16	10.37
			10.43

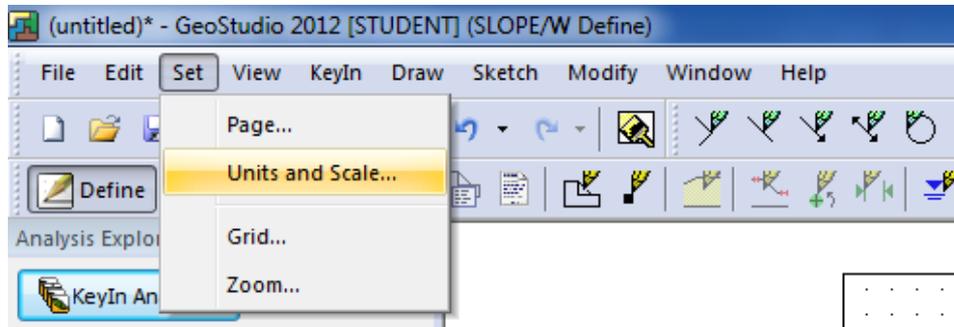
## TIPOS DE MATERIALES EN EL TALUD



Puntos de contorno		
1	0	7.30
2	0	10.40
3	0	12.20
4	19.60	12.20
5	20.20	10.40
6	21.20	7.30
7	23.60	0
8	0	0
9	-	-

## DEFINICIÓN DE LA ESCALA Y UNIDADES DE CÁLCULO

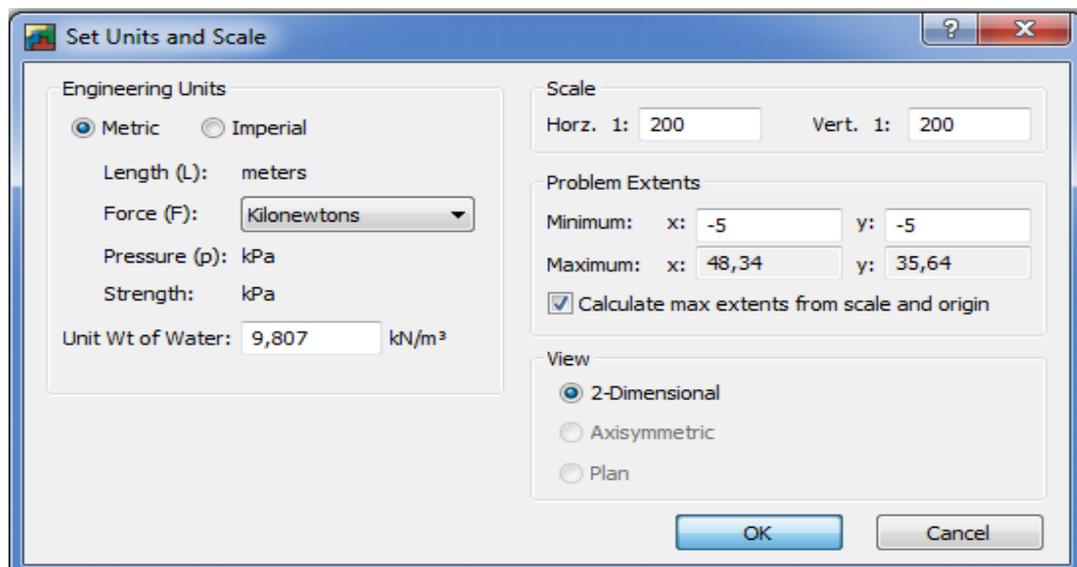
Seleccionamos **Units and Scale** en el desplegable de **Set** tal como se indica en la siguiente figura.



Cuando aparece el siguiente cuadro de diálogo se establece:

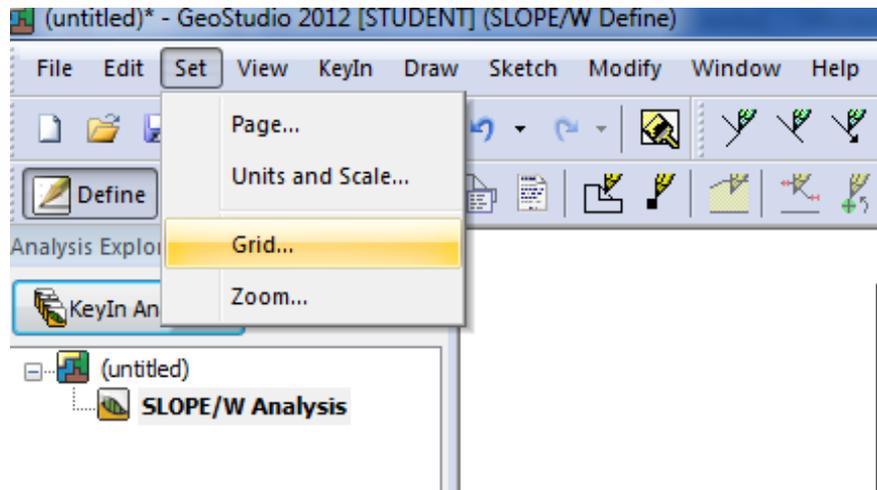
- Los límites mínimos tanto en el sentido X = -4 como en el sentido Y = -4.
- La escala horizontal cambia a 200 y la vertical a 200.
- Marcamos como Unidades de ingeniería (**Engineering Units**) **Metric**.
- Fijamos como unidades de fuerza (**Force**) KiloNewtons.
- En **View** se deja como **2-Dimensional** para tener una vista en planta.
- Las otras opciones se las puede dejar por defecto.

Verificadas las opciones y comprobando que la densidad del agua sea la correcta aceptamos con la opción **OK**.



## DEFINIR EL ESPACIADO DE LA MALLA DEL ÁREA DE TRABAJO

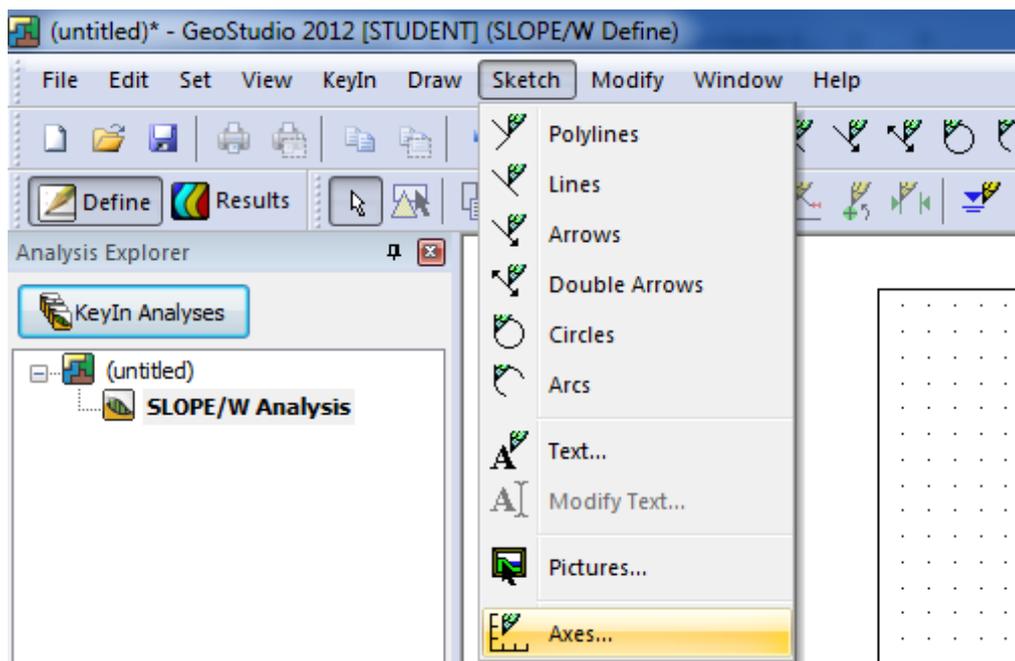
Seleccionamos **Grid** en el desplegable **Set** y tal como se indica en la siguiente figura:



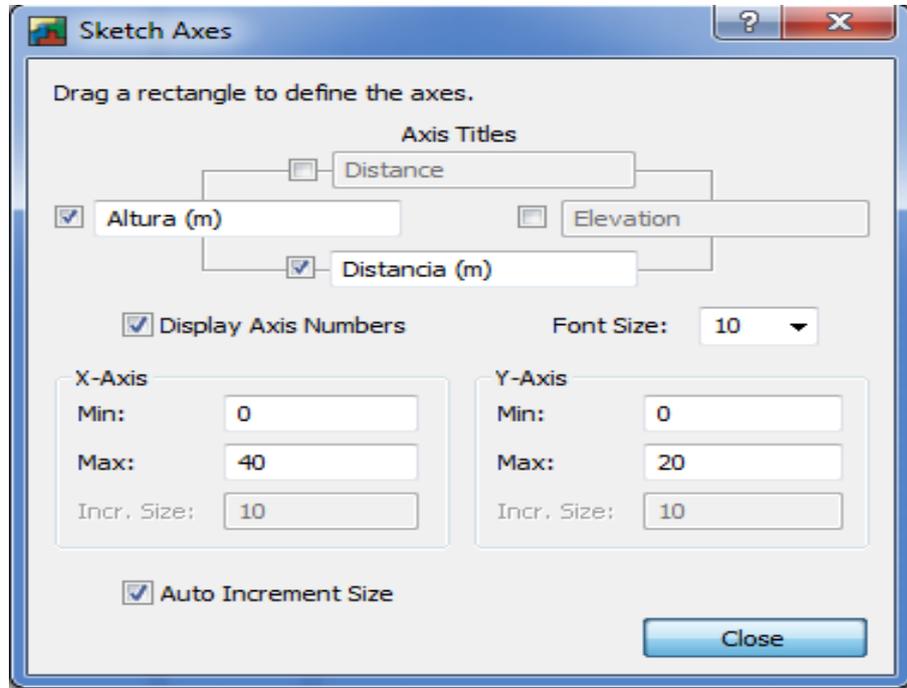
Y aparecerá visualizada la grilla o malla de trabajo.

## DEFINIR LOS EJES DEL BOCETO

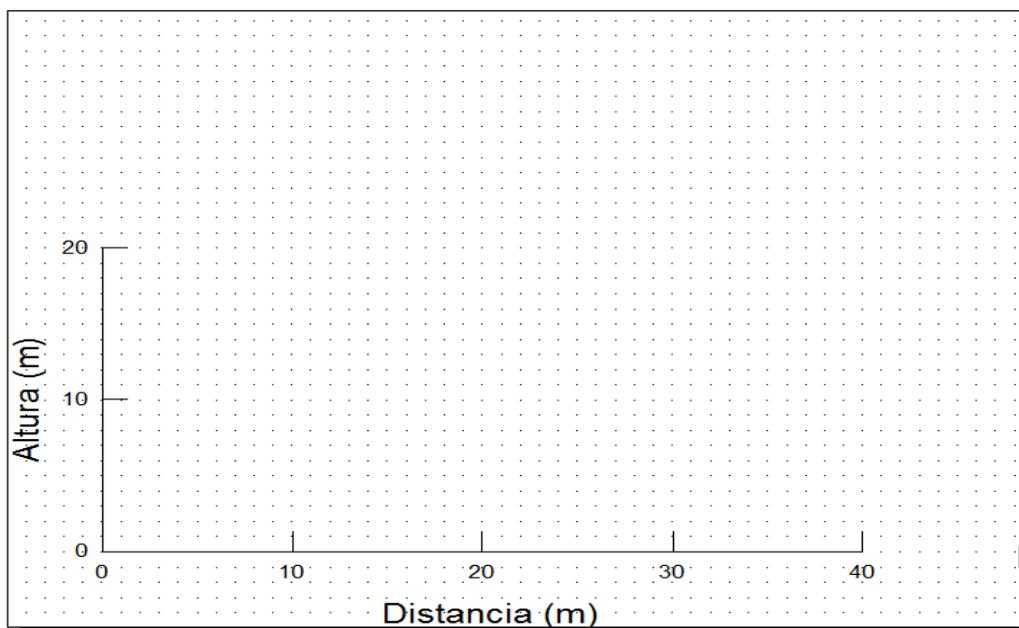
Seleccionamos **Axes** en el desplegable **Sketch**.



En el cuadro que aparece se selecciona el sentido en el que desea que vaya la leyenda y distancias a las que lleguen los ejes.

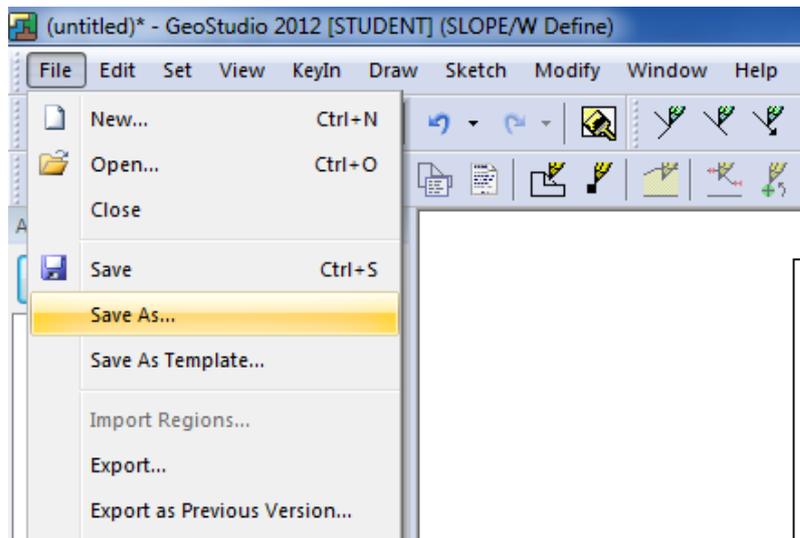


Una vez que se acepte los parámetros la pantalla quedara definida con los ejes del modelo como muestra en la figura:



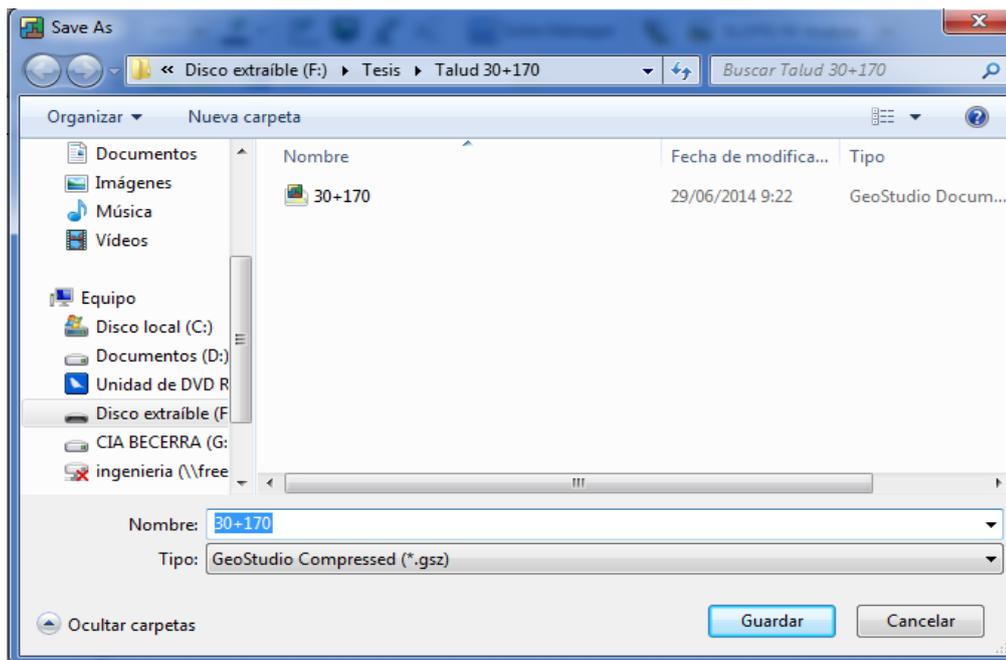
## GUARDAR EL ARCHIVO DEL TALUD

Para grabar el problema seleccionamos **Save As** en el menú desplegable **File** como vemos a continuación.



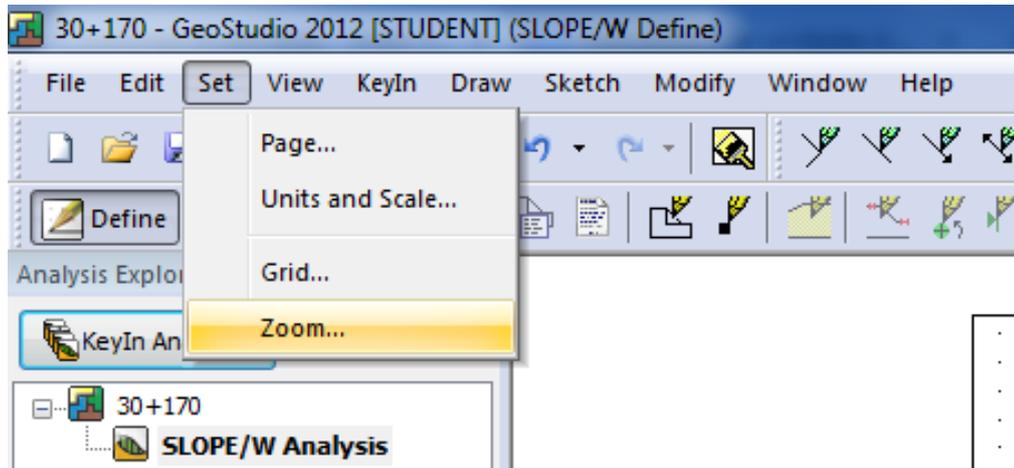
Cuando aparezca el cuadro de dialogo siguiente:

Seleccionamos la carpeta y asignamos el nombre con el cual se ejecutara.

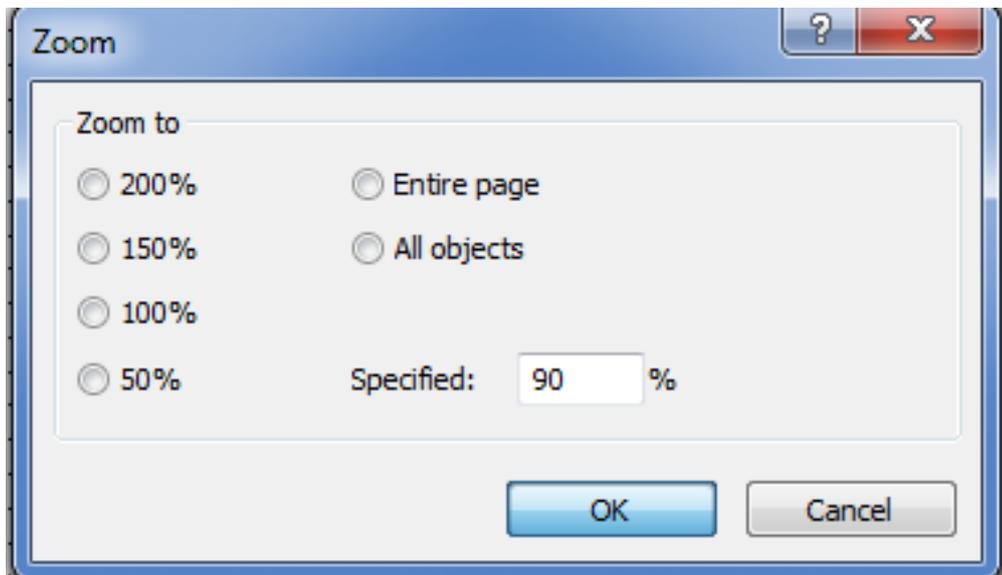


## REALIZAR UN ZOOM

Para realizar un zoom sobre el trabajo realizado se debe seleccionar **Zoom** en el desplegable **Set**.

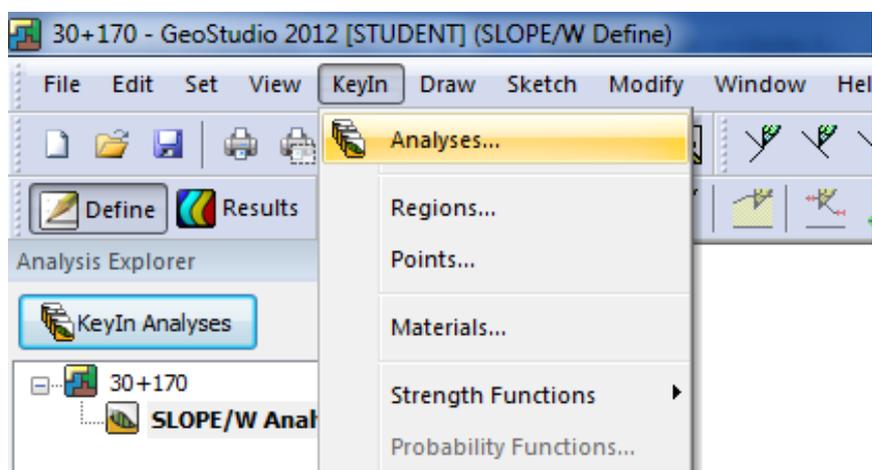


En el cuadro que aparece aplicar el nivel del zoom con el cual se desea visualizarlo y aplicarlo OK.

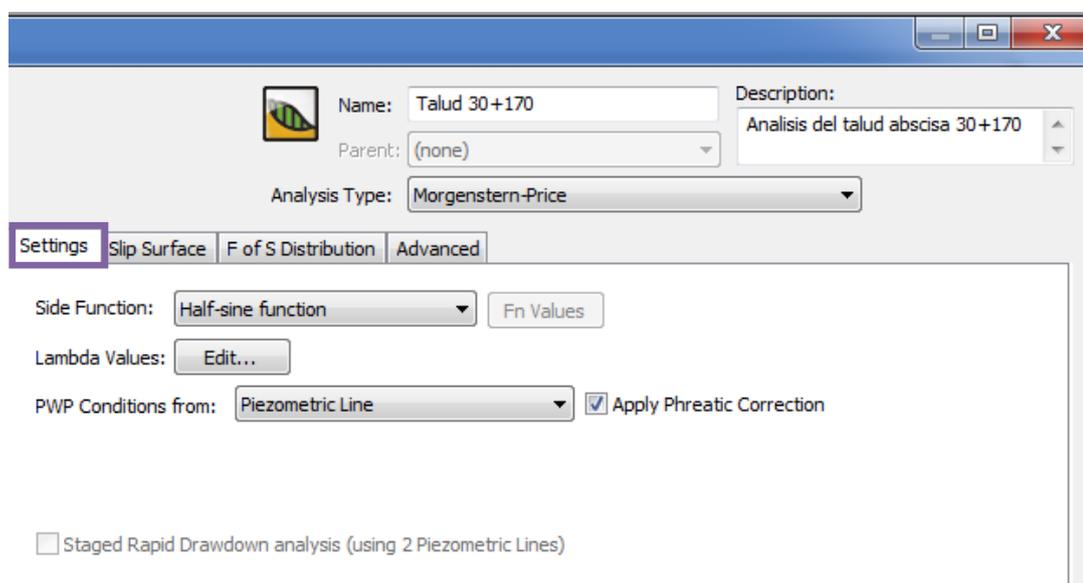


## IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Seleccionar el menú desplegable **KeyIn** y escoger **Analyses**.



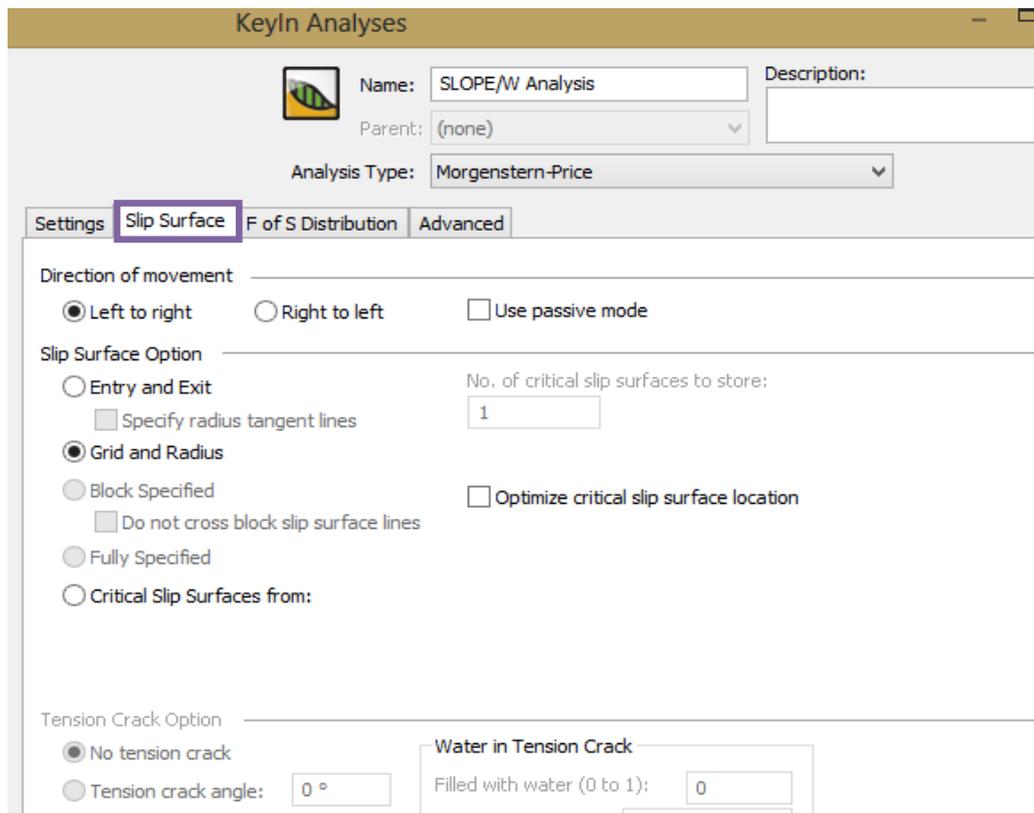
En el cuadro de diálogo que aparece se llenan los requerimientos tales como nombre con el que se identificará el análisis. Se especifica también el método de análisis con el que será analizado el talud.



Se especifica el control de análisis en la pestaña **Slip Surface** donde:

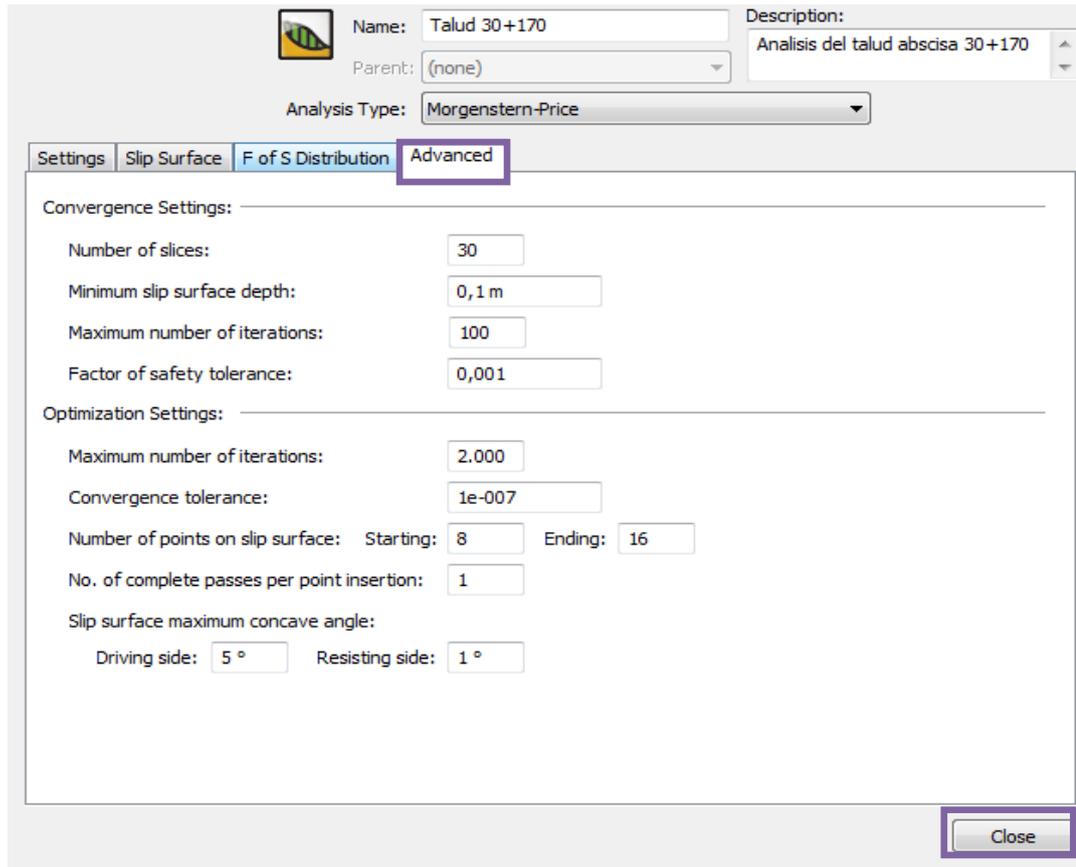
- Se marca **Left to right** ya que la rotura irá de izquierda a derecha según el modelo geométrico del talud.
- Se marca **Grid and Radius** como opción de superficie de deslizamiento.

Pulsamos **OK**, si se ha terminado.



En opciones avanzadas en la pestaña **Advanced**.

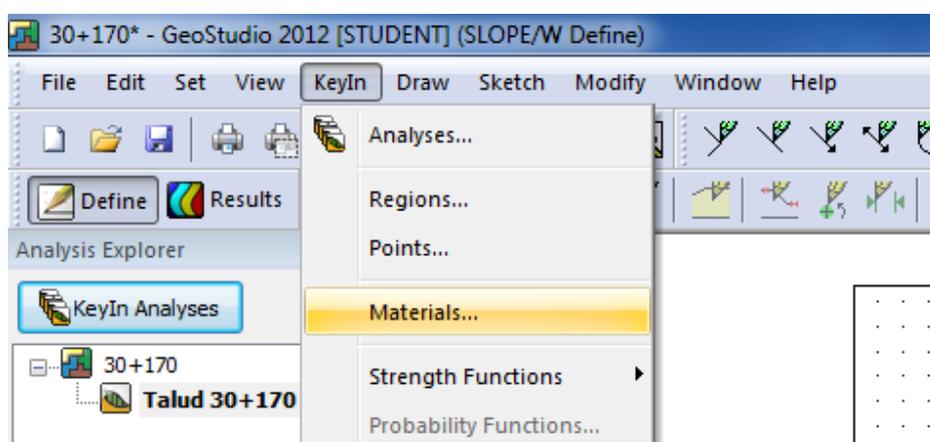
- Se coloca el valor de número de rebanadas a calcularse **number of slices**.
- Se marca la tolerancia del factor de seguridad en este caso para una mayor afinidad 0,001.
- En la zona de máximo número de iteraciones se coloca 2000 ya que es el número de repeticiones que realiza el método de cálculo.



## PROPIEDADES DE LOS SUELOS

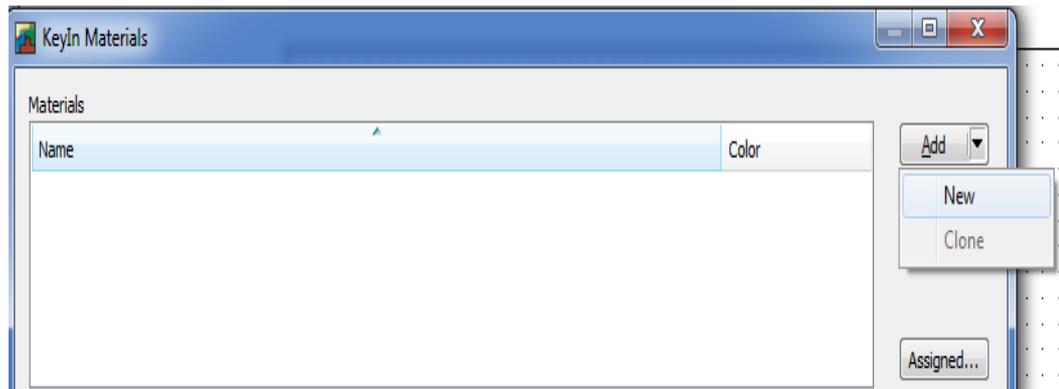
Para definir las propiedades de los suelos se toman en consideración los datos en las anteriores tablas.

En el desplegable **KeyIn** se selecciona la opción **Materials**.

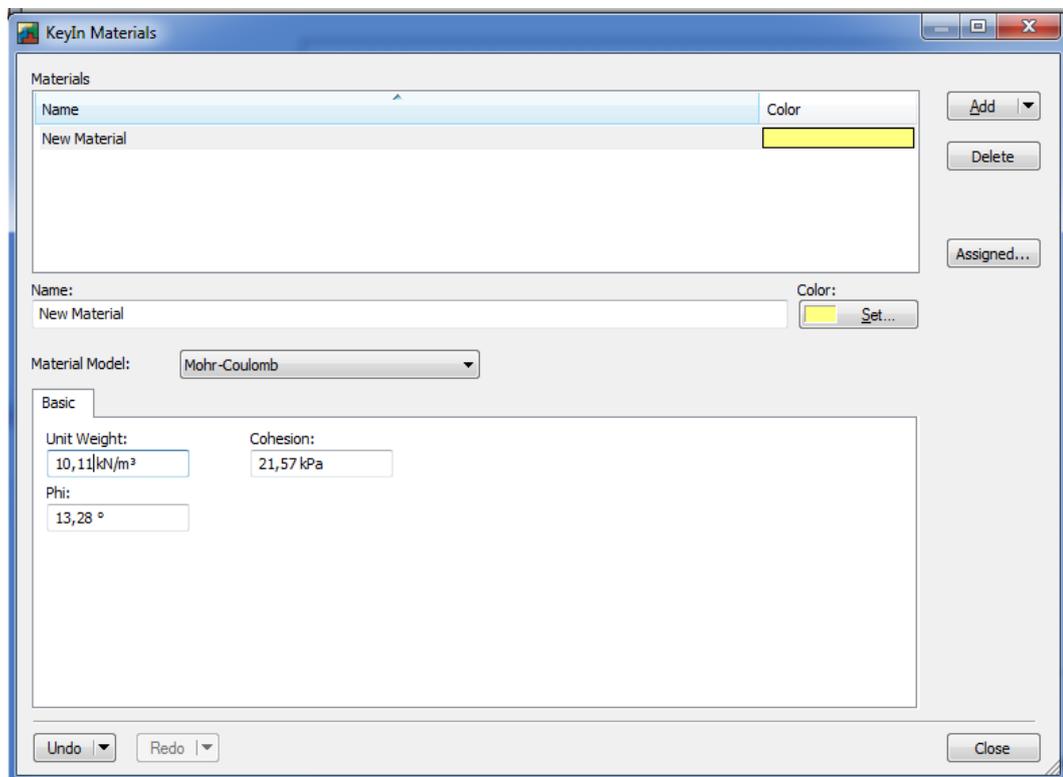


Una vez hecho clic aparecerá el siguiente cuadro de diálogo.

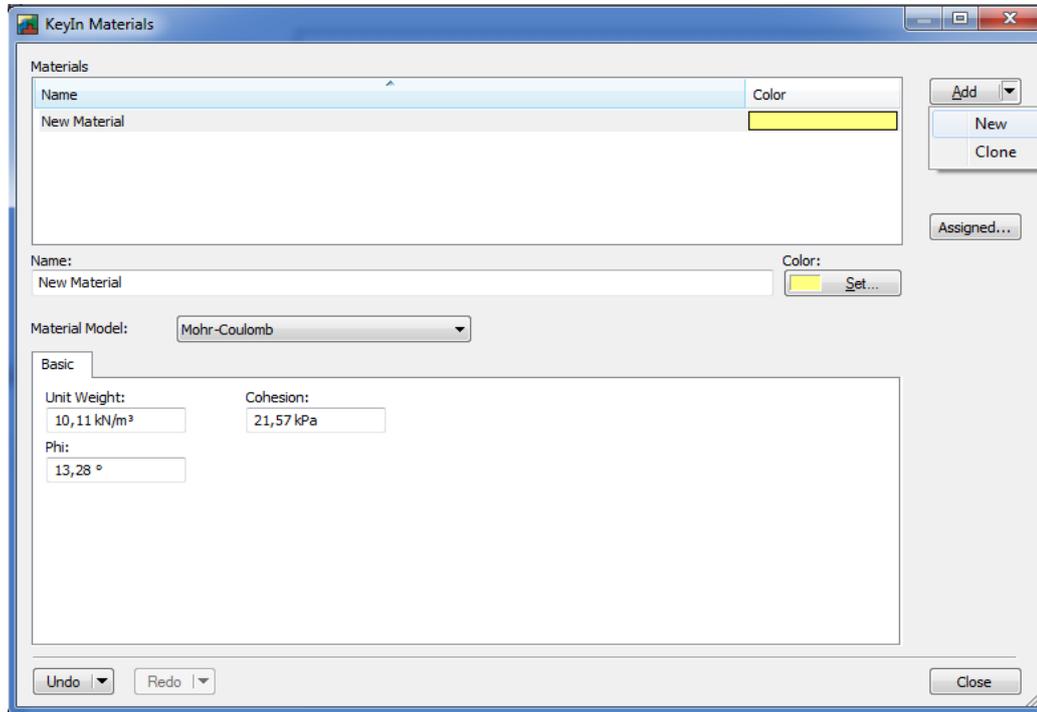
Donde en la parte derecha hay la opción Add, donde en el desplegable se escoge New para agregar un nuevo material.



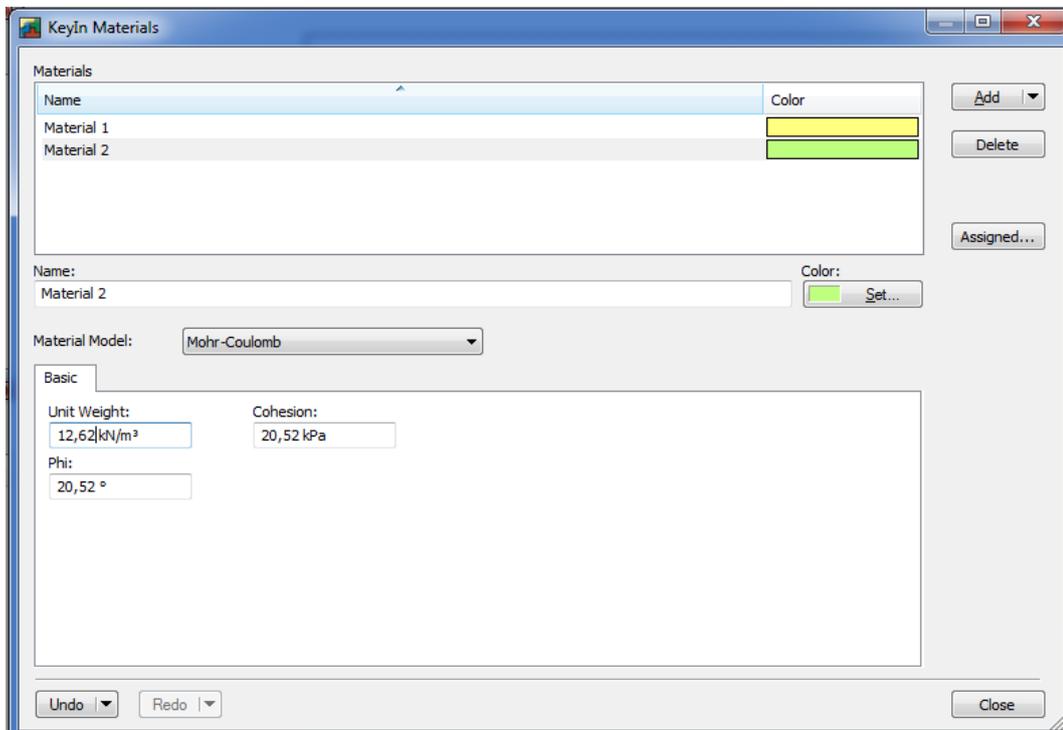
En los recuadros se ingresa unidad de peso, la cohesión y el ángulo de rozamiento.



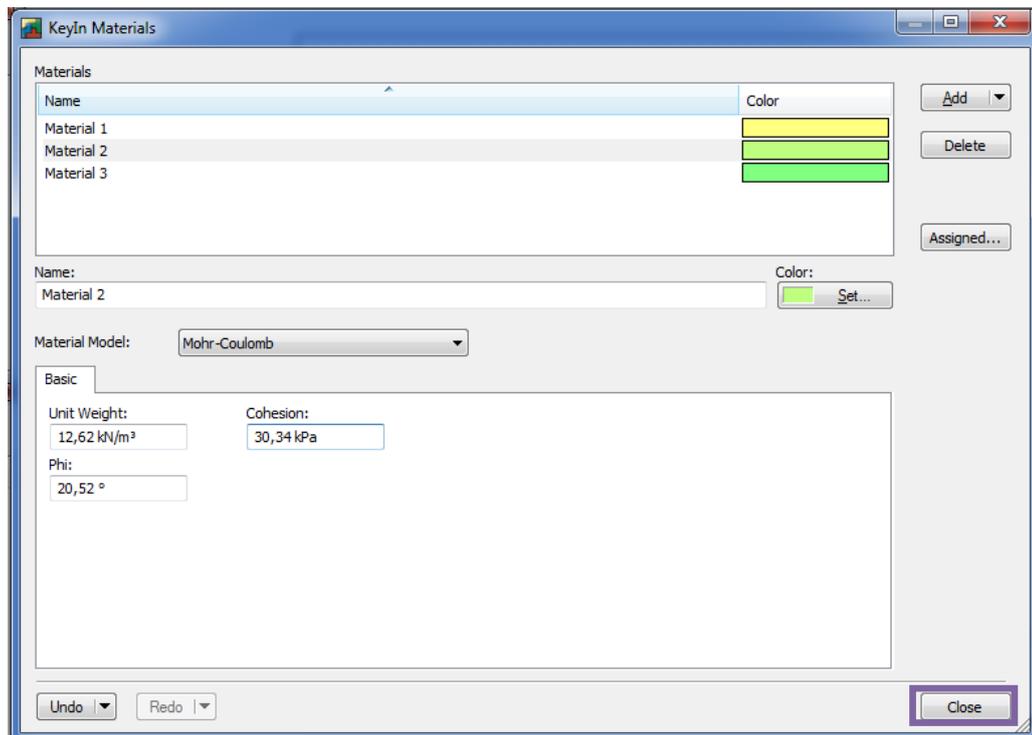
Se realiza el mismo proceso hasta ingresar todos los materiales existentes en la superficie del talud.



Se ingresa las características del segundo material.



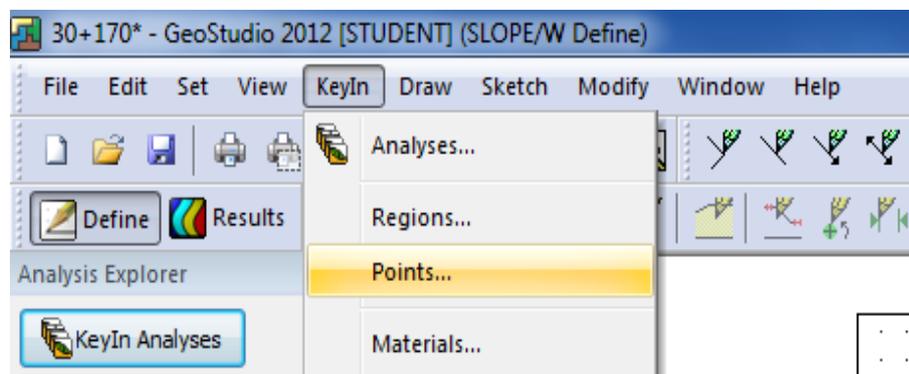
Se ingresa las características del tercer material.



Se verifica que los valores correspondientes a cada material estén colocados adecuadamente y se pulsa **Close**.

## **PUNTOS DE CONTORNO**

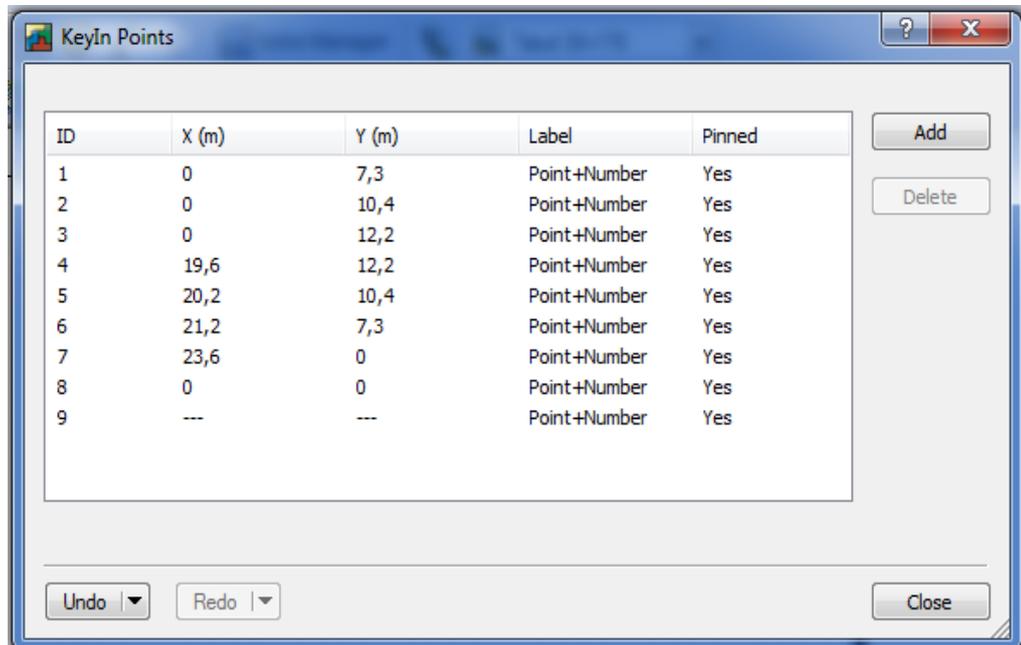
Para definir los puntos de contorno se procede a seleccionar el desplegable **KeyIn** y se escoge **Points**.



PUNTOS DE CONTORNO		
ITEM	SENTIDO X	SENTIDO Y
1	0	7,30
2	0	10,40
3	0	12,20
4	19,60	12,20
5	20,20	10,40
6	21,20	7,30
7	23,60	0
8	0	0

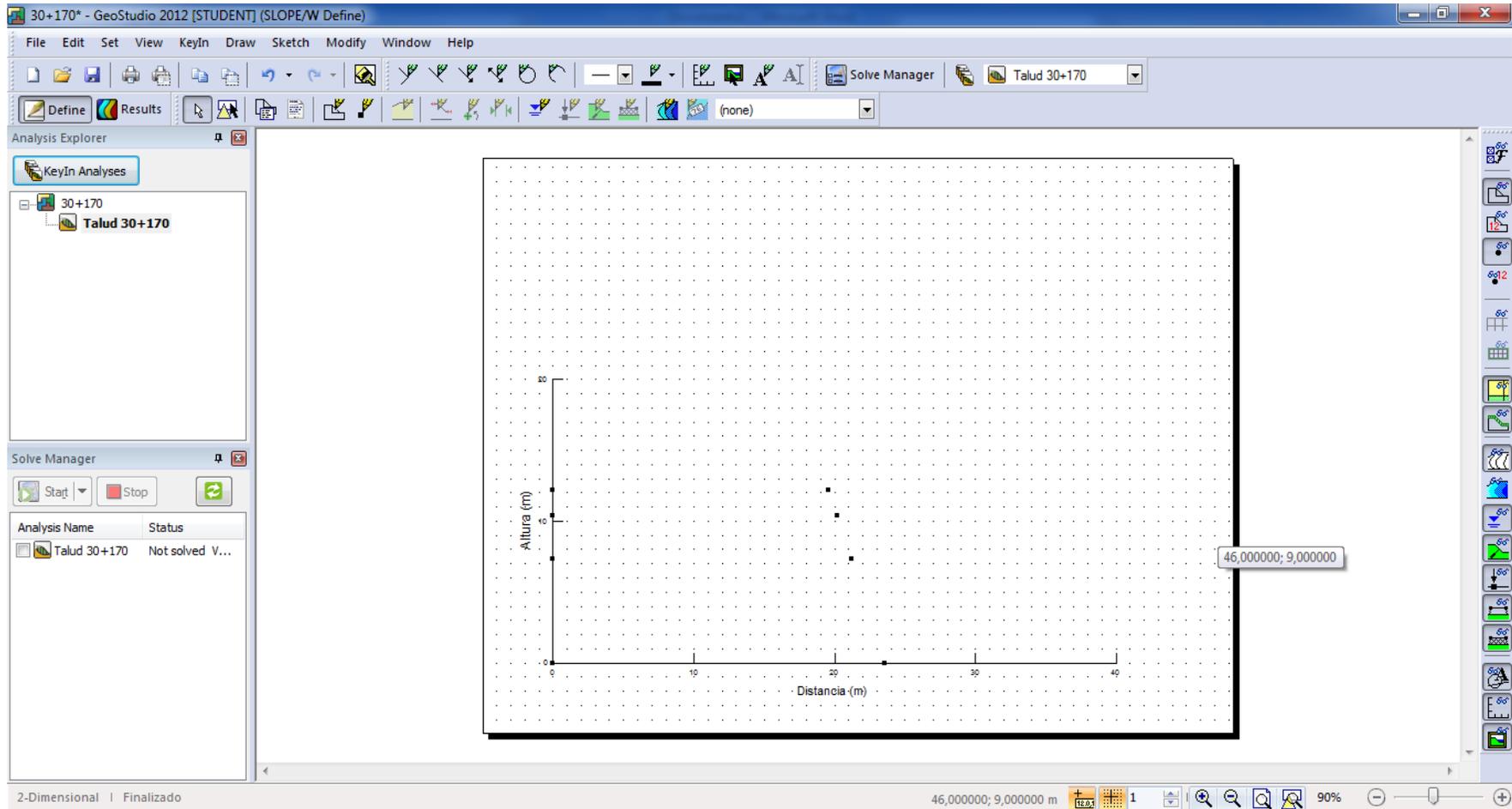
Se obtiene de la geometría medida del talud considerando las fallas o agrietamientos existentes.

En la casilla se ingresan los puntos tomados por la geometría del talud.



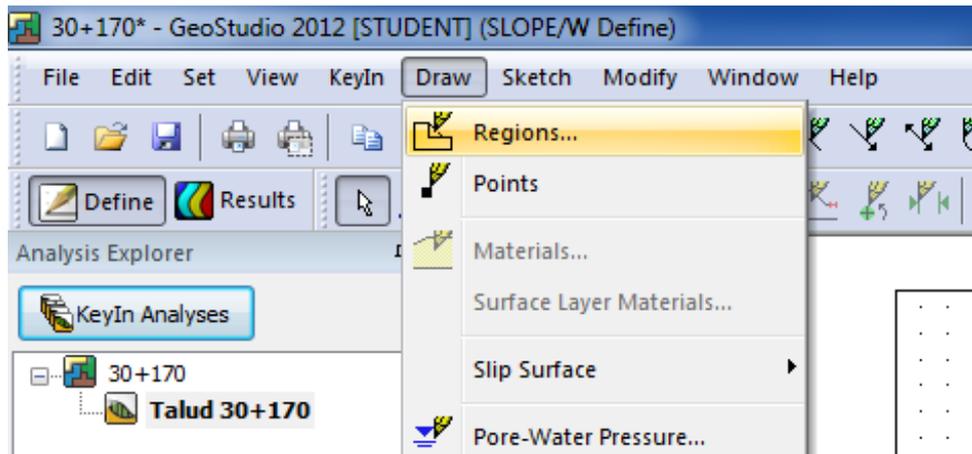
Ingresados los puntos de contorno del talud se reflejan los puntos de la geometría del talud.

Puntos de contorno en el plano.

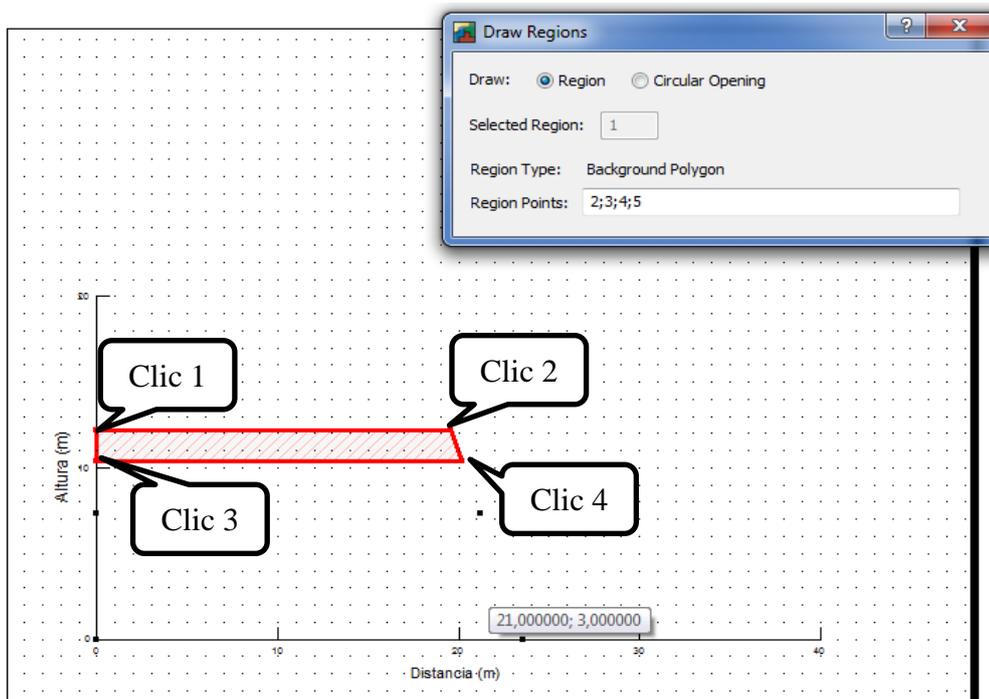


## REGIONES

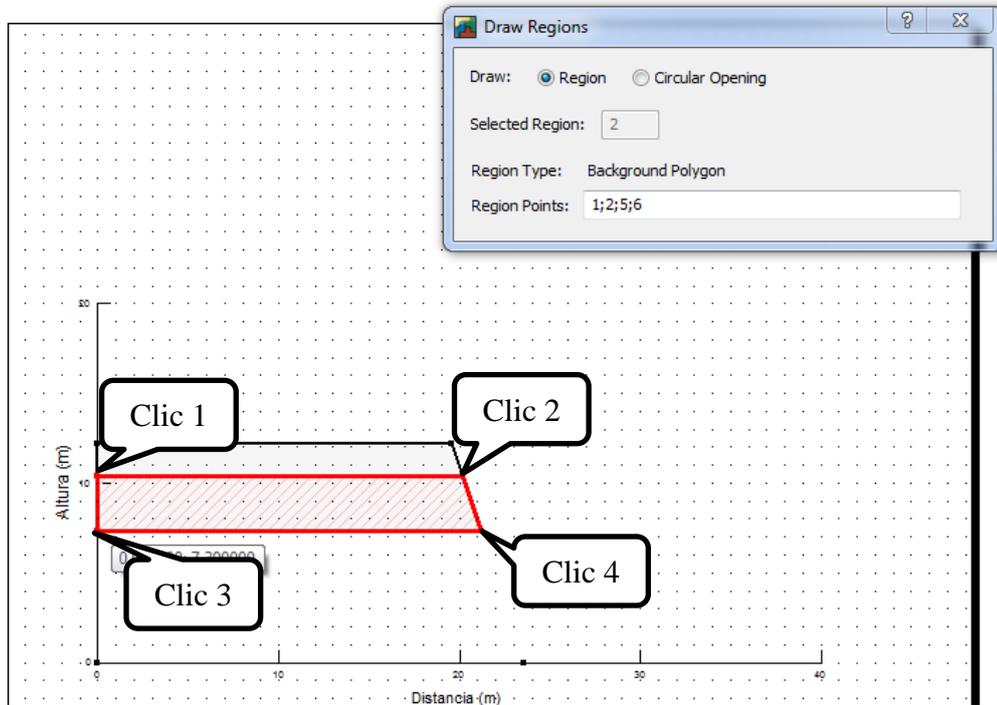
Se selecciona del menú desplegable **Draw** la opción **Region** y se va pulsando con el botón izquierdo del ratón los puntos que definen el contorno cerrando el contorno en el punto de origen.



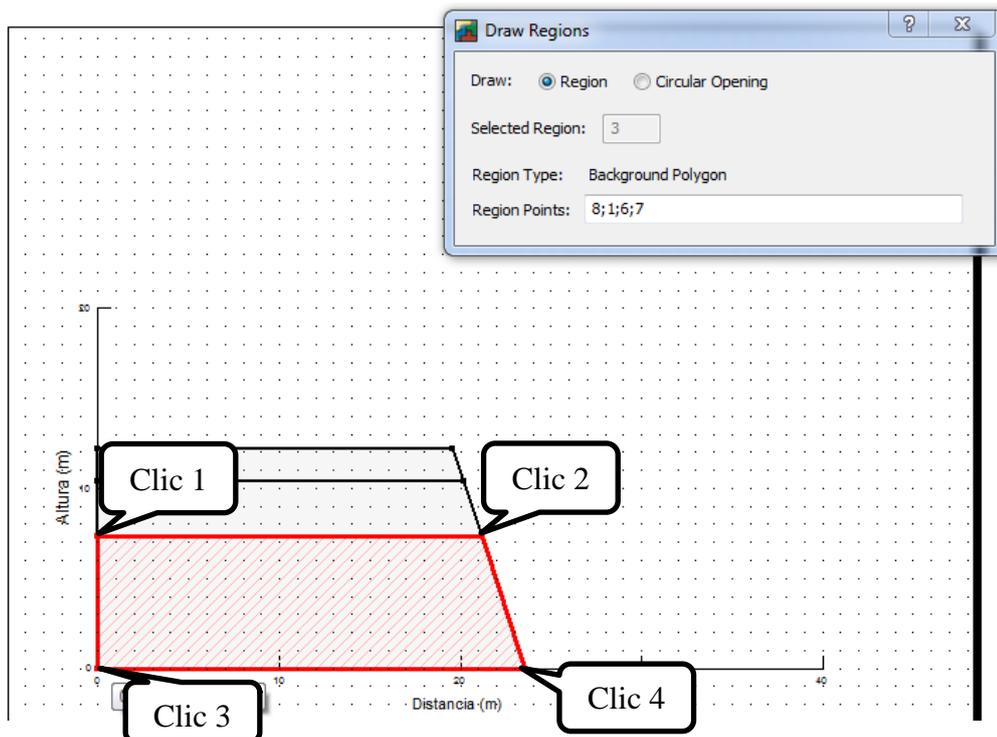
En el recuadro que aparece con clic derecho se selecciona los puntos por los cuales se realizará la región



Se selecciona cada región por separado en este caso se marca la segunda.

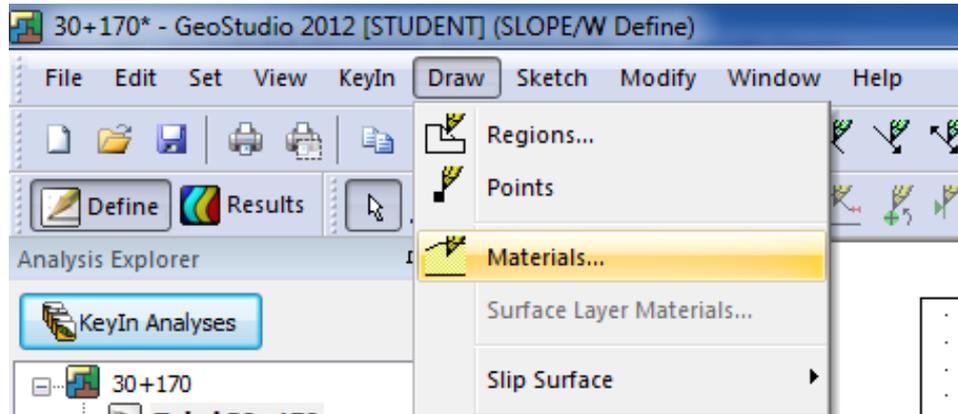


Y por último se selecciona la región número 3 para que todas las regiones esten delimitadas.

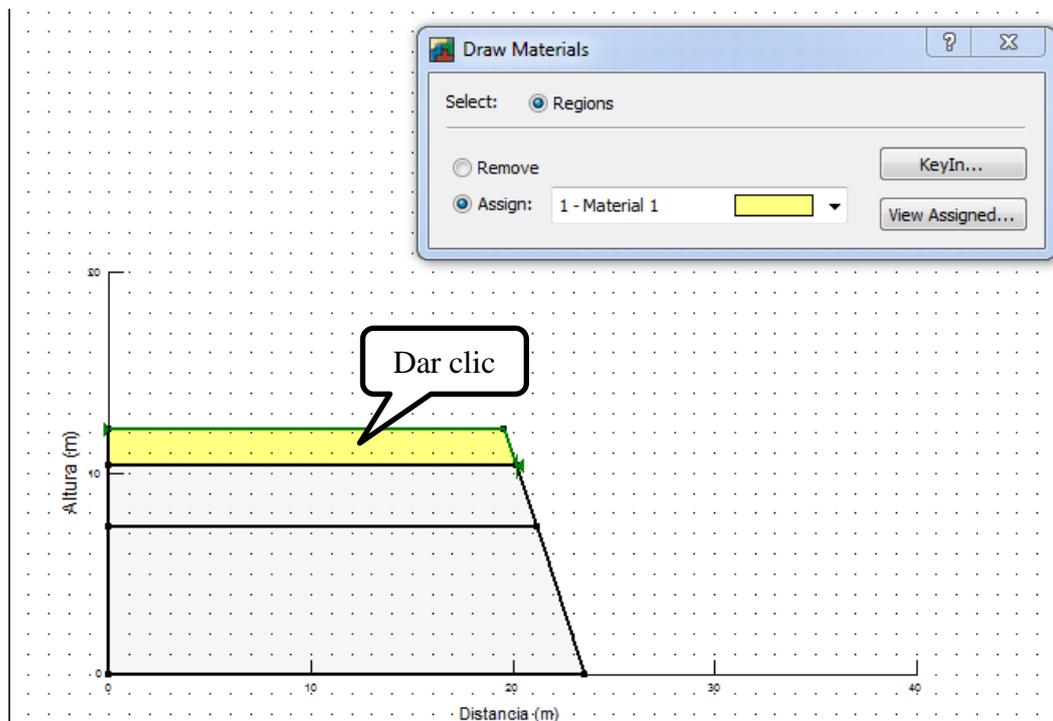


## ASIGNACIÓN DE PROPIEDADES DE LOS SUELOS A LAS REGIONES

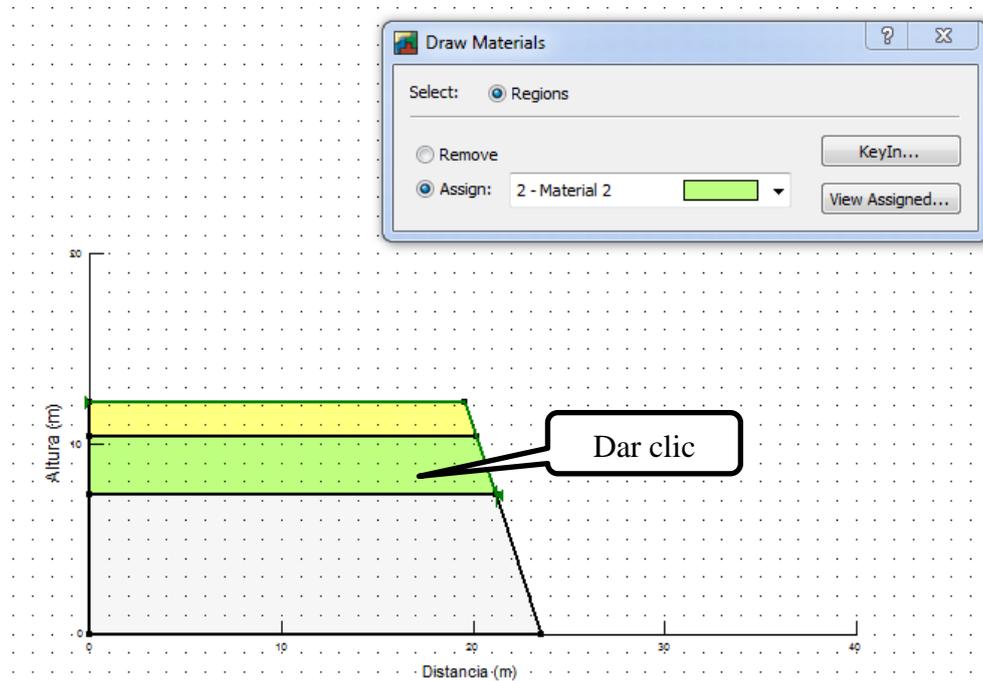
En el menú desplegable **Draw** se selecciona la opción **Materials** para añadir las propiedades de los materiales respectivos a cada región marcada.



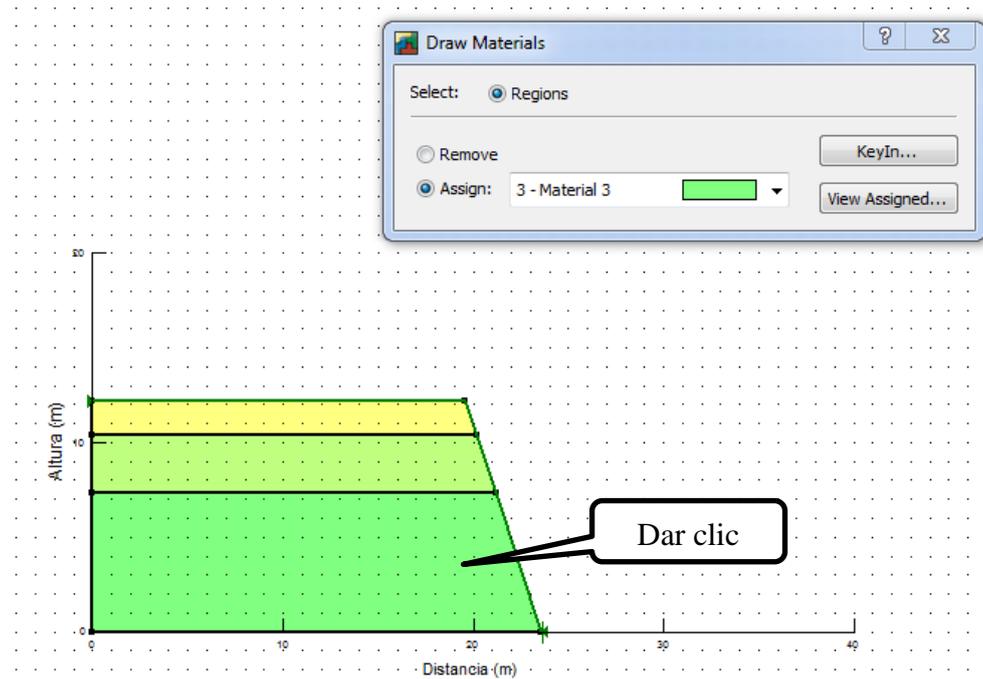
En el recuadro que aparece se selecciona la region el tipo de material al que pertenece y se escoge el color con el cual se va a distinguir cada material según la región delimitada.



Se determina a cada región con el material y color distintivo.

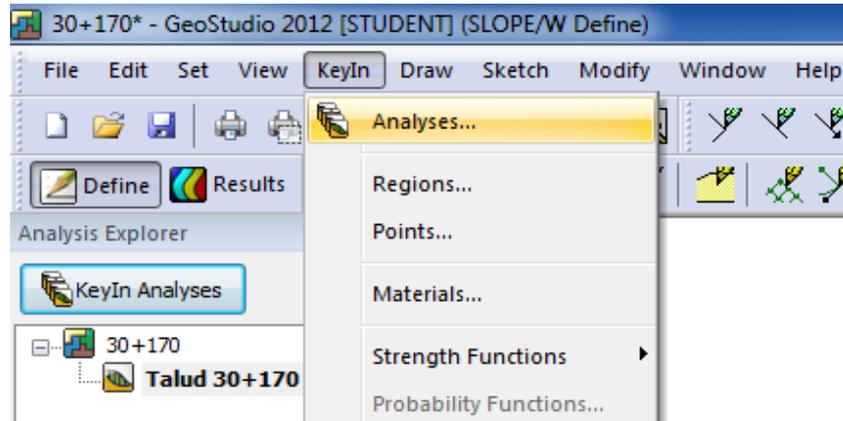


Se añade por último las propiedades de los materiales a la ultima región identificandola con su respectivo color. Y una vez establecido a cada región con cada propiedad del material distintivo se acepta.



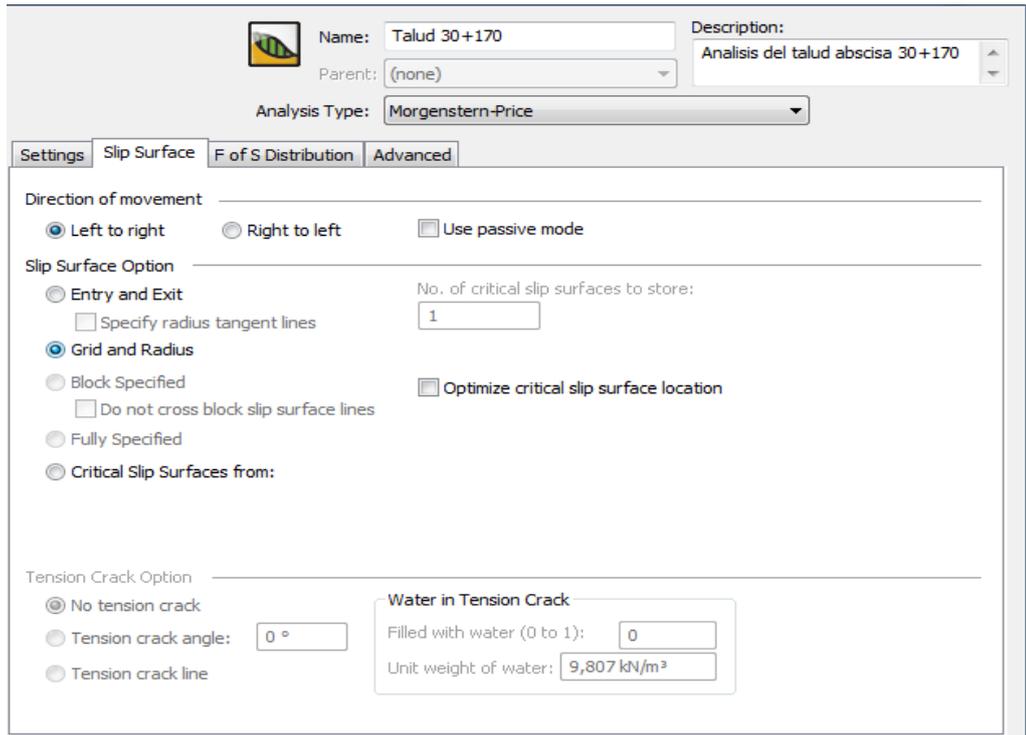
## RADIO DE LAS SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTO

En el desplegable **KeyIn** se escoge la opción **Analyses** para efectuar el análisis respectivo del talud.

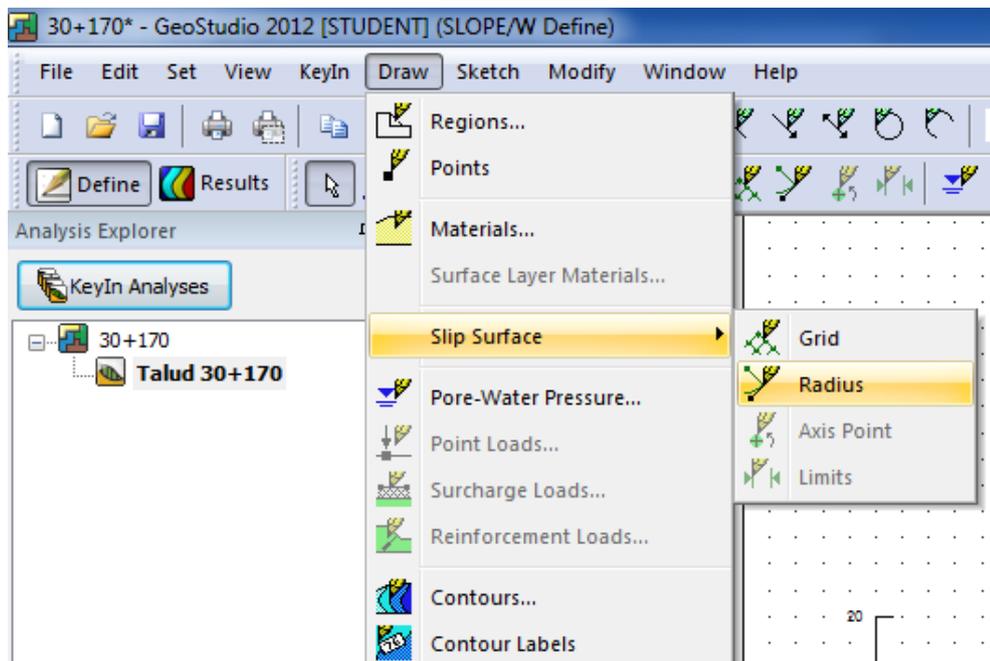


En el recuadro que aparece se le asigna el nombre y las observaciones con las cuales será ejecutado el programa en este caso se ejecutará para un caso de nivel freático alto en el talud 30+170.

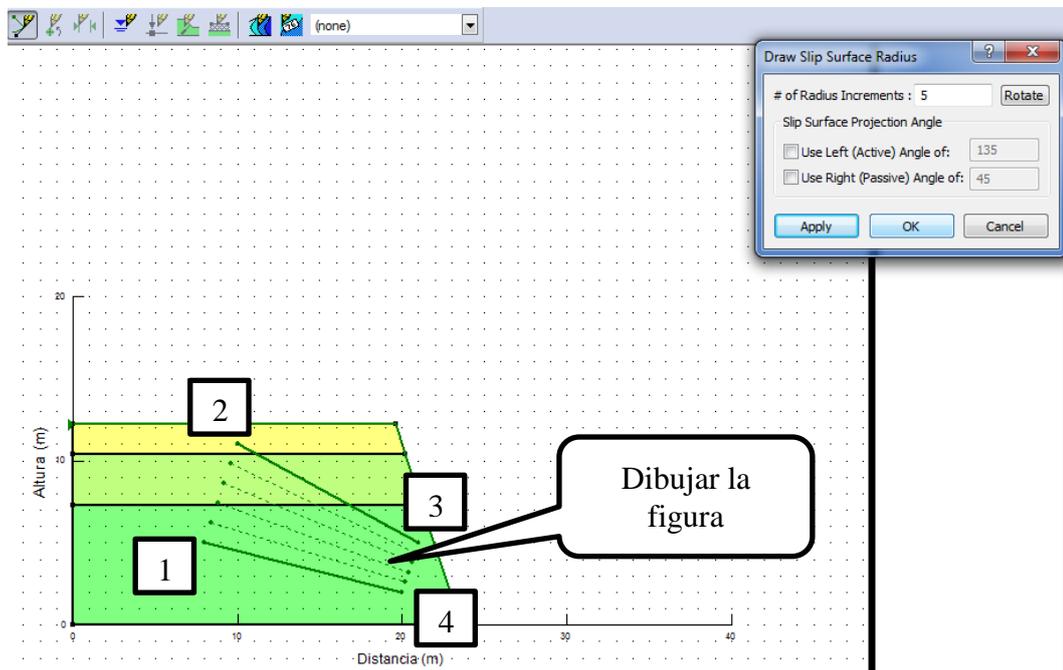
Se determina el método por el cual será analizado el programa y como para el modelo de ingreso de datos se escogió el método Morgenstern – Price se continua con el mismo modelo para el análisis. Se acepta si no se necesita ningún caso específico determinante.



En el desplegable **Draw** se selecciona la opción **Slip Surface** y en la opción se selecciona **Radius** para que se considere el radio de curvatura del círculo de Mohr.

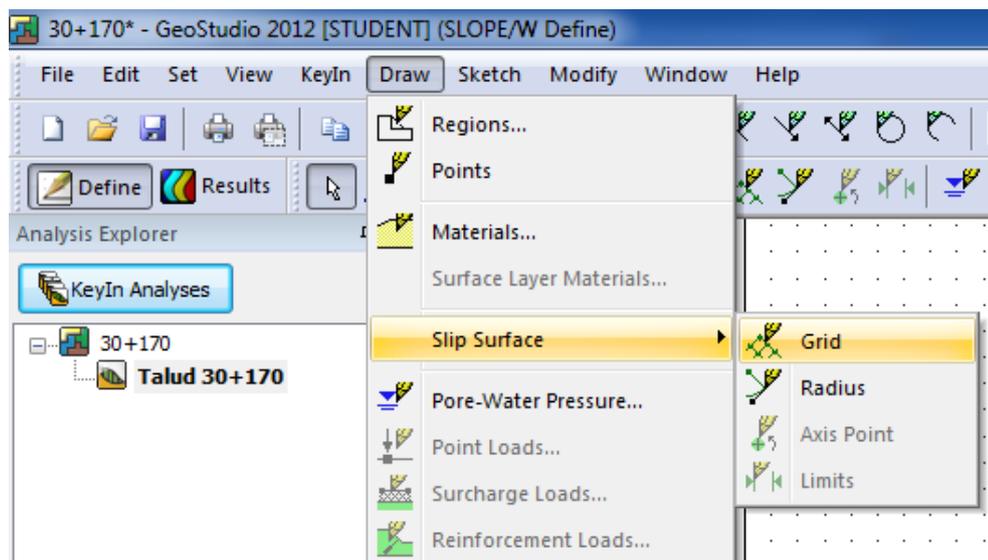


En el talud se marca el área posible para que sea marcada el círculo de Mohr.

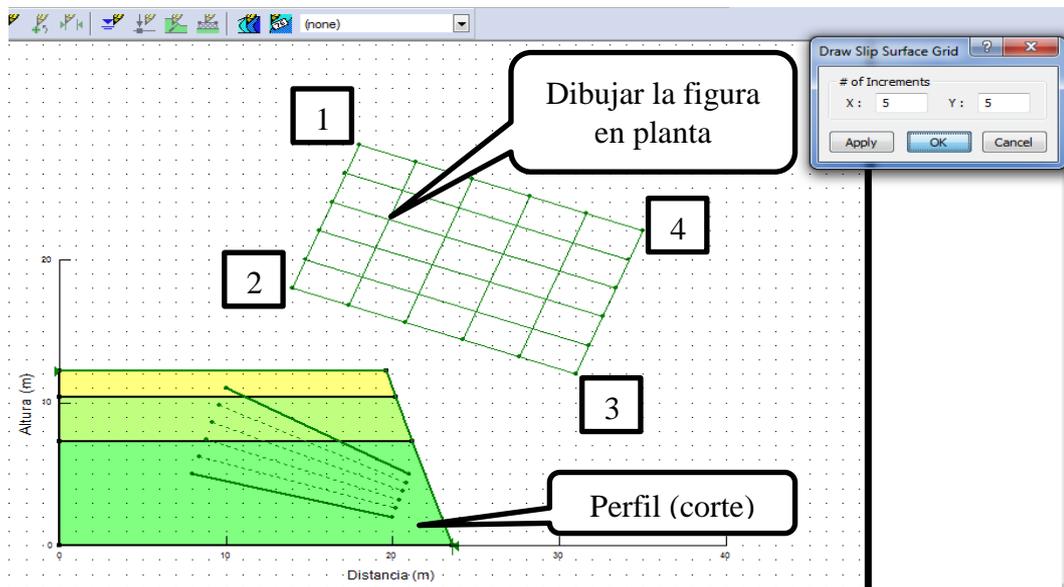


## DIBUJAR LA MALLA DE LAS SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTO

En el desplegable **Draw** se selecciona la opción **Slip Surface** y en el desplegable de la opción se selecciona **Grid** para añadir la malla en relación de esfuerzos de falla a los cuales esta sometido el talud.

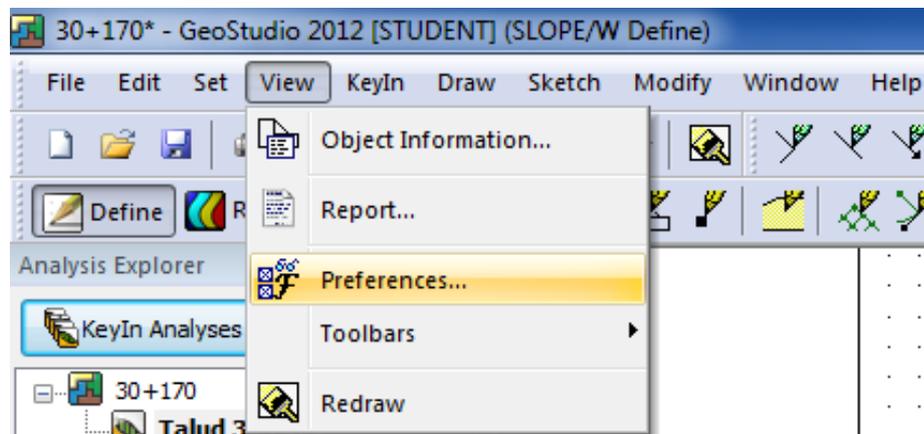


Se marca la sección en la cual se marcará la malla.



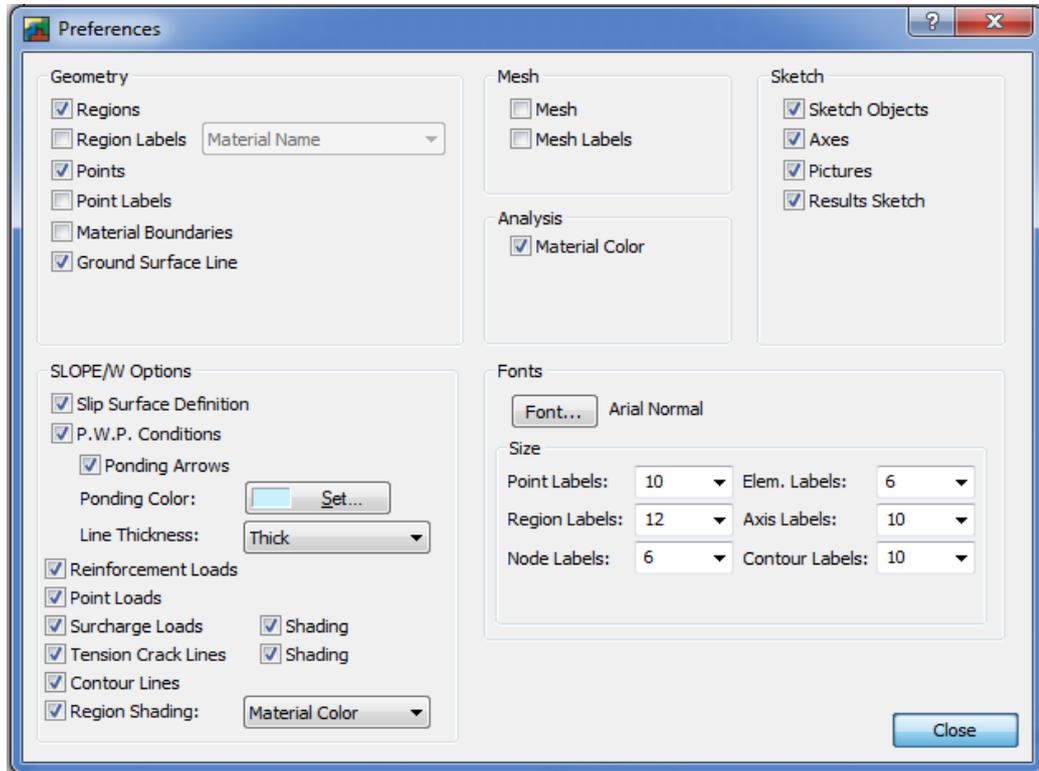
## VER PREFERENCIAS

En el menú desplegable **View** se elige la opción **Preferences**.



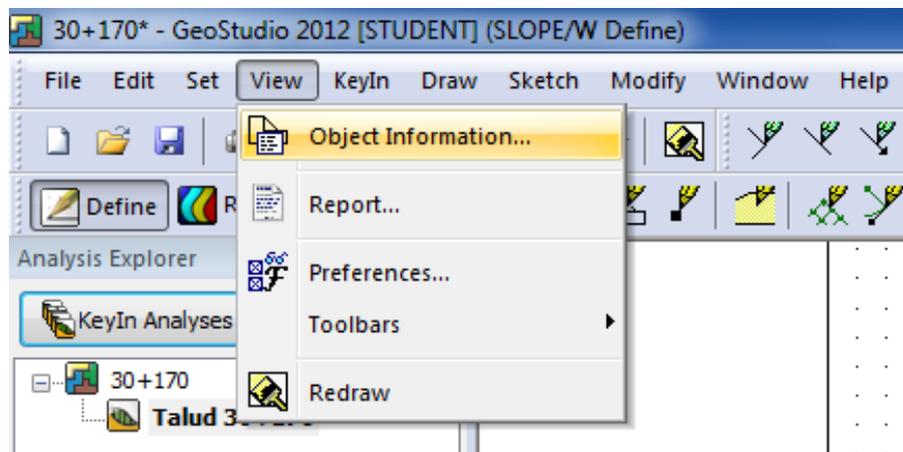
En el cuadro de diálogo que aparece se puede ver los números de los puntos, las regiones o los identificadores de los dichos puntos, así como se puede modificar los tamaños de los identificadores.

Se marca las opciones de preferencia que se necesiten sean vistas en los cuadros de texto.



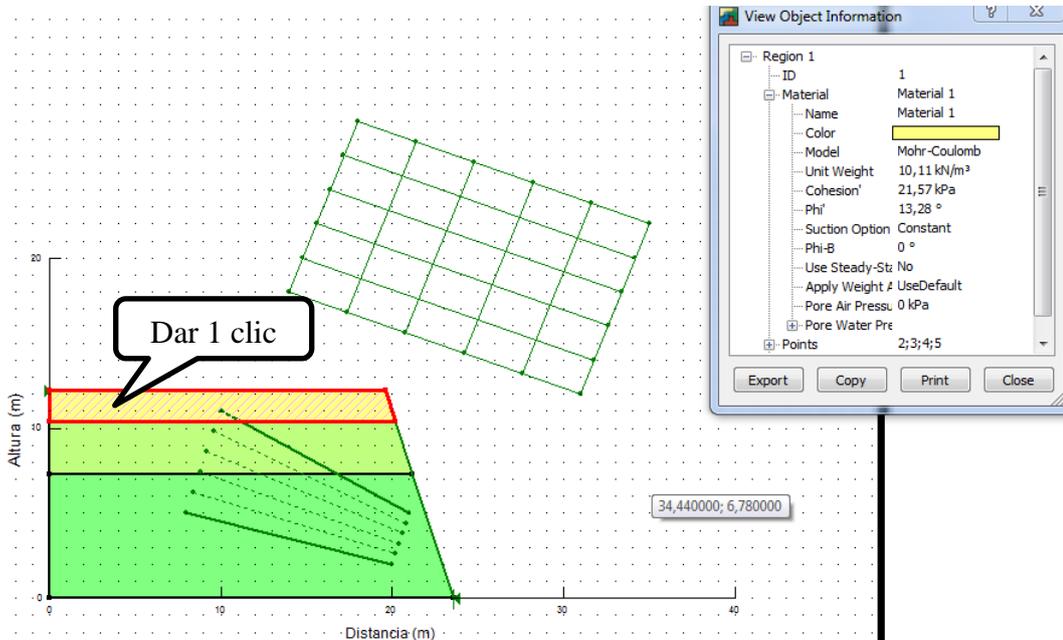
## PROPIEDADES DE LOS SUELOS

En el desplegable **View** se selecciona la opción **Object Information** para seleccionar la información que será indicada.

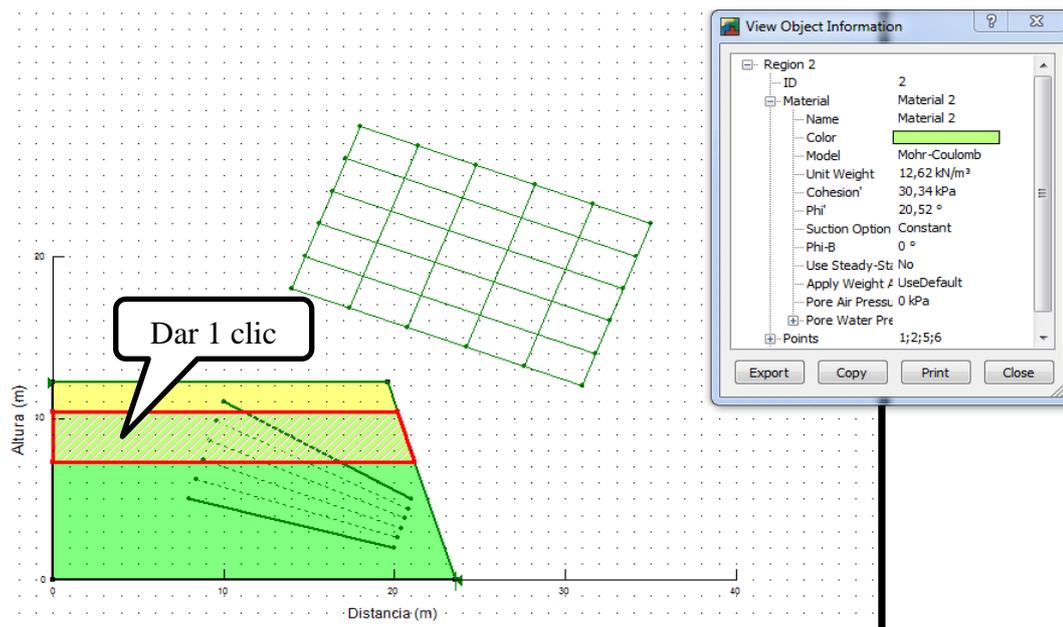


Se verifica que cada region tenga las propiedades de los materiales correctas para ejecutar el programa.

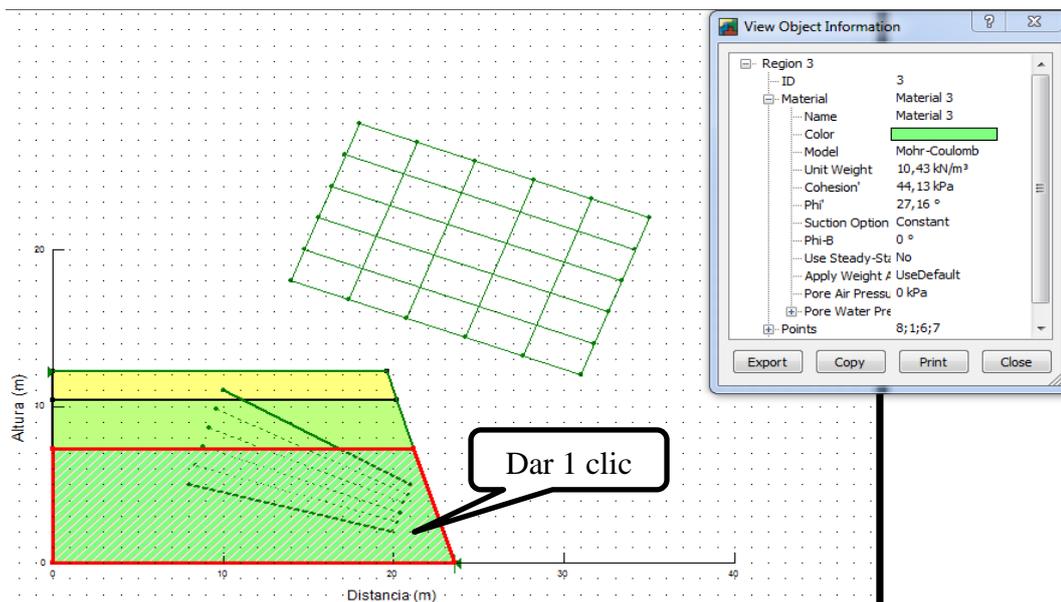
Verificación de la región 1 para el análisis correspondiente.



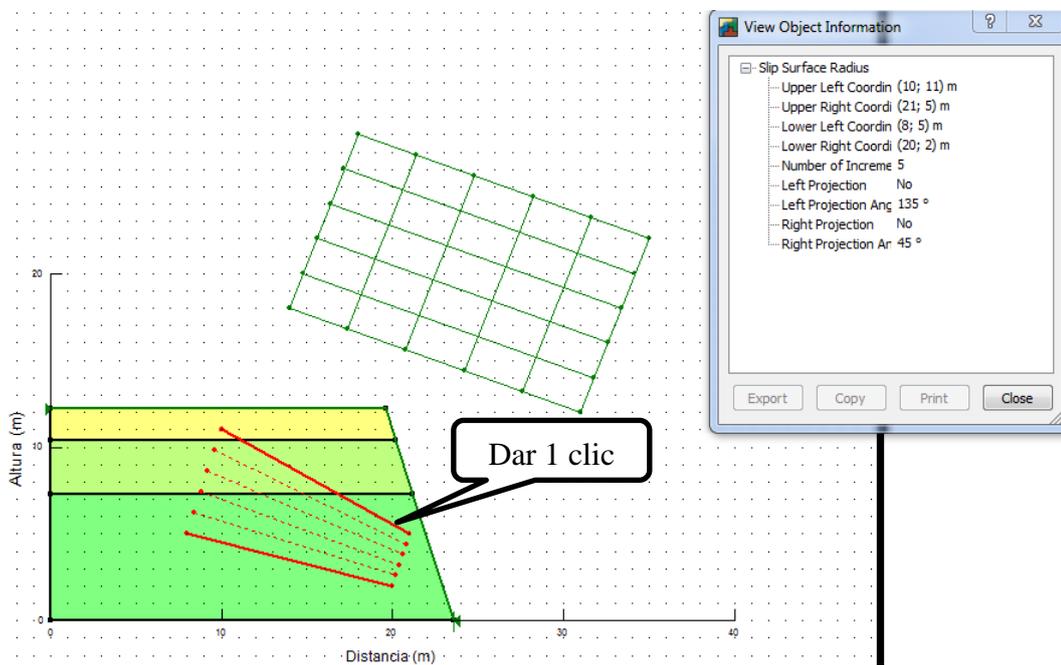
Verificación de la región 2 para el análisis correspondiente.



Verificación de la región 3 para el análisis correspondiente.

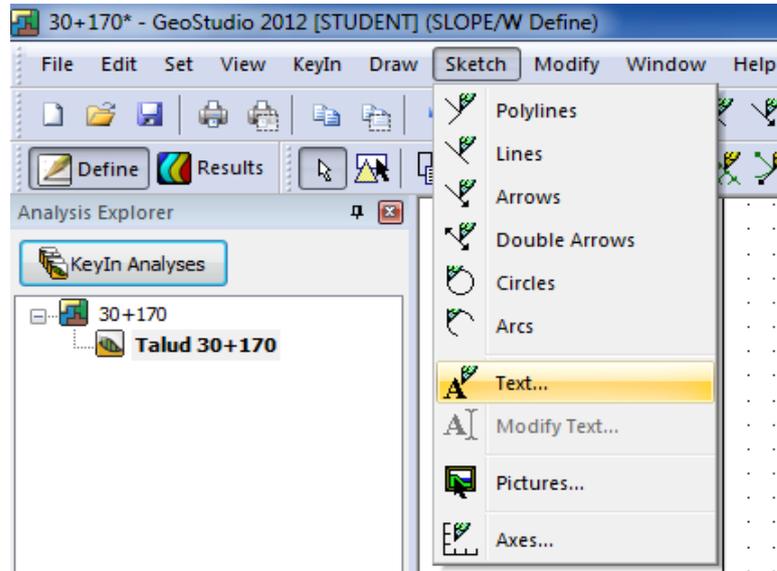


Se verifica las propiedades de la línea piezométrica para el análisis.

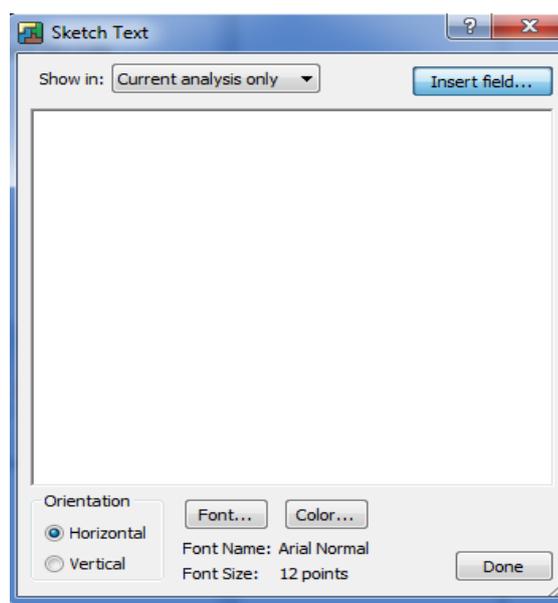


## ETIQUETAS EN LOS SUELOS

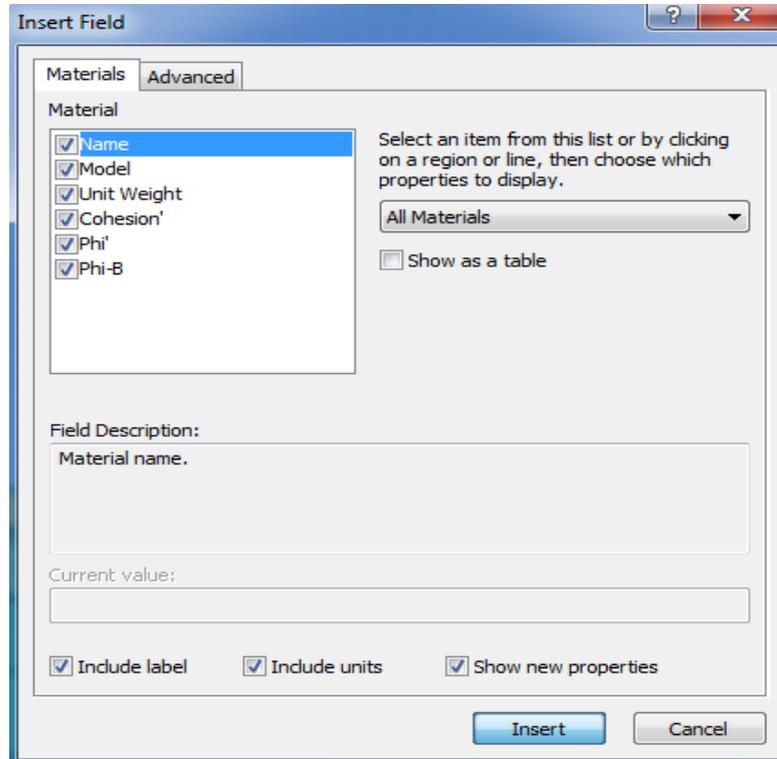
En el desplegable **Sketch** se selecciona la opción **Text** para agregar el texto descriptivo con las propiedades de cada material y de cada región respectivo.



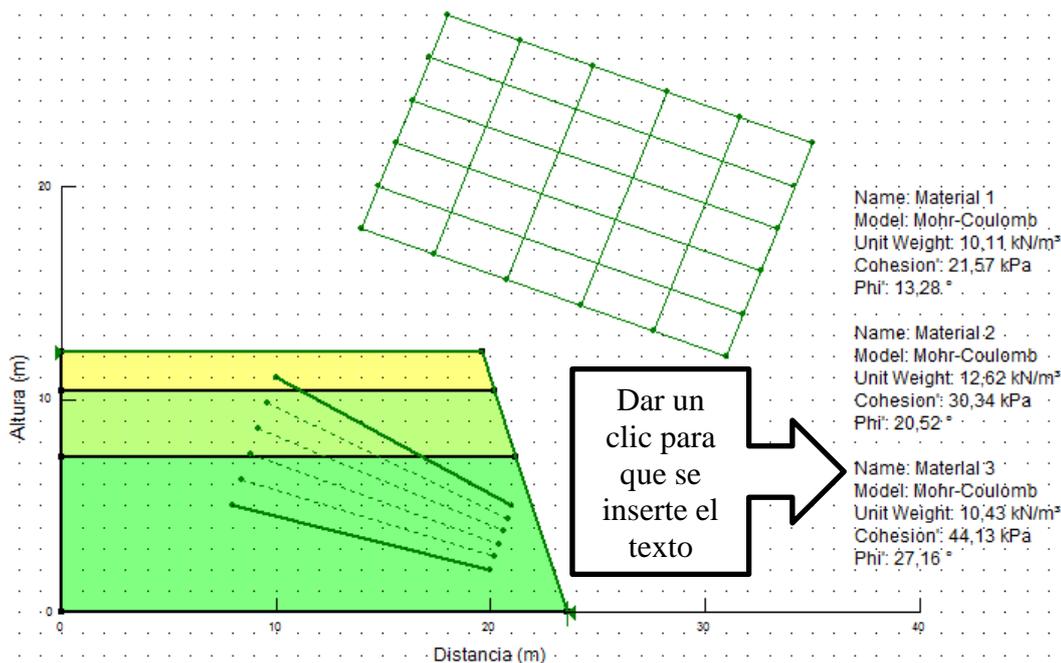
En el recuadro que aparece se selecciona **Insert field** para agregar los textos necesarios y que sobre todo identifique que las regiones estan adecuadas con las propiedades de los materiales.



Se marcan los datos que se desean serán vistos al momento de verificar la información de las regiones.

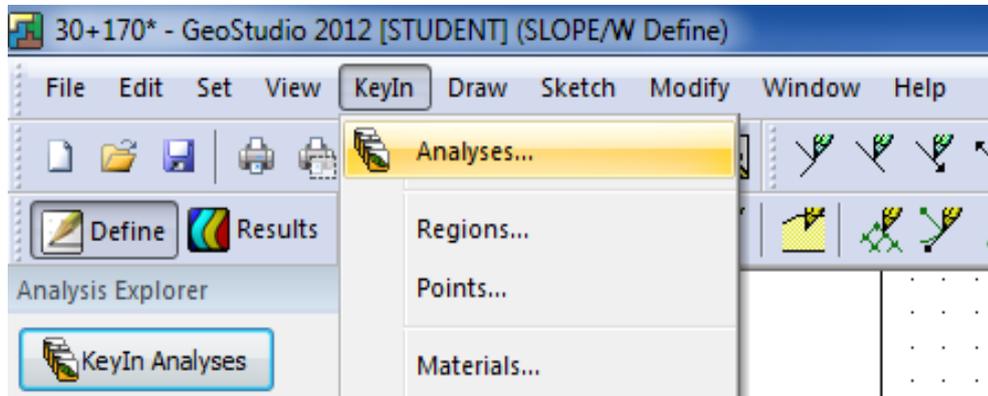


Regiones con las propiedades adecuadas.

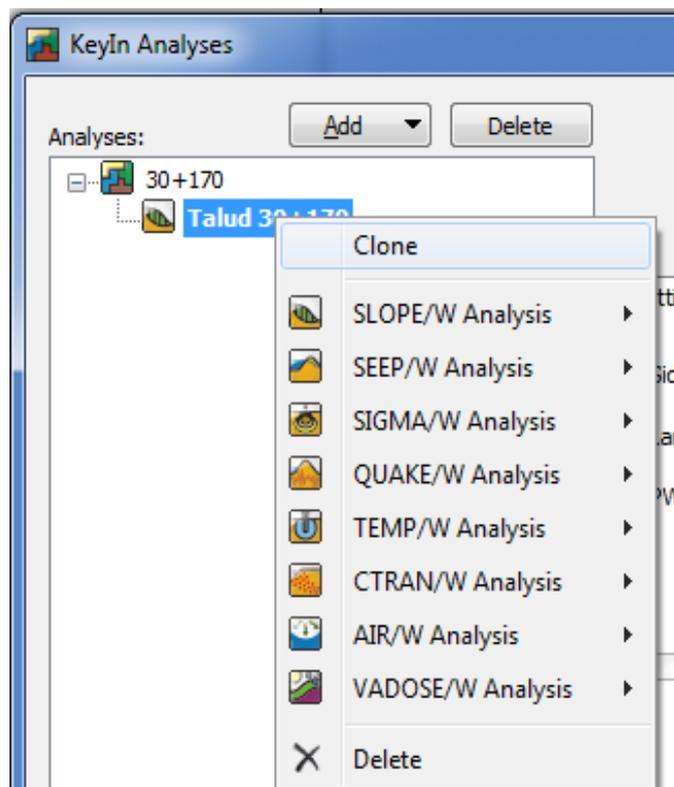


## GENERACIÓN DE SITUACIONES DEL TALUD

En el menú desplegable **KeyIn** se selecciona **Analyses**.

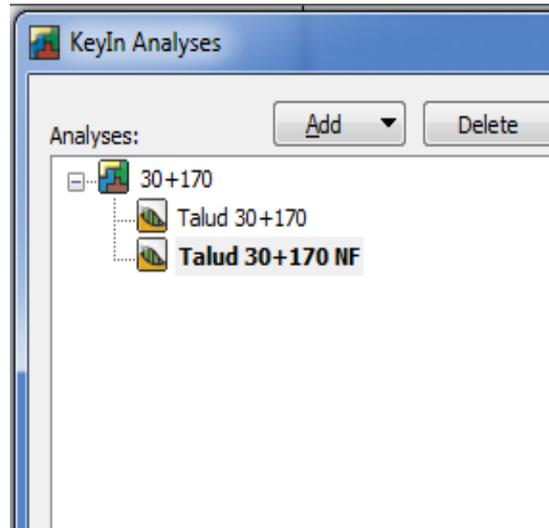


Hacer clic en **Clone** y se copia el modelo actual marcado (para respaldo).

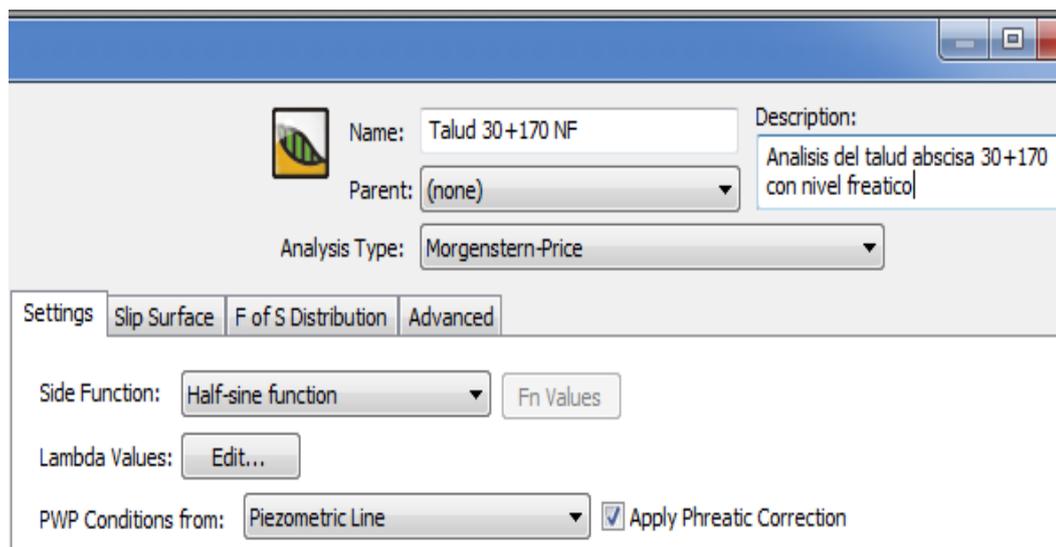


## APLICACIÓN DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO

Se trabaja en el archivo clonado para realizar modificaciones y conservar el proyecto original.

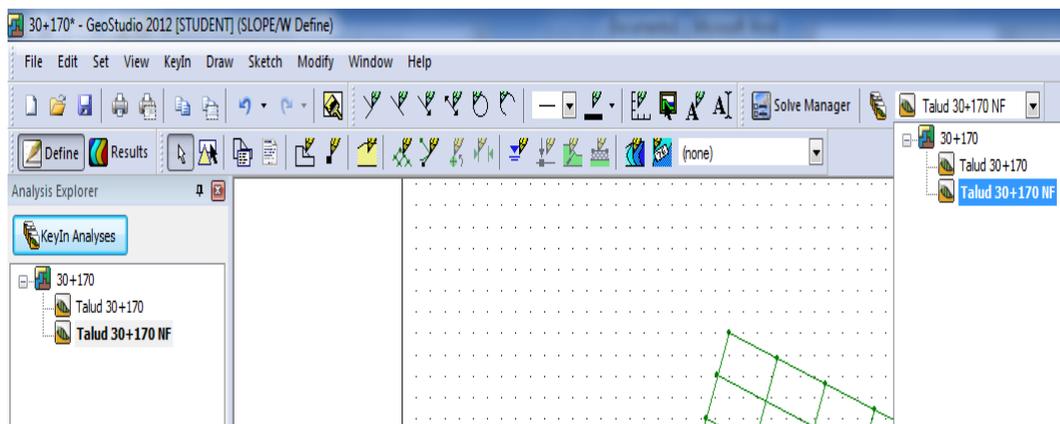


Se inserta la descripción y parámetros necesarios para que este proyecto sea determinado con nivel freático.



## DIBUJAR LINEAS PIEZOMÉTRICAS

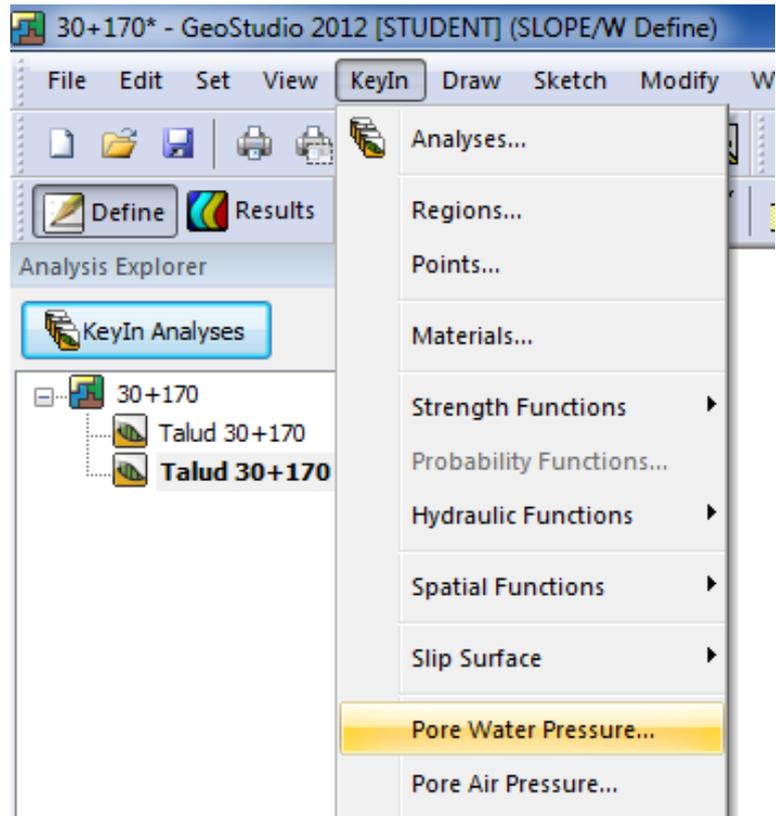
Se escoge la copia que se crea, para trabajar en el archivo copiado y así mantener el original.



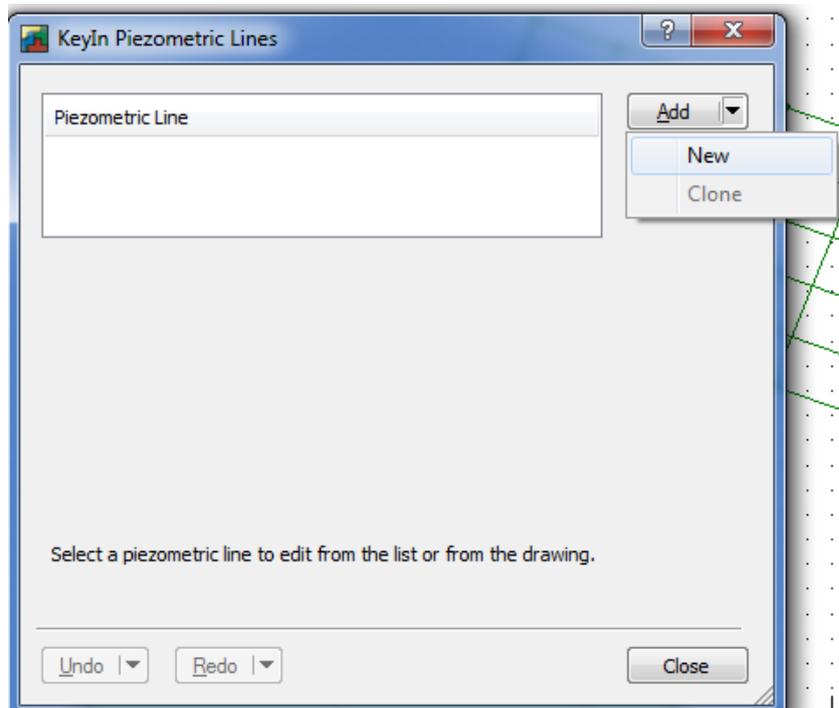
<b>PUNTOS DE LA LINEA PIEZOMÉTRICA</b>		
<b>PUNTO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	0	11.90
2	10	10.80
3	15	8.50
4	20	6.80

Se obtiene del nivel freático que tiene el talud en base a las calicatas ejecutadas y ensayos realizados.

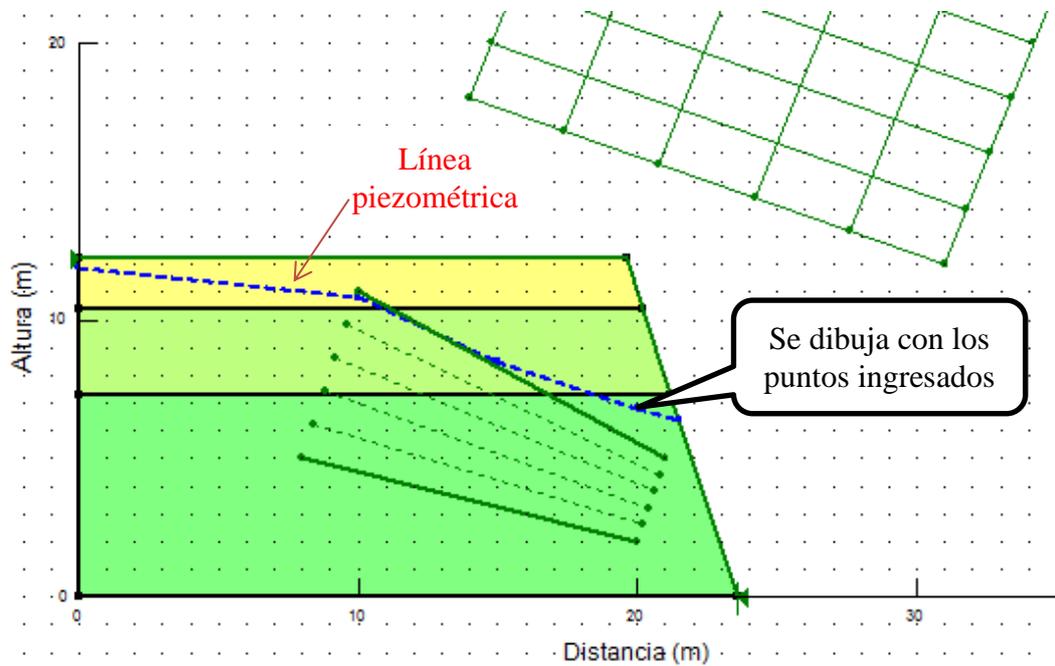
En el menú desplegable **KeyIn** se selecciona la opción **Pore Water Pressure** para que en el momento de ejecutarse el programa considere el nivel freático alto.



Se añade una línea piezométrica nueva para que sea ejecutada.

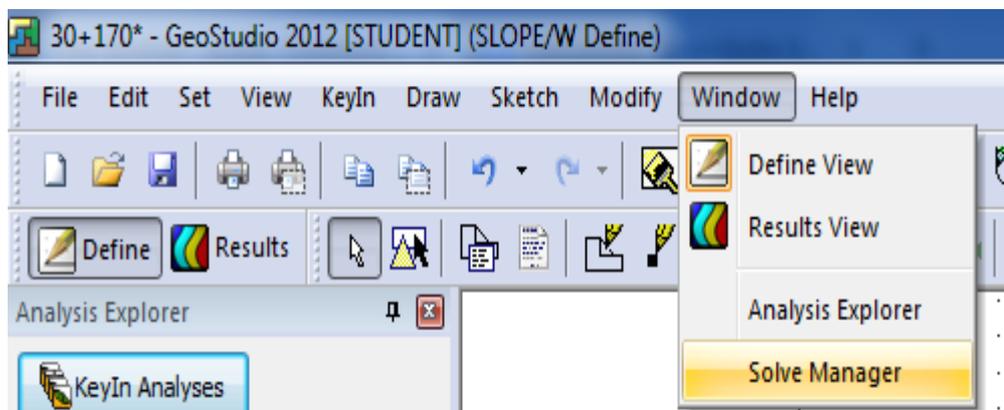


Se marca la línea piezométrica por los lugares de mayor nivel freático existente sea posible.

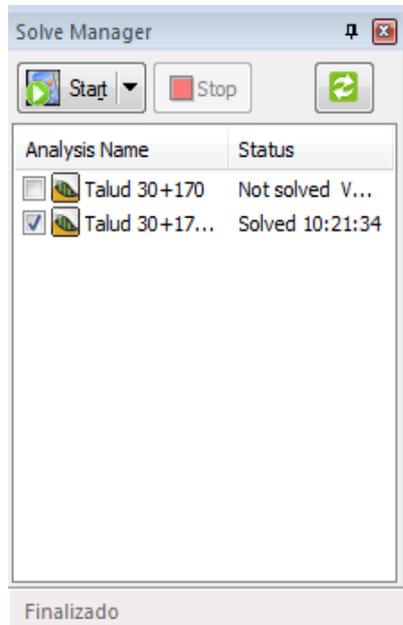


## VERIFICAR LA EXISTENCIA DE ERRORES Y REALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS

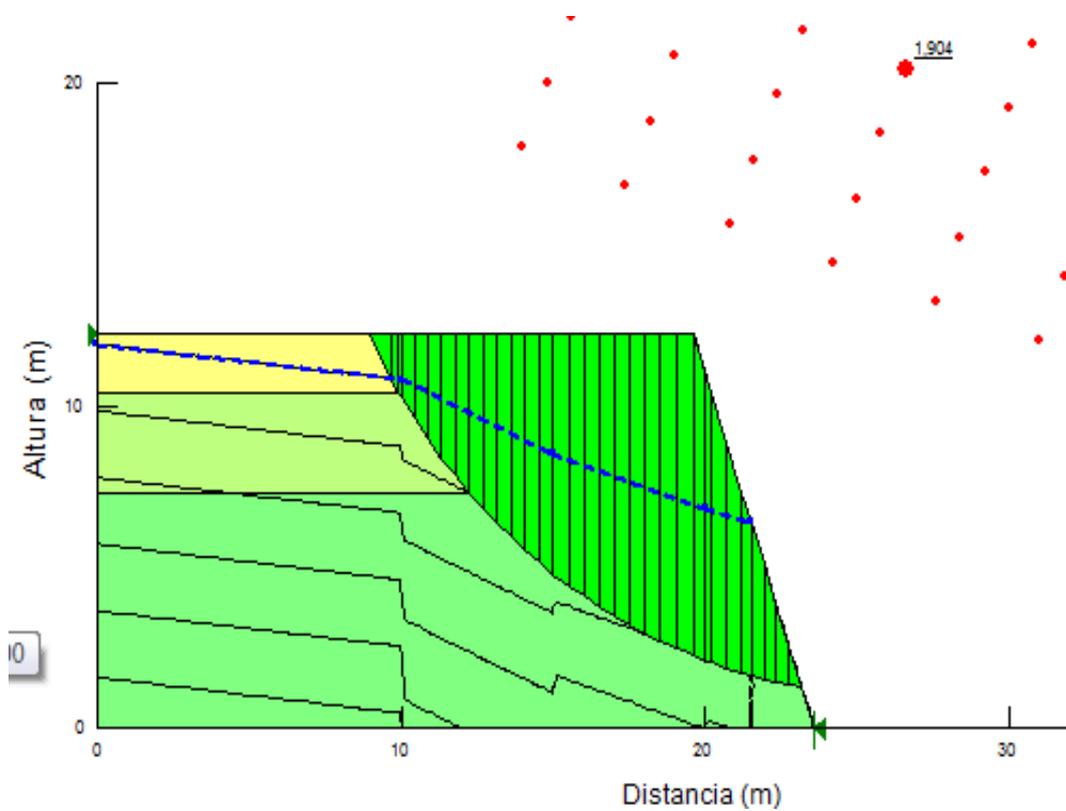
En el desplegable **Window** se escoge la opción **Solve Manager** para que se ejecute el programa.



En el lado izquierdo de la pantalla se verifica que sea analizado en el talud para nivel freático

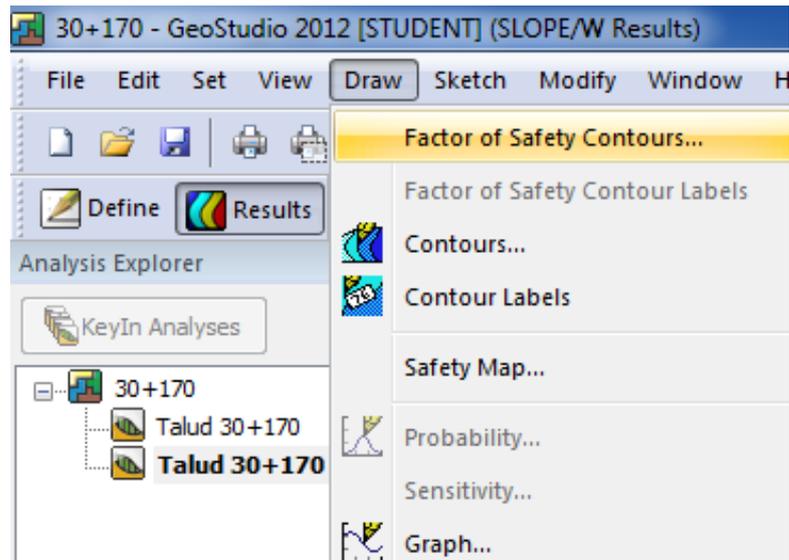


Se observa el círculo de falla del talud para los parámetros ingresados y los cuales fueron analizado por GEOSLOPE.

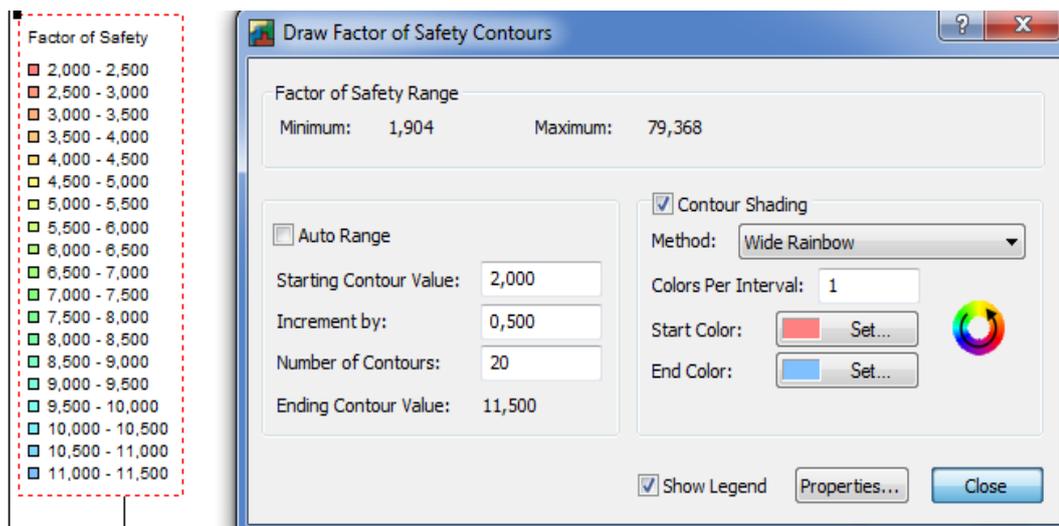


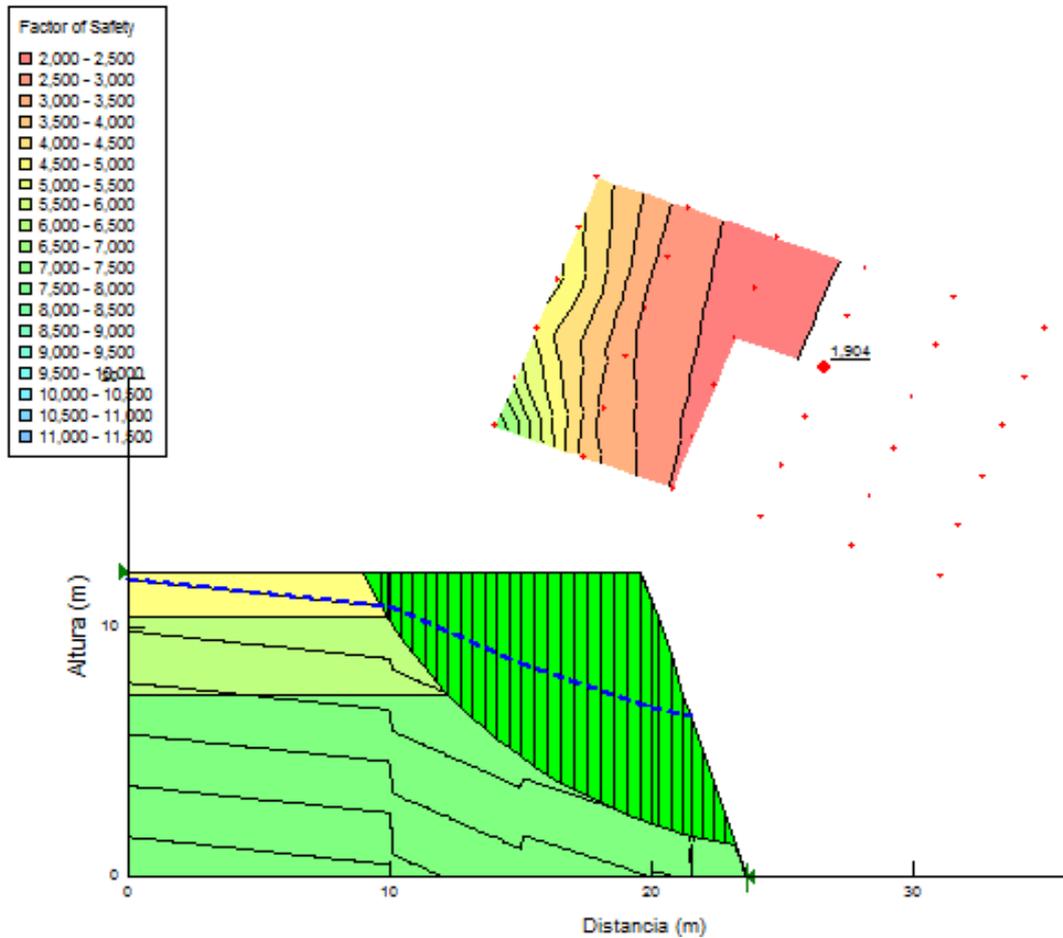
## VER RESULTADOS DEL CÁLCULO

En el desplegable **Draw** se selecciona la opción **Factor of Safety Contours** para que en el resultado se dibuje el contorno de falla y el factor de seguridad sea calculado.

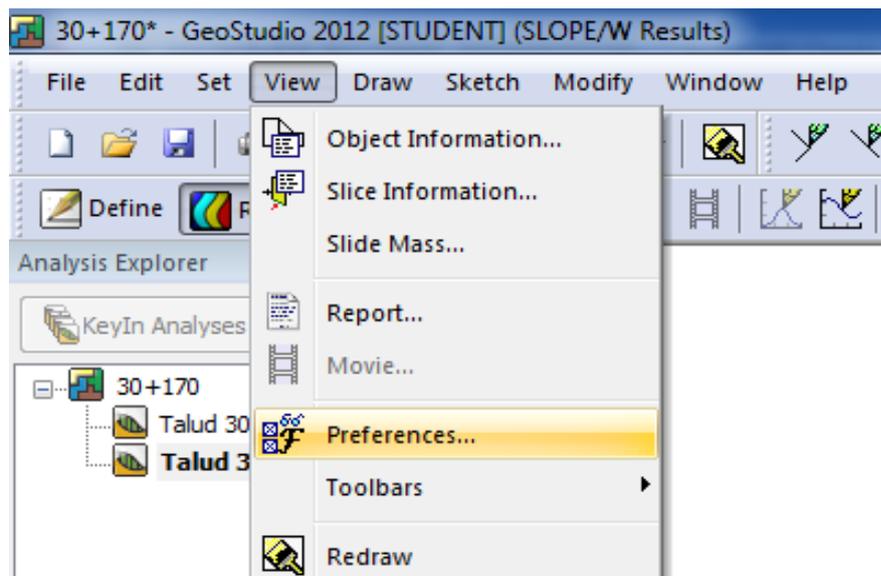


Valores del factor de seguridad mínimo y máximo.

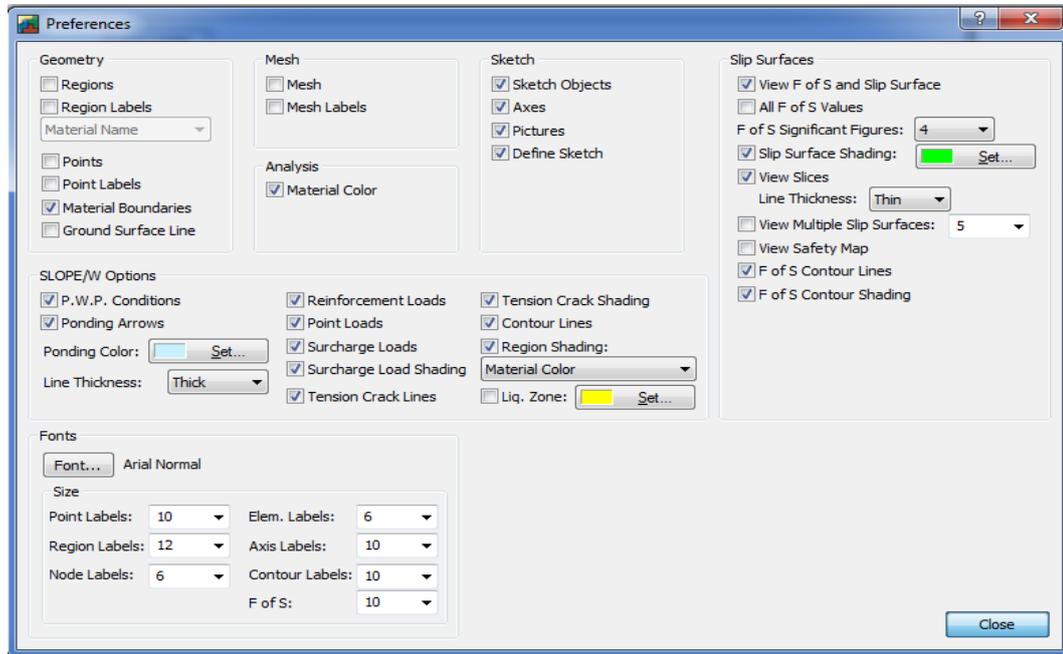




En la opción **View** se selecciona **Preferences** para poder ver una mayor número de opciones que pueden ser visualizadas.

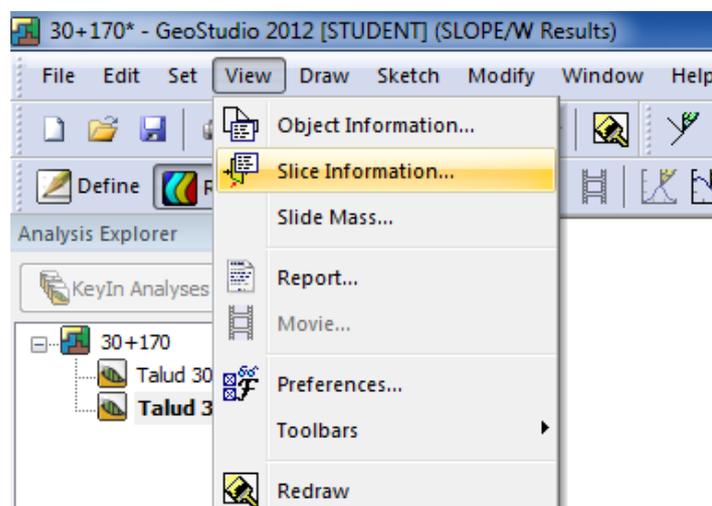


Cuadro de preferencias que pueden ser seleccionadas según los datos que se deseen ser vistos.

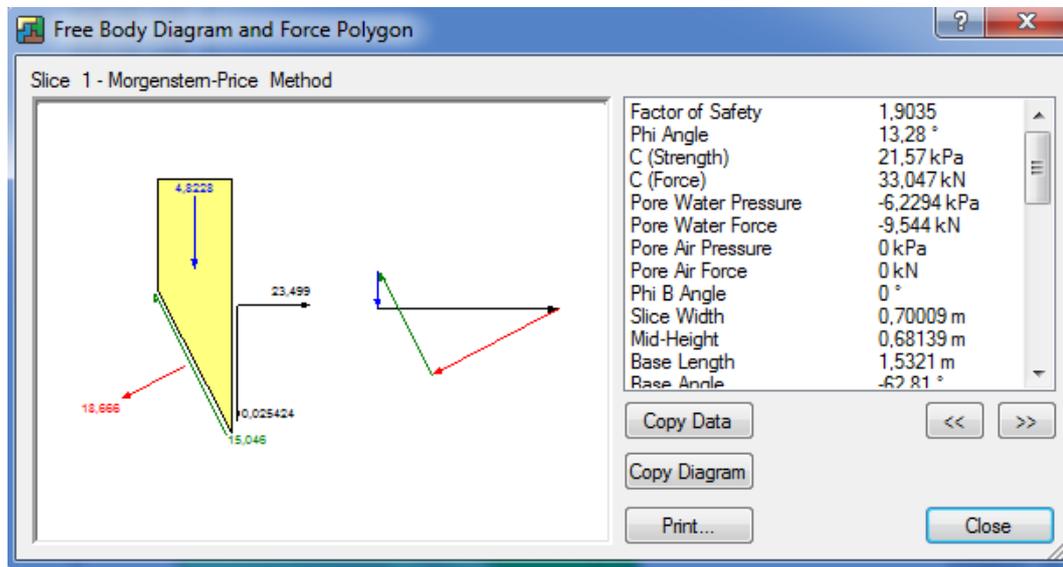


## SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTO

En el menú desplegable **View** se selecciona la opción **Slice Information** para que se indique la información del factor de seguridad más adecuado para la estabilidad del talud.



Superficie de rotura del talud ante un deslizamiento.



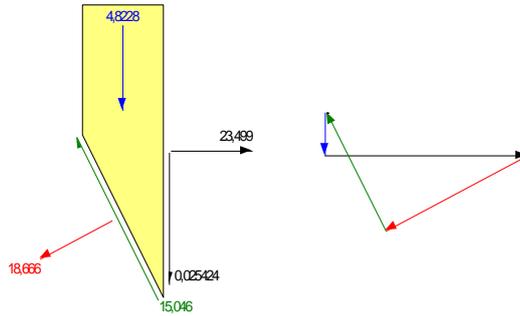
## RESULTADOS DEL PROGRAMA

### Slice 1 - Morgenstern-Price Method

Factor de seguridad	Factor of Safety	1,9035
Angulo Phi	Phi Angle	13,28 °
Resistencia C	C (Strength)	21,57 kPa
Fuerza C	C (Force)	33,047 kN
Presión de agua del poro	Pore Water Pressure	-6,2294 kPa
Fuerza de agua del poro	Pore Water Force	-9,544 kN
Ancho de la rebanada	Slice Width	0,70009 m
		0,68139 m
Longitud base	Base Length	1,5321 m
Ángulo de la base	Base Angle	-62,81 °
Modelo de fuerza anisotrópica	Anisotropic Strength Mod.	1
Aplicación Lambda	Applied Lambda	0,0070273

<b>Peso (inclinación vertical sísmica)</b>	<b>Weight (incl. Vert. Seismic)</b>	<b>4,8228 kN</b>
<b>Fuerza normal de la base</b>	<b>Base Normal Force</b>	<b>-18,666 kN</b>
Tensión normal de la base	Base Normal Stress	-12,184 kPa
Fuerza resistente de corte en la base	Base Shear Res. Force	28,641 kN
Fuerza resistente de tensión al corte	Base Shear Res. Stress	18,694 kPa
<b>Fuerza de movilización al corte en la base</b>	<b>Base Shear Mob. Force</b>	<b>15,046 kN</b>
Tensión al corte en la base	Base Shear Mob. Stress	9,8209 kPa
Lado derecho fuerza normal	Right Side Normal Force	-23,499 kN
<b>Lado derecho fuerza de corte</b>	<b>Right Side Shear Force</b>	<b>-0,025424 kN</b>
<b>Polígono de cierre</b>	<b>Polygon Closure</b>	<b>0,23499 kN</b>
Coordenada de arriba a la izquierda	Top Left Coordinate	8,9615393; 12,2 m
Coordenada arriba a la derecha	Top Right Coordinate	9,6616247; 12,2 m
Coordenada de abajo a la izquierda	Bottom Left Coordinate	8,9615393; 12,2 m
Coordenada de abajo a la derecha	Bottom Right Coordinate	9,6616247; 10,837221 m

### Slice 1 - Morgenstern-Price Method



### DATOS DE LA SUPERFICIE DE ROTURA

En la opción **View** se escoge **Slide Mass** para ver los la superficie que será desplazada.

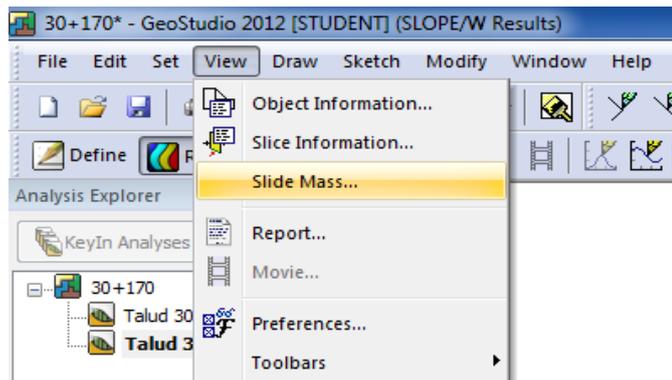


Tabla con datos de la superficie del talud.

Parameter	
Method	Morgenstern-Price
Factor of Safety	1,904
Total Volume	84,786 m <sup>3</sup>
Total Weight	944,2 kN
Total Resisting Moment	17.856 kN-m
Total Activating Moment	9.380,2 kN-m
Total Resisting Force	744,83 kN
Total Activating Force	391,29 kN

Buttons: Copy, Print..., Done

Valores del factor de seguridad ejes y radio de curvatura de la superficie de falla (costado izquierdo de la pantalla).

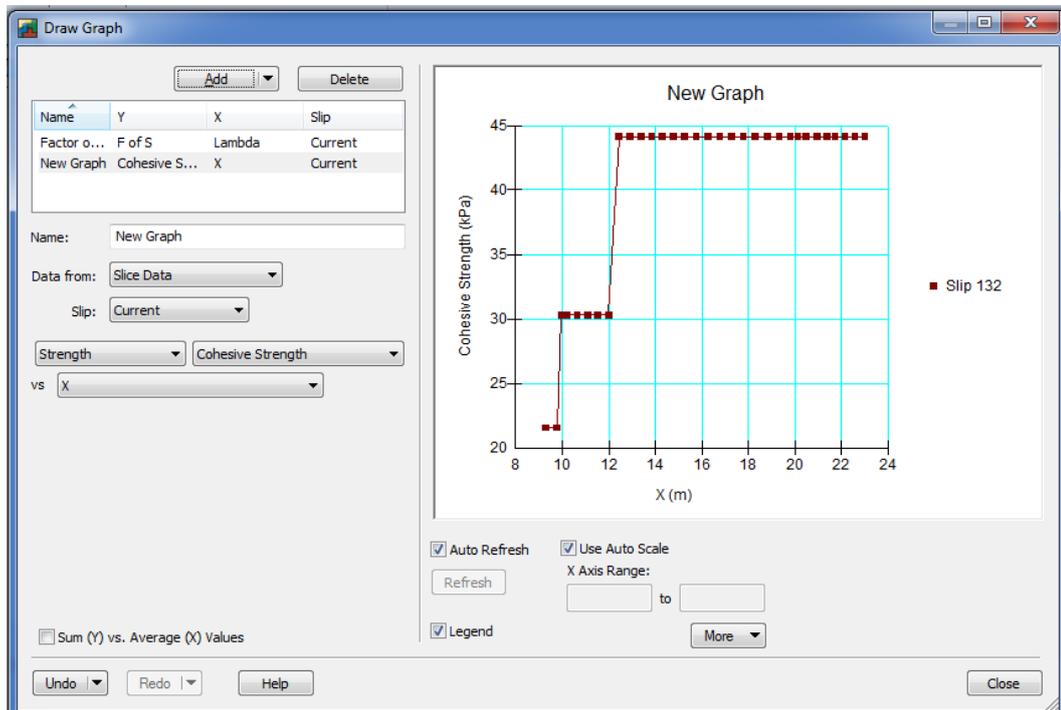
Slip #	F of S	X Center	Y Center	Radius	Details
159	2,797	24	23,6	19,568	
156	2,788	20,6	24,8	22,265	
195	2,775	24,8	25,6	21,721	
52	2,719	21,6	17,6	13,948	
192	2,699	21,4	26,8	24,399	
88	2,638	22,4	19,6	16,101	
17	2,637	20,8	15,6	12,609	
124	2,588	23,2	21,6	18,254	
160	2,555	24	23,6	20,407	
196	2,533	24,8	25,6	22,56	
53	2,513	21,6	17,6	14,756	
18	2,455	20,8	15,6	13,388	
89	2,439	22,4	19,6	16,902	
125	2,391	23,2	21,6	19,048	
161	2,360	24	23,6	21,195	
54	2,342	21,6	17,6	15,522	
197	2,340	24,8	25,6	23,341	
201	2,293	28,2	24,4	21,935	
90	2,274	22,4	19,6	17,657	
126	2,230	23,2	21,6	19,791	
162	2,202	24	23,6	21,925	
198	2,183	24,8	25,6	24,06	
202	2,142	28,2	24,4	22,589	
166	2,131	27,4	22,4	20,436	
203	2,019	28,2	24,4	23,186	
167	2,009	27,4	22,4	21,039	
204	1,920	28,2	24,4	23,72	
168	1,910	27,4	22,4	21,586	
132	1,904	26,6	20,4	19,451	Critical

For Help, press F1

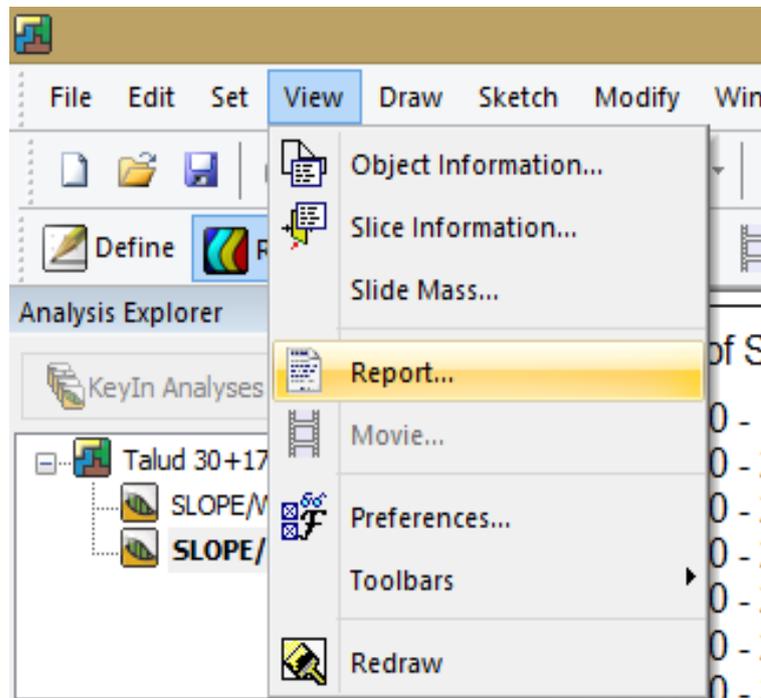
En la ventana **Slip Surface** se escoge la opción **Graph**.

Slip #	F of S	X Center	Y Center	Radius	Details
159	2,797	24	23,6	19,568	
156	2,788	20,6	24,8	22,265	
195	2,775	24,8	25,6	21,721	
52	2,719	21,6	17,6	13,948	
192	2,699	21,4	26,8	24,399	
88	2,638	22,4	19,6	16,101	
17	2,637	20,8	15,6	12,609	
124	2,588	23,2	21,6	18,254	
160	2,555	24	23,6	20,407	
196	2,533	24,8	25,6	22,56	

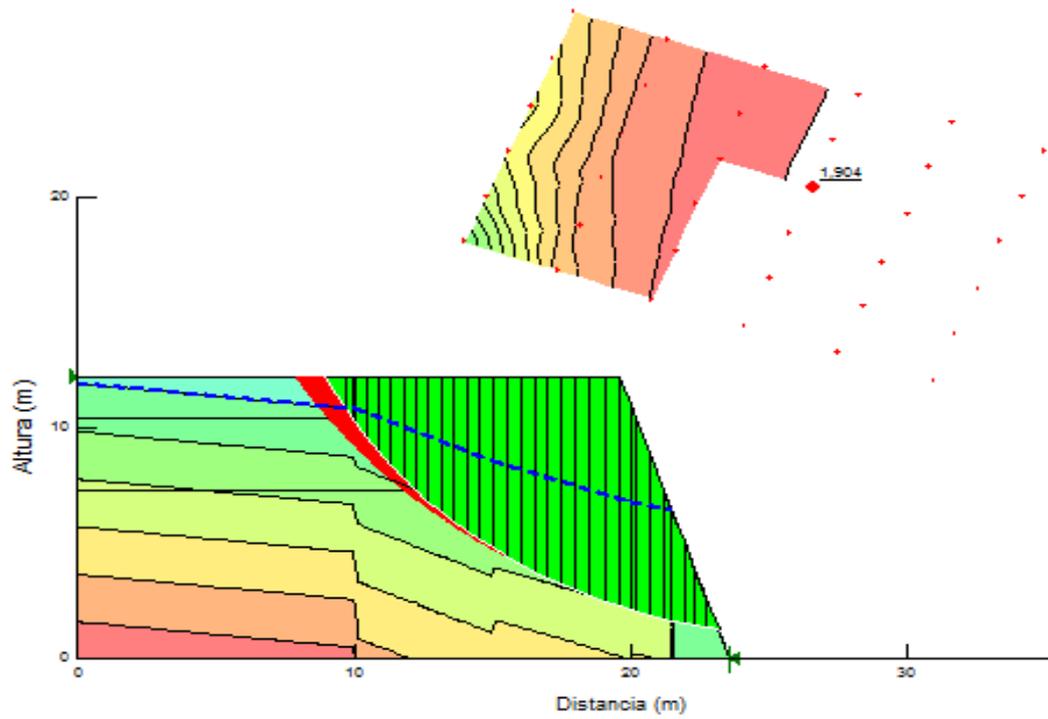
Gráfica del factor de seguridad en función de la cohesión.



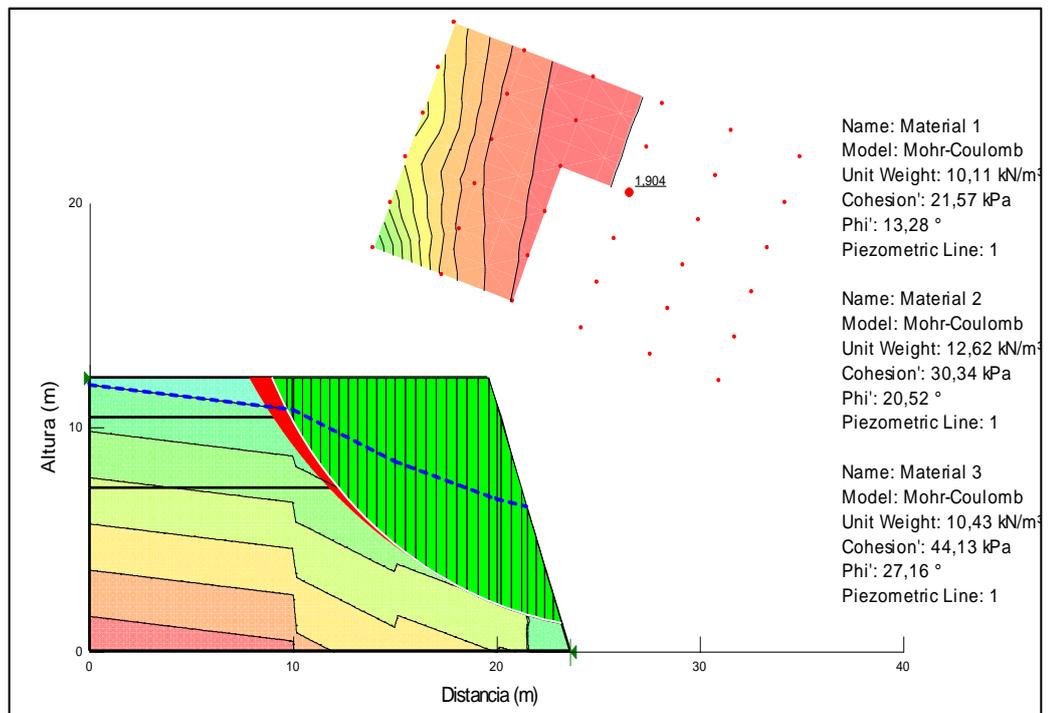
En el desplegable **View** esciger la opción **Report**.



La superficie de coloración roja es la superficie de deslizamiento crítica.



### GRÁFICA DEL FACTOR DE SEGURIDAD ADECUADO



## **Talud 30+170 NF**

Report generated using GeoStudio 2012. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

Datos de Información:

CreatedBy: Sandra Rojas

Last Edited By: Sandra Rojas

Revision Number: 8

File Version: 8.2

Tool Version: 8.12.3.7901

File Name: 30+170.gsz

Directory: Tesis\Talud 30+170\

## **CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO**

Length (L) Units: meters

Time (t) Units: Seconds

Force (F) Units: kN

Pressure (p) Units: kPa

Strength Units: kPa

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m<sup>3</sup>

View: 2D

Element Thickness: 1

## **CONFIGURACIÓN DE ANÁLISIS**

### **Talud 30+170 NF**

Description: Análisis del talud abscisa 30+170 con nivel freático

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

Lambda 1:	-1
Lambda 2:	-0,8
Lambda 3:	-0,6
Lambda 4:	-0,4
Lambda 5:	-0,2
Lambda 6:	0
Lambda 7:	0,2
Lambda 8:	0,4
Lambda 9:	0,6
Lambda 10:	0,8
Lambda 11:	1

**PWP Conditions Source: Piezometric Line**

Apply Phreatic Correction: Yes

Use Staged Rapid Drawdown: No

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

F of S Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

F of S Tolerance: 0,001

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Optimization Maximum Iterations: 2.000  
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007  
Starting Optimization Points: 8  
Ending Optimization Points: 16  
Complete Passes per Insertion: 1  
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °  
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

## **Materials**

### **Material 1**

Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 10, 11 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion<sup>?</sup>: 21, 57 kPa  
Phi<sup>?</sup>: 13, 28 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

### **Material 2**

Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 12, 62 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion<sup>?</sup>: 30, 34 kPa  
Phi<sup>?</sup>: 20, 52 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

### **Material 3**

Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 10,43 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion<sup>?</sup>: 44,13 kPa

Phi': 27,16 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### **Slip Surface Grid**

Upper Left: (18; 28) m

Lower Left: (14; 18) m

Lower Right: (31; 12) m

Grid Horizontal Increment: 5

Grid Vertical Increment: 5

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

### **Slip Surface Radius**

Upper Left Coordinate: (10; 11) m

Upper Right Coordinate: (21; 5) m

Lower Left Coordinate: (8; 5) m

Lower Right Coordinate: (20; 2) m

Number of Increments: 5

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

### **Slip Surface Limits**

Left Coordinate: (0; 12,2) m

Right Coordinate: (23,6; 0) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

**X (m) Y (m)**

Coordinate 1	0	11,9
Coordinate 2	10	10,8
Coordinate 3	15	8,5
Coordinate 4	20	6,8
Coordinate 5	21,5	6,4

**Current Slip Surface**

Slip Surface: 132

F of S: 1,904

Volumen: 84,785985 m<sup>3</sup>

Weight: 944,19586 kN

Resisting Moment: 17.855,512 kN-m

Activating Moment: 9.380,2179 kN-m

Resisting Force: 744,82863 kN

Activating Force: 391,29373 kN

F of S Rank: 1

Exit: (23,189024; 1,2500512) m

Entry: (8,9615394; 12,2) m

Radius: 19,451357 m

Center: (26,6; 20,4) m

### Slip Slices

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	9,3115	11,5186	-6,2293	-12,1836	-2,8755	21,57
2	9,7888	10,6186	1,9827	-2,4720	-1,0514	21,57
3	9,9580	10,3305	4,5931	-4,2946	-3,3265	30,34
4	10,2173	9,9213	6,3028	1,0257	-1,9751	30,34
5	10,6521	9,2699	9,9562	9,7463	-0,0785	30,34
6	11,0948	8,6608	13,2379	17,9145	1,7503	30,34
7	11,5454	8,0878	16,1986	25,6205	3,5264	30,34
8	11,9960	7,5561	18,8243	32,7960	5,2293	30,34
9	12,4529	7,0545	21,1836	32,1600	5,6313	44,13
10	12,9160	6,5798	23,3019	37,9387	7,5093	44,13
11	13,3791	6,1359	25,1706	43,3736	9,3390	44,13
12	13,8422	5,7200	26,8123	48,5016	11,1276	44,13
13	14,3053	5,3299	28,2459	53,3532	12,8812	44,13
14	14,7684	4,9635	29,4872	57,9537	14,6046	44,13
15	15,2521	4,6049	33,4871	62,9717	15,1270	44,13
16	15,7563	4,2544	35,0608	67,5465	16,6667	44,13
17	16,2605	3,9269	36,4332	71,8779	18,1848	44,13
18	16,7647	3,6209	37,6163	75,9831	19,6840	44,13
19	17,2689	3,3353	38,6201	79,8766	21,1665	44,13
20	17,7731	3,0690	39,4537	83,5706	22,6340	44,13
21	18,2773	2,8213	40,1246	87,0756	24,0880	44,13
22	18,7970	2,5847	40,6510	90,4973	25,5735	44,13
23	19,3323	2,3596	41,0294	93,8335	27,0910	44,13
24	19,8	2,1772	41,2356	91,0972	25,5813	44,13
25	20,1	2,0671	43,0895	84,6314	21,3129	44,13
26	20,45	1,9483	43,3225	74,7076	16,1020	44,13

27	20,95	1,78912	43,5596	59,0506	7,94762	44,13
28	21,35	1,6711	43,6628	47,2711	1,8512	44,13
29	21,7111	1,5743	0	35,1322	18,0245	44,13
30	22,1333	1,4696	0	24,2656	12,4494	44,13
31	22,5556	1,3749	0	13,1575	6,75047	44,13
32	22,9778	1,2900	0	1,8111	0,92919	44,13

### 6.8.1 Diseño de la cuneta de coronación:

De acuerdo a las normas del MTOP y tomando en cuenta la topografía del terreno, se adopta una cuneta de sección cuadrada, con un ancho libre de 0.40 m y un espesor de 0.10 m, la misma que no requiere de mucho espacio, tiene mayor facilidad de construcción y mantenimiento:

$$Q_{adm.} > Q_{m\acute{a}x}$$

$$Q_{m\acute{a}x.} = \frac{C * I * A}{360}$$

Valores de escorrentía para distintos factores Norma de diseño MTOP.

<b>POR EL TIPO DE SUELO</b>	<b>C</b>
Arcilla compacta impermeable	0.1
Suelo limo arenoso no muy compactado	0.2
Combinación de limo y arcilla	0.4
<b>POR LA CAPA VEGETAL</b>	<b>C</b>
Terrenos cultivados	0.1
Bosques	0.2

C=0.5

### Caudal admisible (Q adm.)

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = V * A$$

$$Ar_{moj.} = b * h$$

$$P_{moj} = X_1 + X_2$$

$$Ar_{moj.} = 0.40 * 0.50$$

$$P_{moj} = 0.30 + 0.40$$

$$Ar_{moj.} = 0.20 \text{ m}^2$$

$$P_{moj} = 0.70 \text{ m}$$

$$R_{Hidr.} = \frac{Am}{Pm}$$

$$R_{Hidr.} = \frac{0.20}{0.70}$$

$$R_{Hidr.} = 0.29 \text{ m}$$

Valor de J = 1 para casos de escorrentía mayor a C = 0.3

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = V * A$$

$$V = \frac{1}{1} * 0.29^{\frac{2}{3}} * 1^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0.014 * 0.20$$

$$V = 0.014 \text{ m}^3$$

$$Q = 0.0028 \frac{\text{m}^3}{\text{seg.}}$$

### Caudal máximo (Q máx.)

$$T_c = 0.195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

$$I = 989.96 * T_c^{-0.5556}$$

$$T_c = 0.195 * \left(\frac{80^3}{13}\right)^{0.385}$$

$$I = 989.96 * 9.71^{-0.5556}$$

$$T_c = 9.71 \text{ mín.}$$

$$I = 279.97 \text{ mm/h}$$

$$\text{Área básica} = (\text{cumbre} + \text{cuneta}) * L$$

$$\text{Área básica} = (4.0 + 0.40) * 80$$

$$\text{Área básica} = 352 \text{ m}^2 \cong 0.0352 \text{ Há}$$

$$Q_{m\acute{a}x.} = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q_{m\acute{a}x.} = \frac{0.50 * 279.97 * 0.0352}{360}$$

$$Q_{m\acute{a}x.} = 0.014$$

$$Q_{adm.} > Q_{m\acute{a}x}$$

$$0.0028 \frac{m^3}{seg.} > 0.014 \frac{m^3}{seg.}$$

Diseño cumple.

### **6.8.2 Solución al problema de deslizamiento**

Como puntos principales se deben considerar los siguientes planteamientos de solución:

1. Cambio de la pendiente del talud a 1V: 0.75H.
2. Construcción de cunetas de coronación.
3. Estabilización con hormigón lanzado y malla eslabonada. (Ver Anexo 8)

### **Procedimiento de ejecución**

1. Por medio de una excavadora se procede a realizar el perfilado del talud con la ejecución de una berma a 7 m. de altura con un talud al 75% de inclinación.
2. En la superficie del talud colocar tubería perforada de 2" y con las perforaciones de 5.6 mm de diámetro para sistemas de drenaje del agua proveniente del talud transversal al talud para una mayor captación del agua, estas tuberías deben ser colocadas cada 2,50 m. de longitud con una profundidad de 1,50 m.

3. Excavación a mano para la conformación del dado de cimentación sobre la cumbre del talud con una sección de 0,40 m. de ancho por 0,50 m. de altura para la previa colocación del cable de acero que servirá como soporte y anclaje para la malla eslabonada.
4. Una vez que se tiene anclado el cable de acero con la malla eslabonada se procede al anclaje de la malla eslabonada sobre la superficie del talud con anclajes prefabricados de barras de acero (cada 80 cm ver detalle en anexo N°08).
5. En el pie del talud se proceda anclar la base de la malla eslabonada (ver detalle anexo N°08) con un segundo cable de acero asegurándose que la malla quede bien sujeta a la superficie del talud.
6. Para el proceso de lanzado de hormigón la superficie del talud debe estar humedecida para que la adherencia del hormigón y talud sea uniforme.
7. Para lo cual con la ayuda de un tanquero con cañón se humedece la superficie del talud.
8. El hormigón a colocarse para la estabilización de taludes debe ser en este caso con una resistencia de  $f^c = 350 \text{ Kg/cm}^2$  por ende para obtener un hormigón con esa resistencia es recomendable sacarlo desde una planta para garantizar la resistencia del hormigón requerido (Ver anexo 6).
9. Una vez que el mixer llega a obra se procede a verificar los niveles de asentamientos requeridos para su empleo según el diseño del hormigón, con la utilización de cono de Abrahams. Como recomendación de seguridad el mixer debe ubicarse paralelo al talud a una distancia de 2 m. mínimos en el mejor de los casos.

10. Como método de colocación para una mayor cobertura se recomienda colocar una primera capa de hormigón esperando unos 20 minutos para colocar una segunda capa y comprobar que el espesor colocado sea el adecuado (espesor igual a 10 cm).
  
11. Cuando ya se han concluido con el procedimiento del hormigón lanzado se procede a realizar la excavación manual en la cumbre del talud para la respectiva construcción de las cunetas de coronación, receptando así la mayor cantidad de agua posible del talud y sobre todo de fuentes de drenaje que se ejecuten en el talud.
  
12. Se ejecuta la fundición de las cunetas de coronación con una pendiente del 2% para una correcta circulación del caudal.

### 6.8.3 Presupuesto de ejecución

Los precios unitarios del proyecto revisar en anexo N° 07.

#### PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO

PROYECTO: **EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA**

PROVINCIA: **COTOPAXI**

RUBROS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CONTRATADO	
				CANTIDAD	VALOR
<b>I. MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
303-2(2)	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR INC. DESALOJO	m3	5.77	471.50	2 720.24
<b>II. DRENAJE</b>					
307-3(1)	EXCAVACIÓN PARA CUNETAS Y ENCAUZAMIENTOS (A MANO)	m3	3.36	41.60	139.70
503(2)	HORM. ESTRUCT. DE CEMENTO PORTLAND CLASE B (f'c = 210 Kg/cm2)	m3	164.58	26.00	4 279.07
504(1)	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS fy = 4200 kg/cm2	kg.	2.25	24.90	56.03
<b>III. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES</b>					
503 (8)Ea	HORMIGÓN LANZADO	m3	410.72	140.00	57 500.23
	MALLA ESLABONADA PARA RECUBRIMIENTOS	m2	47.00	1 400.00	65 805.60
<b>IV. IMPACTOS AMBIENTALES</b>					
705-(1)	CINTAS DE SEGURIDAD	m	0.13	400.00	50.90
<b>TOTAL:</b>					<b>\$ 130 551.77</b>

**I. MOVIMIENTO DE TIERRAS****EXCAVACIÓN EN SUELO, ROCA, MARGINAL**

Excavación total 471,50 m3.

Suelo 34,78%	164,00	M3.
Roca 30,44%	143,50	M3.
Marginal 34,78%	164,00	M3.
Ancho promedio	10,00	M.
Longitud	100,00	M.
Espesor promedio	4,00	M.
Volumen	410,00	

**VOLUMEN TOTAL:** 471,50 M3.**II. DRENAJE****EXCAVACIÓN PARA CUNETAS Y ENCAUZAMIENTOS**

Longitud cunetas	130,00	M.
Sección cunetas	0,16	M3./M.
Número de lados	2,00	
Volumen	41,60	M3.

**VOLUMEN TOTAL:** 41,60 M3.**HORMIGÓN CLASE B f'c = 210 Kg/cm2**

Longitud	130,00	M.
Sección	0,10	M3./M.
Número de lados	2,00	
Volumen	26,00	M3.

**VOLUMEN TOTAL:** 26,00 M3.**ACERO DE REFUERZO EN BARRAS**

Cuantía de acero por m3 de hormigón 15%	24,90	Kg/M3.
(26 + 140) = 166		
166 * 0.15 = 24.9		

**PESO TOTAL** 24,90 Kg.

### III. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

#### HORMIGÓN LANZADO

Longitud	100,00	M.
Espesor	0,10	M.
Altura	14,00	M.
Volumen	140,00	M3.

<b>VOLUMEN TOTAL:</b>	<b>140,00</b>	<b>M3.</b>
-----------------------	---------------	------------

#### MALLA ESLABONADA Tecco G-65

Longitud	100,00	M.
Altura	14,00	M.

<b>SUPERFICIE TOTAL:</b>	<b>1.400,00</b>	<b>M2.</b>
--------------------------	-----------------	------------

### IV. IMPACTOS AMBIENTALES

#### CINTA DE SEGURIDAD

Longitud	100,00	M.
Cantidad	4,00	M.

<b>SUPERFICIE TOTAL:</b>	<b>400,00</b>	<b>M2.</b>
--------------------------	---------------	------------

## 6.9 ADMINISTRACIÓN

Para implementar la propuesta de estabilizar taludes, básicamente, se necesitan recursos económicos, técnicos y administrativos.

Para lo cual se debe considerar un adecuado planeamiento de actividades a desarrollarse sobre el talud para realizar un método de estabilización sobre el talud.

### 6.9.1 Recursos económicos

Las instituciones inmersas en la planificación vial como el MTOP, Consejos Provinciales deben asignar los recursos suficientes para la ejecución de estudios de ingeniería completos, que contemplen los últimos avances de la técnica vial,

métodos actualizados en construcción y métodos de mantenimiento tanto vial como monitoreo de taludes inestables.

El presupuesto referencial sería de vital importancia puesto que si se llevase a cabo el objeto del presente brindaría una estabilidad al talud y una mayor protección a posibles deslizamientos.

### **6.9.2 Recursos técnicos**

Es imprescindible la presencia de técnicos especializados en el diseño y estabilización de laderas y taludes, conocedores de los nuevos adelantos en materiales, equipos y fundamentos científicos para cumplir con los proyectos planificados.

### **6.9.3 Recursos Administrativos**

El estudio y seguimiento de la ejecución de taludes deben apoyarse en un equipo administrativo que dispongan de la logística suficiente como personal idóneo, equipos de última tecnología, laboratorios, etc. Además la administración orientará y priorizará los proyectos de acuerdo a su importancia para el desarrollo del país.

## C) MATERIALES DE REFERENCIAS

### 1. Bibliografía

#### Bibliografía

1. ARENAS LOZANO Hugo León (1999) Teoría de los pavimentos Universidad del Cauca FIC Colombia.
2. ARQUIE G., (1986) Teoría de la compactación Estados Unidos.
3. ASTI VERA, Armando (1972) Metodología de la Investigación Cincel Madrid, España.
4. BOWLES, Joseph E (1996) Manual De Laboratorio De Suelos Mac Graw Hill México DF México.
5. BOWLES Joseph E (1992) Propiedades Geofísicas De Los Suelos Mac Graw Hill México DF México.
6. CATERPILLAR. (1992) Manual de compactación Santa Fé de Bogotá.
7. CORREDOR, Gustavo, (1992) Diseño de Pavimentos, Caracas Universidad Santa María.
8. ARREDONDO, Francisco. (1997). Compactación de terrenos terraplenes y pedraplenes. Editores técnicos asociados S.A. Madrid, 466 p.
9. AYALA, Francisco. (1991). Manual de ingeniería de taludes. Instituto Tecnológico Geo minero de España, Madrid. 456 p.

10. Braja, Das. (2001). Fundamentos de ingeniería geotécnica, Cengage Learning Editores, México. 594 p.
11. CRESPO Villalaz C (1996) Mecánica De Suelos Y Cimentaciones Limusa México DF, México.
12. CARDENAS, James. (1993) Diseño geométrico de vías. Editorial Lito Camargo Ltda. Universidad del Valle. Cauca, 357 p.
13. CRUZ FERNANDEZ, María del Pilar (1998) Informática Educativa ISPETP Habana, Cuba.
14. CURSO INTERNACIONAL DE CARRETERAS Firmes y Pavimentos II, (1992), Madrid España.
15. GORDON A, Fletcher (1994) Estudios De Suelos Y Cimentaciones En La Industria De La Construcción Limusa México DF México.
16. GRAUX Daniel (1995) Fundamentos De Mecánica Del Suelo Proyecto De Muros Y Cimentaciones E.T.A. España.
17. CRESPO, Carlos. (2005). Mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa, México. 650 p.
18. IZQUIERDO, Francisco. (2001). Cuestiones de geotecnia y cimientos. Editorial. Universidad Politécnica de valencia, valencia. 227 p.
19. JUAREZ BADILLO, Eulalio (1980) Fundamentos De La Mecánica De Suelos LIMUSA México DF, México
20. JUAREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRIGUEZ, Alfonso (1987) Mecánica De Suelos LIMUSA México DF, México.
21. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DEL ECUADOR,(2011) Especificaciones de construcción de carreteras NEVI, MTOP.

22. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR, (1989) Manual visualizado de ensayos para pavimentos. PUCE, Quito Ecuador.
23. WACKER. (1986) Compactación del Suelo. Edit Univer. Santa Fé de Bogotá.
24. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE COLOMBIA,(1970) Especificaciones de construcción, Bogotá Colombia.
25. MORENO L. Víctor y TERREROS, Carmen (1996) Laboratorio De Mecánica De Suelos Editorial Universidad Estatal Guayaquil, Ecuador.

### **Webgrafía**

1. SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y LADERAS JOSÉ CANDELA GONZÁLEZ, Ingeniero de Caminos, Director de Proyectos Especiales Terratest Técnicas Especiales S.A.<http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>
2. CURSO DE GEOTECNIA PARA INFRAESTRUCTURAS; Sevilla, 2004, ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN SUELO, Luis Ortuño Abad; Uriel y Asociados, S.A., Prof. Asociado. ETSICCP. UPM <http://www.urielyasociados.es/img/formacion/ponencia5.pdf>
3. ENSAYO TRIAXIAL ASTM D 2850 <http://noticias.espe.edu.ec/hfbonifaz/files/2012/09/ENSAYO-TRIAxIAL.pdf>
4. ENSAYO TRIAXIAL, [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/triaxial.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/triaxial.pdf)
5. SOLUCIONES GEOTÉCNICAS EN ESTABILIDAD DE TALUDES; Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado, [http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a\\_labgeo/labgeo30\\_p.pdf](http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo30_p.pdf)
6. ELABORACIÓN DEL ESTUDIO Y PROYECTO EJECUTIVO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE CORTES; <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/col/estudios/2005/06CL2005V0001.pdf>

## **2. ANEXOS**

### **ANEXO 1**

### **ENSAYOS DE LABORATORIO**

## **CALICATAS EN TALUD**

- **PERFÍL ESTRATIGRÁFICO**
- **HUMEDAD**
- **LÍMITES DE ATTERBERG**
- **GRANULOMETRÍA**

**CALICATA 01**

**VÍA LATACUNGA – LA MANÁ – SECTOR**

**CRUZ BLANCA**

**PROVINCIA DE COTOPAXI**

**ABSCISA 30+140**

## CALIGATA

SOLICITANTE: SANDRA ROJAS	F. Inicio: Marzo 10, 2014	CALICATA: <b style="color: red; font-size: 1.2em;">1</b>
PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	F. Fin: Marzo 10, 2014	
LOCALIZACIÓN: VÍA LATACUNGA - LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA	Calculado por: Ing. A. Hanna S.	N. Freático

MUESTRA N	DESCRIPCION	PERFIL	N.F. Prof. (m)	Altura (m)	Cota	HUMEDADES %					LIMITES DE ATTERBERG				v T/m³	GRANULOMETRIA			SUCS	
						W %	WL %	WP %	IP	Nº 4 %	Nº 40 %	Nº 200 %								
2	Limo arenosa, color negro con poca grava	[REDACTED]		1,00		0	20	40	60	80	100									
				0,50									23,04	N.F.	N.F.	N.F.	98,72	69,70	31,98	SM
1	Limo medio arenosa, color café oscuro con poca grava				0,00								21,34	N.F.	N.F.	N.F.	98,72	69,70	31,98	SM
	VIA EXISTENTE																			

  
 CONSTRUCTORA  
 S.A. Ltda  
bc  
[Signature]



**CALICATA 02**

**VÍA LATACUNGA – LA MANÁ – SECTOR**

**CRUZ BLANCA**

**PROVINCIA DE COTOPAXI**

**ABSCISA 30+170**





**CALICATA 03**

**VÍA LATACUNGA – LA MANÁ – SECTOR  
CRUZ BLANCA  
PROVINCIA DE COTOPAXI  
ABSCISA 30+200**

## CALIGATA

SOLICITANTE: SANDRA ROJAS	F. Inicio: Marzo 10, 2014	CALIGATA: <b>3</b>	
PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	F. Fin: Marzo 10, 2014		
LOCALIZACIÓN: VÍA LATACUNGA - LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA	Calculado por: Ing. A. Hanna S.	N. Freático	

MUESTRA N	DESCRIPCION	PERFIL	N.F. Prof. (m)	Altura (m)	Cota	HUMEDADES %						LIMITES DE ATTERBERG				v	GRANULOMETRIA			SUCS		
						W %	WL %	WP %	IP	T/m³	Porcentaje que pasa acumulado											
						0	20	40	60	80	100					Nº 4 %	Nº 40 %	Nº 200 %				
2	Toba cementada de baja plasticidad, color café oscuro con poca grava			1,50																		
					1,00								33,68	N.F.	N.F.	N.F.		97,46	75,04	45,72	SM	
1	Limo medio arenosa, color café oscuro con poca grava				0,00								33,44	N.F.	N.F.	N.F.		97,46	75,04	45,72	SM	
	VIA EXISTENTE																					

**Constructora G. Ltda.**



**CALICATA 01**

**ENSAYO TRIAXIAL U-U EN TALUDES**





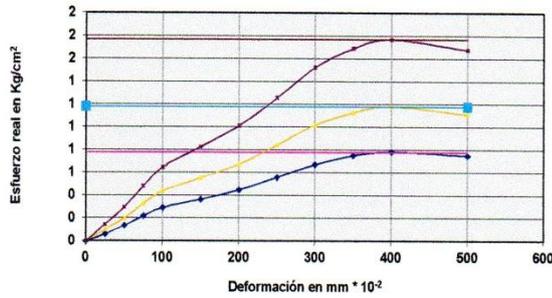


## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

(DEFORMACIÓN CONTROLADA)

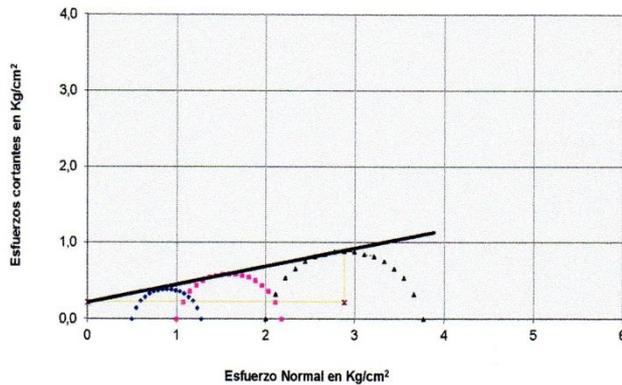
<b>PROYECTO:</b>	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	<b>FECHA:</b>	MARZO 31, 2014
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VÍA LATACUNGA - LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	
<b>SOLICITADO POR:</b>	SANDRA ROJAS	<b>PRES. DE LA CÁMARA:</b>	7 - 14 - 28 lb/pulg2
<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	U-U	<b>ALTURA INICIAL:</b>	13,50
<b>DIÁMETRO:</b>	6,50	<b>ALTURA FINAL:</b>	
<b>Área (Ao):</b>	33,18	<b>CALICATA:</b>	1
<b>Operador:</b>	SR. MARIO MARTINEZ	<b>Calculado por:</b>	ING. ALBERTO HANNA S.

Relaciones Esfuerzo Deformación



ESFUERZOS		
Principal menor $\tau_3$		Desviador Máximo ( $\tau_{1-3}$ )
Lb/pulg2	Kg/cm2	Kg/cm2
7,00	0,78	0,39
14,00	1,18	0,59
28,00	1,77	0,89
<b>c =</b>		0,22
<b><math>\phi</math> =</b>		13,26

Determinación de "c" y " $\phi$ "



CONSTRUCTORA  
 HANNA  
 G. LINDA

**CALICATA 02**

**ENSAYO TRIAXIAL U-U EN TALUDES**

**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**  
 (DEFORMACIÓN CONTROLADA)

**PROYECTO:** ESTABILIZACIÓN DE TALUDES **FECHA:** MARZO 31, 2014  
**LOCALIZACIÓN:** VÍA LATACUNGA - LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA **CONSTANTE k:** 0,13765  
**SOLICITADO POR:** SANDRA ROJAS **PRES. DE LA CÁMARA:** 28,00 lb/pulg2  
**TIPO DE ENSAYO:** U-U **ALTURA INICIAL:** 13,00  
**DIÁMETRO:** 6,00 **ALTURA FINAL:**  
**Área (Ao):** 28,27 **CALICATA:** 2  
**Operador:** SR. MARIO MARTINEZ **Calculado por:** ING. ALBERTO HANNA S.

CARGA		Deformación vertical		1 - ε	Área Corregida Ao / (1 - ε)	Esfuerzo de compresión Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIÓN		
DIAL LC-2	Kg	DIAL LC-8 0.0001"	ε = ΔH/H						
0	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	28,2744	0,0000	Esquema de la rotura		
30	4,0951	0,0023	0,0019	0,9981	28,3289	0,1446			
67	9,2053	0,0051	0,0038	0,9962	28,3836	0,3243			
111	15,2447	0,0085	0,0058	0,9942	28,4385	0,5361			
151	20,8196	0,0116	0,0077	0,9923	28,4936	0,7307			
195	26,8590	0,0150	0,0115	0,9885	28,6045	0,9390			
238	32,7607	0,0183	0,0154	0,9846	28,7162	1,1408			
302	41,5875	0,0232	0,0192	0,9808	28,8288	1,4426			
367	50,5520	0,0283	0,0231	0,9769	28,9423	1,7466			
414	57,0043	0,0319	0,0269	0,9731	29,0567	1,9618			
431	59,3788	0,0332	0,0308	0,9692	29,1720	2,0355			
415	57,0559	0,0319	0,0385	0,9615	29,4054	1,9403			
								Contenido de Humedad	
							W =            W <sub>D</sub> =		
							W <sub>D</sub> =            W <sub>R</sub> =		
							W <sub>ω</sub> =            W <sub>S</sub> =		
							$\omega = \frac{W_{\omega}}{W_s} \times 100$		
							ω =		
							Peso Unitario		
									W =
									V =
									$\gamma = \frac{W}{V}$

  
 B.C. Ltda



**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**  
 (DEFORMACIÓN CONTROLADA)

**PROYECTO:** ESTABILIZACIÓN DE TALUDES  
**LOCALIZACIÓN:** VÍA LATAACUNGA - LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA  
**SOLICITADO POR:** SANDRA ROJAS  
**TIPO DE ENSAYO:** U-U  
**DIÁMETRO:** 6,00  
**Área (Ao):** 28,27  
**Operador:** SR. MARIO MARTINEZ

**FECHA:** MARZO 31, 2014  
**CONSTANTE k:** 0,13765  
**PRES. DE LA CÁMARA:** 7,00 lb/pulg2  
**ALTURA INICIAL:** 13,00  
**ALTURA FINAL:**  
**CALICATA:** 2

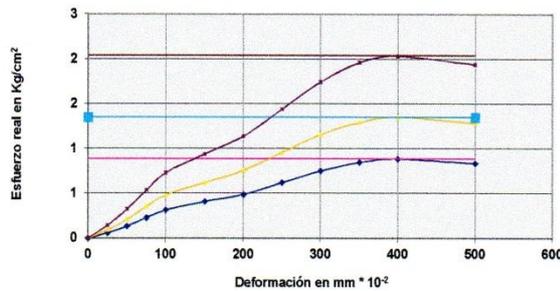
**Calculado por:** ING. ALBERTO HANNA S.

CARGA		Deformación vertical		1 - ε	Área Corregida Ao / (1 - ε)	Esfuerzo de compresión Kg/cm²	OBSERVACIÓN		
DIAL LC-2	Kg	DIAL LC-8 0.0001"	ε = ΔH/H						
0	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	28,2744	0,0000	<b>Esquema de la rotura</b>		
12	1,6518	0,0009	0,0019	0,9981	28,3289	0,0583			
28	3,8542	0,0022	0,0038	0,9962	28,3836	0,1358			
47	6,4696	0,0036	0,0058	0,9942	28,4385	0,2275			
65	8,9473	0,0050	0,0077	0,9923	28,4936	0,3140			
85	11,7003	0,0065	0,0115	0,9885	28,6045	0,4090			
102	14,0403	0,0078	0,0154	0,9846	28,7162	0,4889			
130	17,8945	0,0100	0,0192	0,9808	28,8288	0,6207			
158	21,7487	0,0122	0,0231	0,9769	28,9423	0,7515			
179	24,6394	0,0138	0,0269	0,9731	29,0567	0,8480			
188	25,8782	0,0145	0,0308	0,9692	29,1720	0,8871			
179	24,6394	0,0138	0,0385	0,9615	29,4054	0,8379			
								<b>Contenido de Humedad</b>	
									W =            W <sub>D</sub> =
									W <sub>D</sub> =            W <sub>R</sub> =
									W <sub>ω</sub> =            W <sub>S</sub> =
									$\omega = \frac{W_{\omega}}{W_s} \times 100$
							ω =		
							<b>Peso Unitario</b>		
									W =
									V =
									$\gamma = \frac{W}{V}$

**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**  
 (DEFORMACIÓN CONTROLADA)

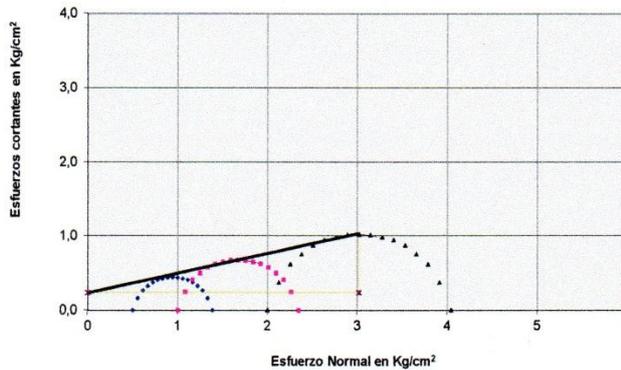
<b>PROYECTO:</b>	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	<b>FECHA:</b>	MARZO 31, 2014
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VÍA LATACUNGA - LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	
<b>SOLICITADO POR:</b>	SANDRA ROJAS	<b>PRES. DE LA CÁMARA:</b>	7 - 14 - 28 lb/pulg2
<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	U-U	<b>ALTURA INICIAL:</b>	13,00
<b>DIÁMETRO:</b>	6,00	<b>ALTURA FINAL:</b>	
<b>Área (Ao):</b>	28,27	<b>CALICATA:</b>	2
<b>Operador:</b>	SR. MARIO MARTINEZ	<b>Calculado por:</b>	ING. ALBERTO HANNA S.

Relaciones Esfuerzo Deformación



ESFUERZOS		
Principal menor $\tau_3$	Desviador Máximo ( $\tau_1 - \tau_3$ )	
Lb/pulg2	Kg/cm2	Kg/cm2
7,00	0,89	0,45
14,00	1,35	0,68
28,00	2,04	1,02
c =	0,2400	$\phi =$ 14,84

Determinación de "c" y " $\phi$ "



CONSTRUCTORA b  
 S.R.L. Ltda

**CALICATA 03**

**ENSAYO TRIAXIAL U-U EN TALUDES**

**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**  
 (DEFORMACIÓN CONTROLADA)

**PROYECTO:** ESTABILIZACIÓN DE TALUDES  
**LOCALIZACIÓN:** VÍA LATAACUNGA - LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA  
**SOLICITADO POR:** SANDRA ROJAS  
**TIPO DE ENSAYO:** U-U  
**DIÁMETRO:** 6,00  
**Área (Ao):** 28,27  
**Operador:** SR. MARIO MARTINEZ

**FECHA:** MARZO 31, 2014  
**CONSTANTE k:** 0,13765  
**PRES. DE LA CÁMARA:** 28,00 lb/pulg2  
**ALTURA INICIAL:** 12,00  
**ALTURA FINAL:**  
**CALICATA:** 3

**Calculado por:** ING. ALBERTO HANNA S.

CARGA		Deformación vertical		1 - ε	Área Corregida Ao / (1 - ε)	Esfuerzo de compresión Kg/cm²	OBSERVACIÓN		
DIAL LC-2	Kg	DIAL LC-8 0.0001"	ε = ΔH/H						
0	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	28,2744	0,0000	<b>Esquema de la rotura</b>		
37	5,0242	0,0030	0,0021	0,9979	28,3334	0,1773			
64	8,8096	0,0053	0,0042	0,9958	28,3927	0,3103			
118	16,2427	0,0098	0,0063	0,9938	28,4522	0,5709			
145	19,9593	0,0121	0,0083	0,9917	28,5120	0,7000			
205	28,1494	0,0170	0,0125	0,9875	28,6323	0,9831			
252	34,6534	0,0210	0,0167	0,9833	28,7536	1,2052			
311	42,8436	0,0259	0,0208	0,9792	28,8760	1,4837			
380	52,2382	0,0316	0,0250	0,9750	28,9994	1,8014			
423	58,1571	0,0352	0,0292	0,9708	29,1238	1,9969			
444	61,0478	0,0370	0,0333	0,9667	29,2494	2,0871			
427	58,7421	0,0356	0,0417	0,9583	29,5037	1,9910			
								<b>Contenido de Humedad</b>	
									W =            W <sub>D</sub> =
									W <sub>D</sub> =            W <sub>R</sub> =
							W <sub>ω</sub> =            W <sub>S</sub> =		
							$\omega = \frac{W_{\omega}}{W_s} \times 100$		
							ω =		
							<b>Peso Unitario</b>		
									W =
									V =
									$\gamma = \frac{W}{V}$
								γ =	

  
 H.C. Lida

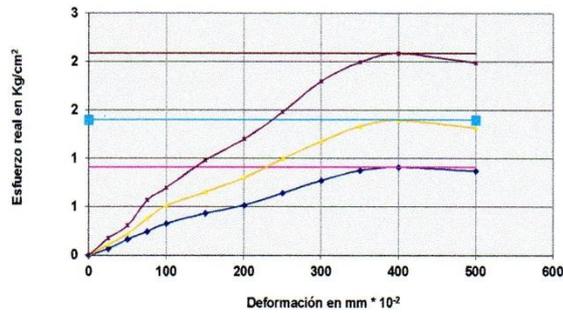




**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**  
 (DEFORMACIÓN CONTROLADA)

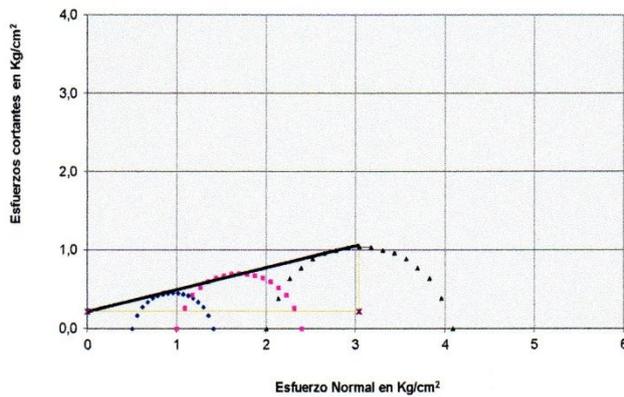
<b>PROYECTO:</b>	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	<b>FECHA:</b>	MARZO 31, 2014
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VÍA LATACUNGA - LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	
<b>SOLICITADO POR:</b>	SANDRA ROJAS	<b>PRES. DE LA CÁMARA:</b>	7 - 14 - 28 lb/pulg2
<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	U-U	<b>ALTURA INICIAL:</b>	12,00
<b>DIÁMETRO:</b>	6,00	<b>ALTURA FINAL:</b>	
<b>Área (Ao):</b>	28,27	<b>CALICATA:</b>	3
<b>Operador:</b>	SR. MARIO MARTINEZ	<b>Calculado por:</b>	ING. ALBERTO HANNA S.

Relaciones Esfuerzo Deformación



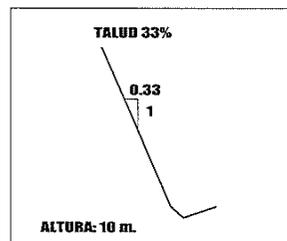
ESFUERZOS		
Principal menor $\tau_3$	Desviador Máximo ( $\tau_{1-3}$ )	
Lb/pulg2	Kg/cm2	Kg/cm2
7,00	0,91	0,46
14,00	1,40	0,70
28,00	2,09	1,04
<b>c = 0,22      <math>\phi = 15,61</math></b>		

Determinación de "c" y " $\phi$ "



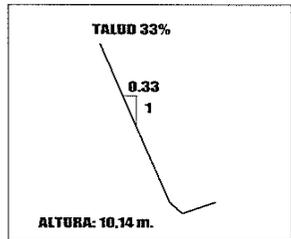
## **ANEXO 2**

### **REPORTES DE DISEÑO DE LA GEOMETRÍA DEL TALUD DEL Km 30+140**



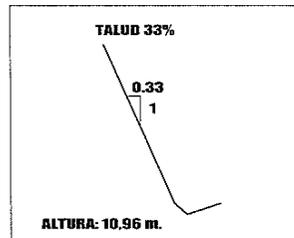
30+120.000

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>		
<b>PROYECTO:</b> "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"		<b>REALIZADO POR:</b> SANDRA ROJAS		
<b>TUTORA:</b> ING. M.Sc. LORENA PÉREZ	<b>CONTIENE:</b> PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD	<b>ESCALA:</b> 1:100	<b>FECHA:</b> JUN-2014	<b>PLANO No:</b> 001



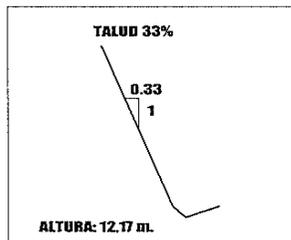
30+130.000

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>		
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>		
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>	PLANO No: <b>052</b>



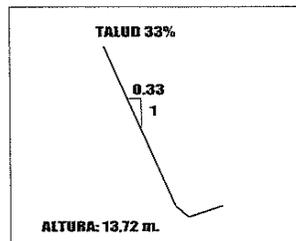
30+140.000

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>		
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>		
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>	PLANO No: <b>003</b>



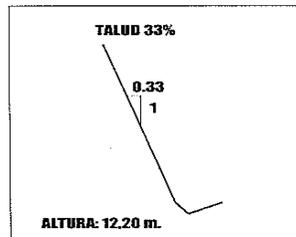
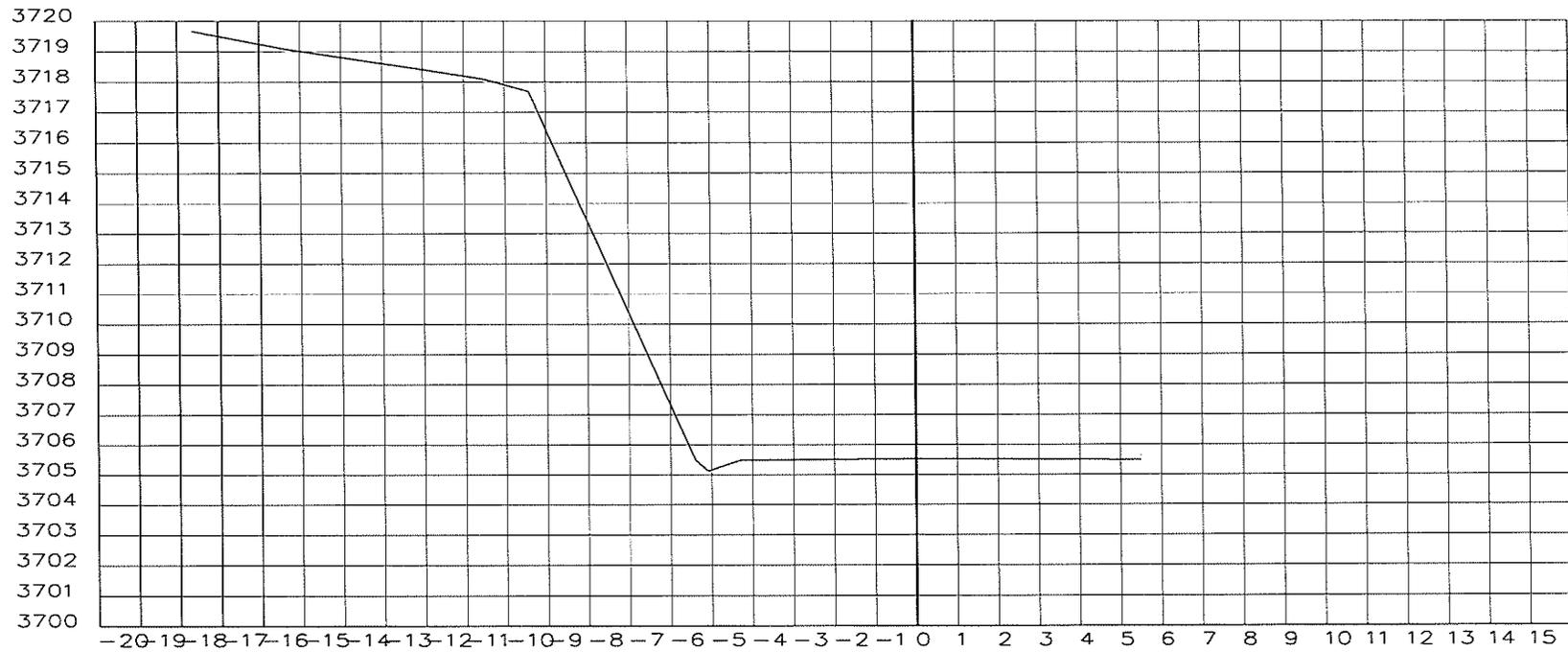
30+150.000

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>			
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>			
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>		CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>	
				PLANO No: <b>094</b>	



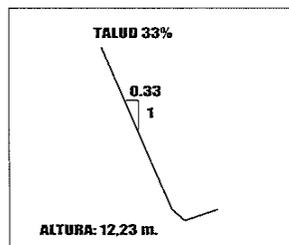
30+160.000

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>		
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>		
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>	PLANO No: <b>005</b>



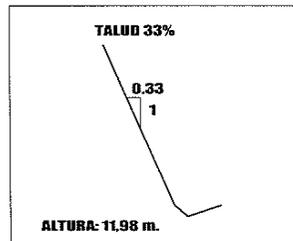
30+170.000

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>			
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>	
TUTORA: <b>JNG. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>
		PLANO No: <b>066</b>	



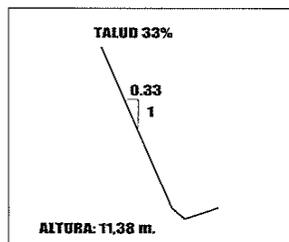
30+180.000

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>		
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>	PLANO No: <b>007</b>



30+190.000

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>	
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>
		PLANO No: <b>UC8</b>	

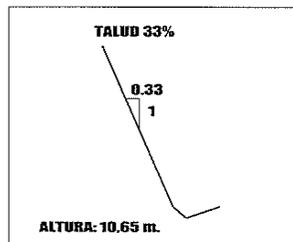


30+200.000



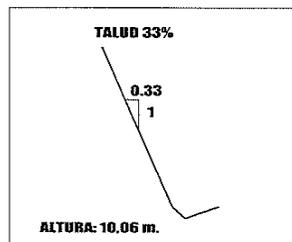
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA**

PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>	
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>
		PLANO No: <b>009</b>	



30+210.000

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>			
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>			
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>		CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>	
				PLANO No: <b>010</b>	



30+220.000

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>		
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>		
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	CONTIENE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DEL TALUD</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>JUN-2014</b>	PLANO No: <b>011</b>

## **ANEXO 3**

# **PLANOS DE UBICACIÓN NACIONAL, REGIONAL Y GEOLÓGICO**

## UBICACIÓN NACIONAL

### ECUADOR-COTOPAXI-LATACUNGA



Fuente: [http://mapas.owje.com/5763\\_mapa-de-la-provincia-de-cotopaxi-ecuador.html](http://mapas.owje.com/5763_mapa-de-la-provincia-de-cotopaxi-ecuador.html)

# UBICACIÓN REGIONAL

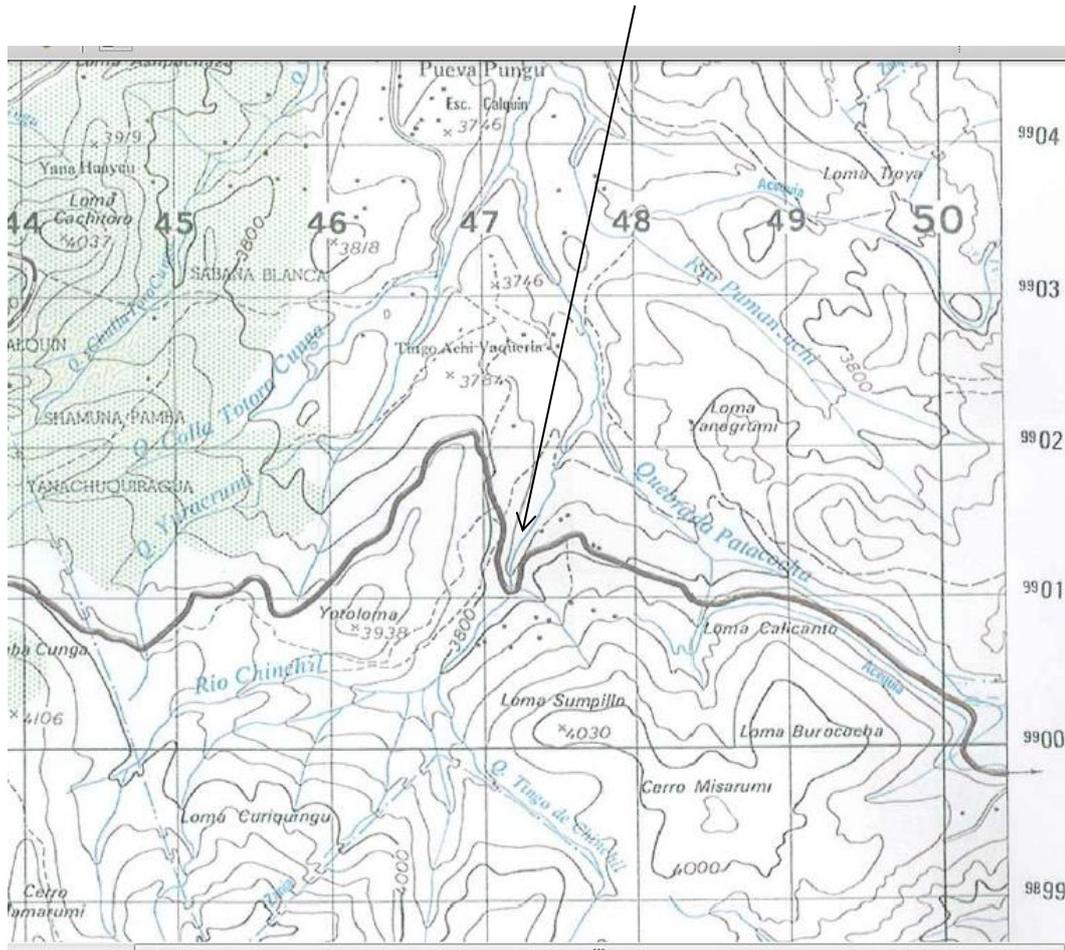
## COTOPAXI-PUJILÍ



Fuente: [http://mapas.owje.com/5763\\_mapa-de-la-provincia-de-cotopaxi-ecuador.html](http://mapas.owje.com/5763_mapa-de-la-provincia-de-cotopaxi-ecuador.html)

# UBICACIÓN GEOLÓGICA

## PUJILÍ-SECTOR CRUZ BLANCA



Fuente: Carta Topográfica PILALO, CT-ÑIII-E3, 3891-III

**ANEXO 4**  
**FOTOGRAFÍAS**

**FOTO N° 01: TALUD ABS. 30+100 -30+210**



**FOTO N° 02: TALUD ABS. 30+100 -30+210**



**FOTO N° 03: CALICATA01 ABS. 30+140**



**FOTO N° 04: CALICATA 01 ABS. 30+140**



**FOTO N° 05: CALICATA02 ABS. 30+170**



**FOTO N° 06: CALICATA 02 ABS. 30+170**



**FOTO N° 07: ESTRATOS DE SUELO**



**FOTO N° 08: CALICATA ABS. 30+200**



**FOTO N° 09: LONGITUD FALLA ABS. 30+170**



**FOTO N° 10: PROFUNDIDAD SUELO BUENO**



**FOTO N° 11: MALLA ESLABONADA PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**



**FOTO N° 12: HORMIGÓN LANZADO PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**



**FOTO N° 13: PERFILADO DE TALUD CON PENDIENTE AL 75% DE INCLINACIÓN DEL TALUD**



**FOTO N° 14: DESALOJO DEL MATERIAL DE EXCAVACIÓN DEL TALUD**



**FOTO N° 15: EXCAVACIÓN PARA DENTELLÓN DE ANCLAJE Y SU PROTECCIÓN CON MALLA**



**FOTO N° 16: COLOCACIÓN DE CABLE DE ACERO PARA SUJETACIÓN DE MALLA ESLABONADA**



**FOTO N° 17: COLOCACIÓN DE ANCLAJES DE HIERRO  
PREFABRICADOS**



**FOTO N° 18: COLOCACIÓN DE MALLA ESLABONADA SOBRE LA  
SUPERFICIE DEL TALUD**



**FOTO N° 19: COLOCACIÓN DE CABLE DE ACERO EN LA BASE DEL TALUD PARA ANCLAJE DE MALLA**



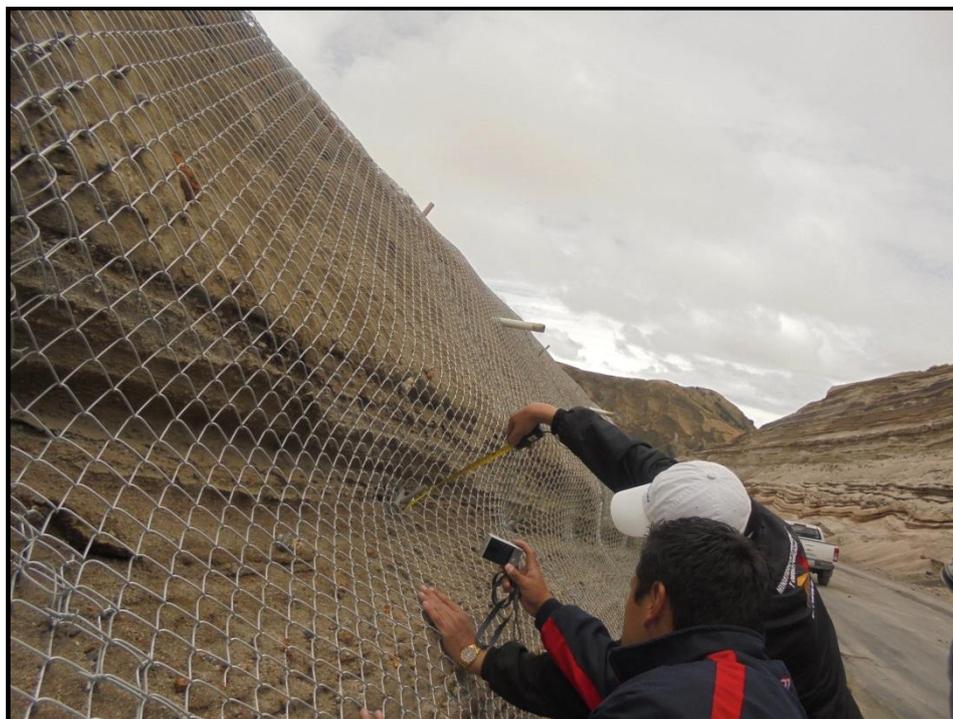
**FOTO N° 20: COLOCACIÓN DE TUBERÍA PERFORADA DE PVC PARA DRENAJE**



**FOTO N° 21: HUMEDICIMIENTO DEL TALUD PARA COLOCACIÓN DE HORMIGÓN LANZADO**



**FOTO N° 22: COMPROBACIÓN DE ESPESORES PARA COLOCACIÓN DE HORMIGÓN LANZADO**



**FOTO N° 23: PREPARACIÓN DE HORMIGÓN EN PLANTA PARA DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE HORMIGÓN**



**FOTO N° 24: TOMA DE ASENTAMIENTOS EN SITIO PARA LA COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN**



**FOTO N° 25: COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN EN LA BOMBA  
IMPULSADORA DEL HORMIGÓN LANZADO**



**FOTO N° 26: HORMIGÓN LANZADO COLOCADO EN CAPAZ PARA  
UNA MAYOR SEGURIDAD DE ADHERENCIA**



**FOTO N° 27: CURADO DE HORMIGÓN LANZADO MEDIANTE UN TANQUERO CON CAÑÓN**



**FOTO N° 28: EXCAVACIÓN EN LA CUMBRE Y BERMA DEL TALUD PARA CUNETETA DE CORONACIÓN**



**FOTO N° 29: FUNDICIÓN DE HORMIGÓN EN CUNETA DE CORONACIÓN**



**FOTO N° 30: FUNDICIÓN DE BAJANTES PARA EVACUACIÓN DE AGUAS DE CUNETAS DE CORONACIÓN**



**ANEXO 5**

**NORMAS Y ESPECIFICACIONES**

**NECESARIAS PARA LA EJECUCIÓN DE**

**ENSAYOS**

### **Ensayo triaxial no consolidado no drenado (UU)**

A este ensayo se lo denomina también ensayo rápido (Q) donde no se permite en ningún momento el drenaje. La probeta no es consolidada, por lo tanto no se disipa la presión de poros durante la aplicación de la presión isotrópica de cámara  $\sigma_3$  en la etapa de saturación.

Después de establecer la presión de confinamiento en la cámara, se conecta la prensa para aplicar la carga axial, se deben tomar lecturas de los deformímetros de deformación y de carga a intervalos regulares, de este último hasta que se produzca la falla o hasta que la deformación alcance un valor considerable (aproximadamente 20%).

El incremento del esfuerzo desviador es bastante rápido, lo que permite que no se disipe la presión de poros y los resultados puedan solo expresarse en términos de esfuerzo total. La duración del ensayo es de 10 a 15 minutos.

Este ensayo se usa para determinar el parámetro de resistencia no drenado  $c_u$  y es adecuado para arcillas saturadas.

En condiciones no drenadas, los suelos saturados presentan un esfuerzo de corte crítico que tiende a mantenerse constante para cualquier valor del esfuerzo normal.

Un aumento en el esfuerzo axial ocasiona un aumento semejante en la presión de poros, por lo tanto el esfuerzo efectivo normal permanece constante.

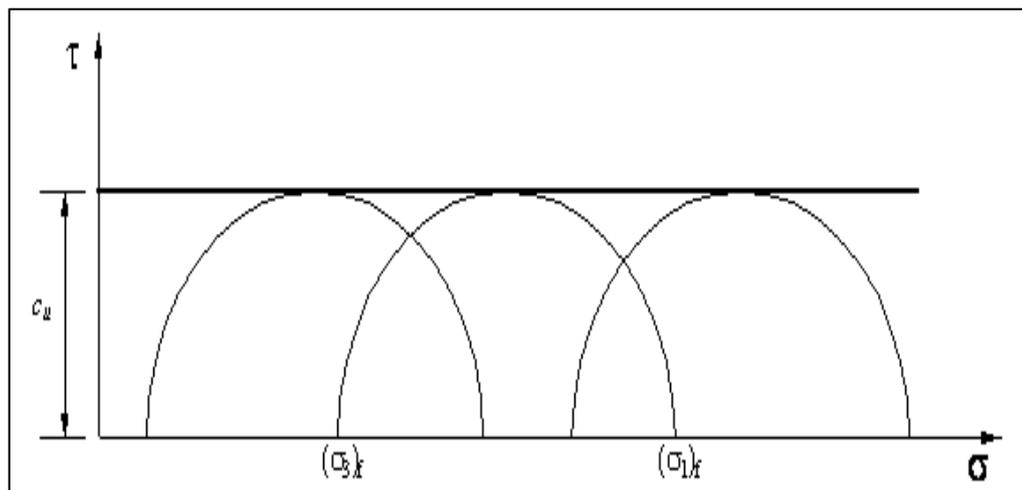
En una serie de ensayos no drenados efectuados bajo esfuerzos desviadores diferentes en probetas saturadas con el mismo suelo, los círculos de esfuerzos de Mohr para la combinación de esfuerzos de falla describirán la envolvente de falla no drenada como se muestra en el gráfico N°41.

La intersección de la envolvente con el eje de corte define el valor de la cohesión no drenada del suelo ( $c_u$ ).

Este parámetro de resistencia del suelo aparentemente es constante. Sin embargo, se deben notar dos condiciones importantes relacionadas con cualquier valor observado de  $c_u$ .

Primero el valor es relevante sólo para una masa de suelo sin drenado y segundo que el valor solo corresponde para un determinado contenido de humedad y volumen específico, por lo que se obtendrá un valor distinto para un diferente contenido de humedad y volumen específico.

Gráfico N°41: Envolvente de falla no drenado resultante del triaxial UU.



Fuente: [ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html](http://ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html)

Para poder dibujar el círculo de Mohr de esfuerzos es indispensable determinar los esfuerzos principales  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$ . Durante el ensayo triaxial (UU), se recolectan periódicamente valores de los deformímetros que controlan el anillo de carga y la deformación de la probeta ( $\Delta L$ ). La deformación vertical  $\varepsilon$ , es calculada con la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Donde:

$\varepsilon$  = Deformación vertical del espécimen de suelo.

$\Delta L$  = Deformación del espécimen registrado por el deformímetro.

$L_0$  = Longitud inicial del espécimen de suelo.

La carga P que transmite el vástago a la probeta de suelo es el producto de la medida que registra el deformímetro ubicado en el anillo de carga multiplicado por el factor de calibración del anillo, es decir:

$$P = (\text{Lectura del deformímetro}) * (\text{Factor de calibración del anillo})$$

Durante la comprensión el área transversal del espécimen de suelo cambia por lo cual debe ser corregida, se utiliza la siguiente expresión:

$$A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$$

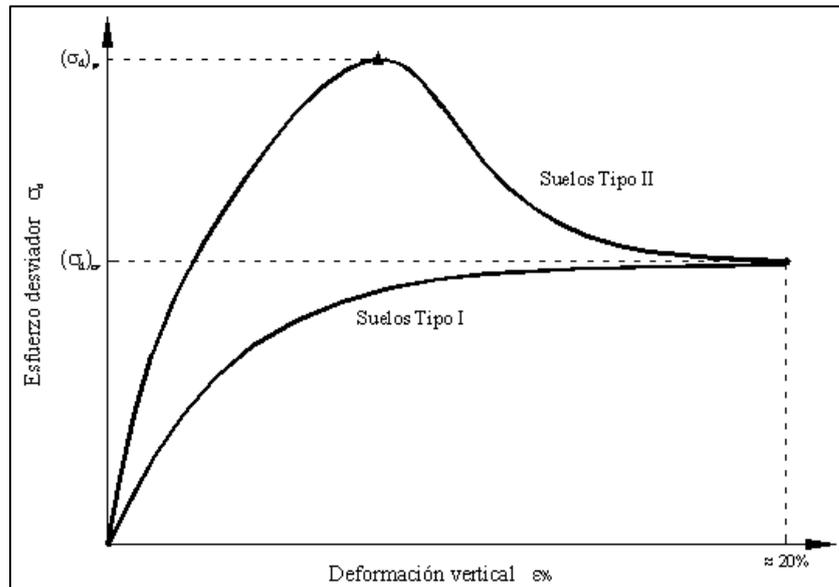
Donde:

A = Área transversal corregida.

$\varepsilon$  = Deformación vertical del espécimen de suelo.

$A_0$  = Área transversal inicial del espécimen de suelo.

Gráfico N°42: Deformación vertical en función al esfuerzo desviador en un ensayo triaxial UU.



Fuente: [ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html](http://ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html)

El esfuerzo desviador  $\sigma_d$ , que actúa en el espécimen de suelo, será:

$$\sigma_d = \frac{P}{A}$$

El gráfico N°42 muestra la variación de la deformación vertical  $\varepsilon$  en función al esfuerzo desviador, según al Tipo de suelo la curva presentará un valor del esfuerzo desviador de falla  $(\sigma_d)_f$  que será el valor pico  $(\sigma_d)_p$  o el crítico  $(\sigma_d)_{cr}$  según al caso, donde cualquiera de estos podrá tomarse como el instante de falla.

El esfuerzo principal menor en la falla  $(\sigma_3)_f$ , es la presión de registrada en la cámara triaxial al momento de la falla. Teniendo los esfuerzos principales se grafica el círculo de Mohr de esfuerzos. Aunque basta con obtener un círculo de esfuerzo, es conveniente realizar diversos ensayos (como mínimo 3) para trazar la envolvente de falla con la cual puede determinarse el parámetro de resistencia no drenado.

### **Ensayo triaxial consolidado no drenado (CU)**

Este ensayo también denominado ensayo consolidado rápido (R), consta de tres etapas (saturación, consolidación y compresión). Primeramente la probeta es saturada completamente de agua, luego incrementando la presión de cámara es consolidada, esta etapa lleva al suelo a un estado prescrito de volumen y de presión de poros, a partir del cual se pueden medir con exactitud los siguientes cambios de volumen o de presión de poros que ocurrirán durante el ensayo.

Finalmente cuando se ha disipado el exceso de presión de poros al valor de la contrapresión original  $\sigma_3$  se cierran las válvulas de drenaje para empezar la compresión, donde la probeta llegará al punto cedente sin drenado. Cuanto mayor sea la presión de cámara  $\sigma_3$  mayor será el esfuerzo desviador necesario para producir la falla.

La duración de la etapa de consolidación depende al tipo de suelo y al tamaño de la probeta, en algunos casos esta etapa puede durar hasta 48 horas; mientras que la etapa de compresión puede durar de 10 minutos hasta 2 horas.

El objetivo del ensayo es determinar los parámetros efectivos  $c'$  y  $\Phi'$ , ya que estos gobiernan la resistencia al corte del suelo y determinar también algunas características respecto al cambio de volumen y rigidez del suelo.

Para dibujar el círculo de esfuerzos de Mohr que condicionará la envolvente de falla (Gráfico N° 43) deben determinarse los esfuerzos principales  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$ , para lo cual se recolectan periódicamente los valores de los deformímetros que controlan el anillo de carga y la deformación vertical ( $\Delta L$ ) de la probeta durante la compresión y también la presión poros en la probeta.

Con el área corregida  $A$  de la probeta puede determinarse el esfuerzo desviador que actúa en la probeta. Midiendo el exceso de presión de poros  $\Delta u$  durante la etapa de compresión, se puede determinar el parámetro  $A$  de Skempton que será:

$$\bar{A} = \frac{\Delta u}{\sigma_d}$$

Donde:

$\bar{A}$  = Parámetro de Skempton

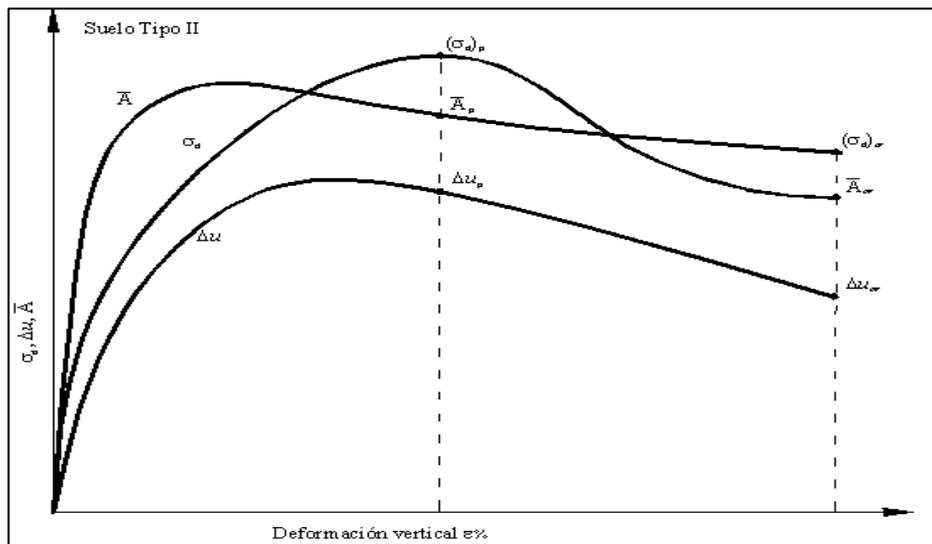
$\Delta u$  = Exceso de presión de poros durante le compresión.

$\sigma_d$  = Esfuerzo desviador.

Se grafica el esfuerzo desviador  $\sigma_d$  en función a la deformación vertical  $\epsilon$ , también el exceso de presión de poros y el parámetro A de Skempton, como se muestra en el gráfico N°42.

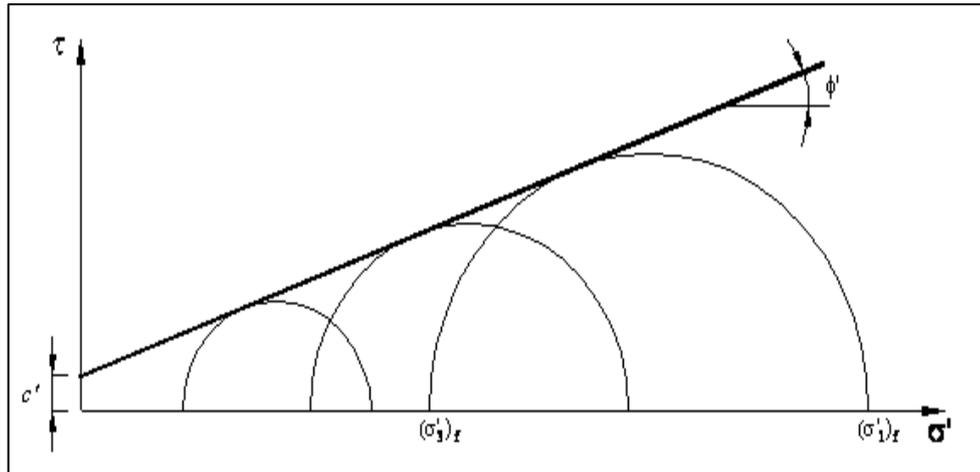
La curva que corresponde al esfuerzo desviador de falla  $(\sigma_d)_f$  tendrá un valor pico o crítico según al Tipo de suelo donde alguno de estos se considerará el instante de falla, para este instante de falla se tendrá un valor del exceso de presión de poros y del coeficiente A.

Gráfico N° 43: Deformación vertical en función a  $\sigma_d$ ,  $\Delta u$  y A en un triaxial CU en suelo Tipo II.



Fuente: [ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html](http://ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html)

Gráfico N°44: Envolvente de falla para un suelo Tipo II en un ensayo triaxial CU



Fuente: [ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html](http://ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html)

La presión que se aplicó en la celda para consolidación será el esfuerzo principal menor  $\sigma_3$ , por lo cual el esfuerzo efectivo principal menor y mayor en la falla será:

$$(\sigma'_3)_f = \sigma_3 - (\Delta u)_f$$

$$(\sigma'_1)_f = (\sigma_3 + \sigma_d)_f - (\Delta u)_f$$

Teniendo los esfuerzos principales puede entonces graficarse el círculo de esfuerzo de Mohr, se realizan como mínimo tres ensayos para trazar una adecuada envolvente de falla. Con el parámetro puede describirse características particulares del suelo, los rangos de variación de este parámetro para los diversos suelos se presentan en la tabla N°16.

Tabla N°16: Rango de valores de A en la falla para diversos suelos.

Tipo de suelo	$\bar{A}_f$
Arcillas on alta sencibilidad	0,75 a 1,50
Arcillas normalmente consolidadas	0,50 a 1,00
Arcillas sobreconsolidadas	-0,50 a 0,00
Arcilla arenosa compactada	0,50 a 0,75

Fuente: [ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html](http://ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html)

En este ensayos la resistencia al corte permanece prácticamente constante para un intervalo grande de los valores de presión de menores que la presión de sobreconsolidación. Las arcillas NC muestran una resistencia adicional con respecto a la obtenida, esta es atribuible a los mismos efectos de sobreconsolidación, estos efectos son comparativamente mayores a los del ensayo drenado debido a que se impide el drenaje.

En los casos de obras que están sobre depósitos de arcilla en las cuales el tiempo de construcción se extiende por tiempo razonablemente largo, puede suponerse que al final de la construcción se habrá producido algún grado de consolidación. Si en ese momento las sollicitaciones de corte que se generan tienen magnitud suficiente para producir la falla, ésta se producirá rápidamente sin drenaje adicional. Este comportamiento se modela en el ensayo consolidado no drenado, en el cual la muestra se consolida bajo la presión de cámara y luego se lleva a la ruptura aumentando el esfuerzo desviador sin permitir el drenaje. Este ensayo es aplicado en muestras alteradas e inalteradas de arcilla y también en arena y grava.

Si se permitiera el drenaje, una muestra de arena suelta experimentaría una disminución de volumen, pero como el drenaje está impedido no puede ocurrir cambio de volumen y la presión de poros aumenta. Para el caso de arenas densas el drenaje implicaría un aumento de volumen luego de una pequeña compresión inicial, pero como no se permite el drenaje el aumento de volumen es imposible y se desarrolla una presión de poros negativa.

### **Ensayo triaxial consolidado drenado (CD)**

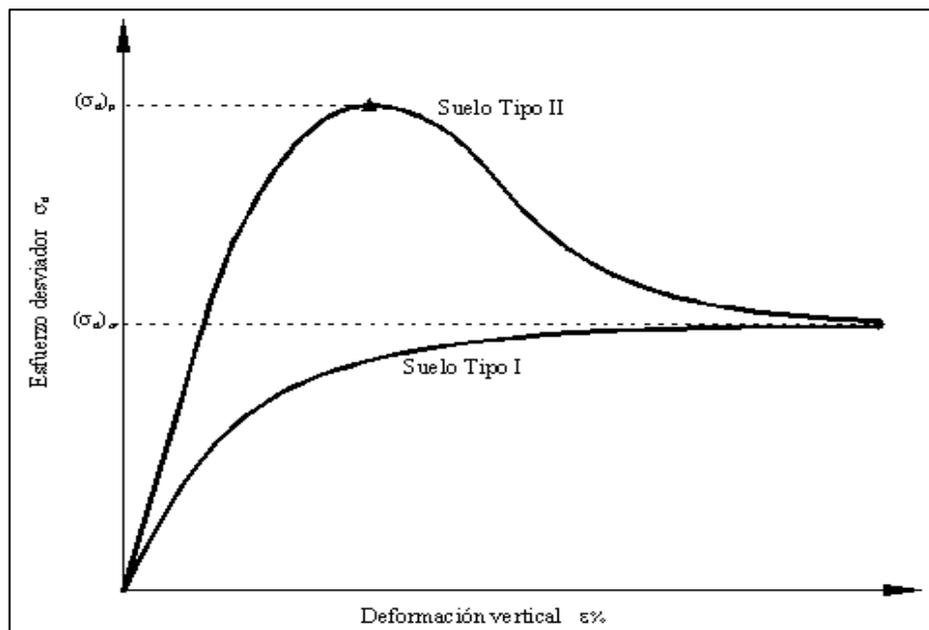
A este ensayo se lo conoce también como ensayo lento (S). El drenaje se permite en las dos últimas etapas, de este modo se tiene una consolidación bajo la presión de cámara y el exceso de presión de poro se disipa durante la aplicación lenta del esfuerzo desviador.

En la primera etapa se satura la muestra completamente de agua, en la segunda esta es consolidada bajo una presión isotrópica de cámara y en la tercera etapa se aplica una carga axial, que va incrementándose a un ritmo suficientemente lento para que no se presente un incremento en la presión de poros.

Con un drenado total y una velocidad adecuada, se asegura que la presión de poros en la muestra permanezca constante, entonces el incremento en el esfuerzo efectivo es igual al incremento del esfuerzo total ( $\Delta\sigma' = \Delta\sigma$ ). Se utiliza la válvula C para vigilar la presión de poros, con la válvula A y las lecturas de los deformímetros que controlan la carga y la deformación vertical se mide el cambio de volumen de la probeta. El objetivo del ensayo es determinar los parámetros de resistencia efectivos  $c'$  y  $\Phi'$  del suelo.

Para determinar los esfuerzos principales y dibujar el círculo de esfuerzo de Mohr se procede de la misma manera que para el caso del ensayo UU, entonces se grafica la variación de la deformación vertical respecto al esfuerzo desviador mostrada en el gráfico N°45.

Gráfico N°45: Deformación vertical en función al esfuerzo desviador en un ensayo triaxial CD



Fuente: [ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html](http://ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html)

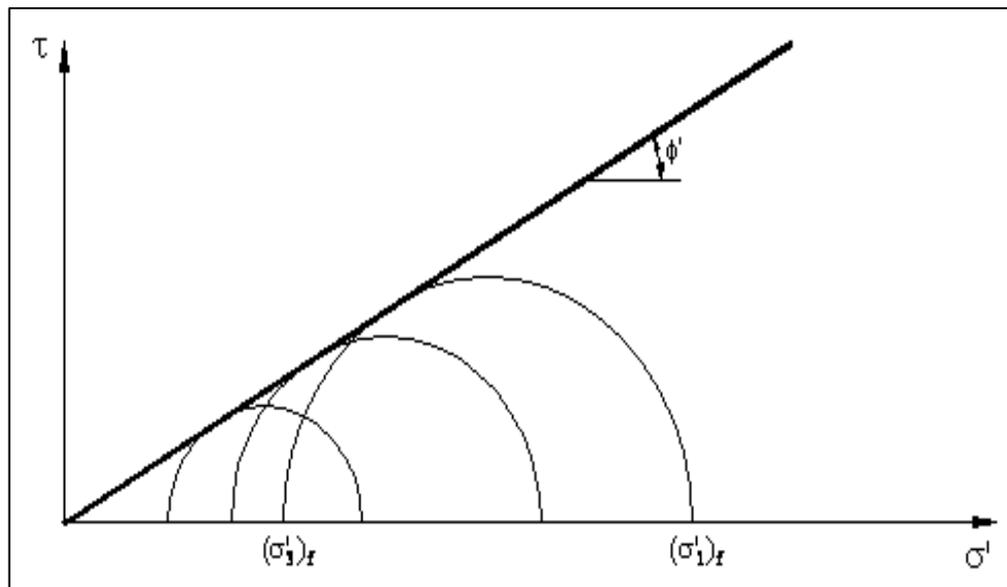
Obteniendo de la curva mostrada en el gráfico N°45 el esfuerzo desviador de falla  $(\sigma_d)_f$  que puede ser el valor pico o crítico, se determina el esfuerzo principal mayor con la expresión:

$$(\sigma'_1)_f = (\sigma'_3)_f + (\sigma_d)_f$$

El esfuerzo principal menor efectivo de falla  $(\sigma'_3)_f$ , será el esfuerzo isotrópico aplicado en la cámara para la consolidación de la probeta.

Para trazar la envolvente de falla y determinar los parámetros de resistencia efectivos, se deben trazar tres círculos (Gráfico N°46).

Gráfico N°46: Envolvente de falla para un suelo Tipo I en un ensayo triaxial CD.

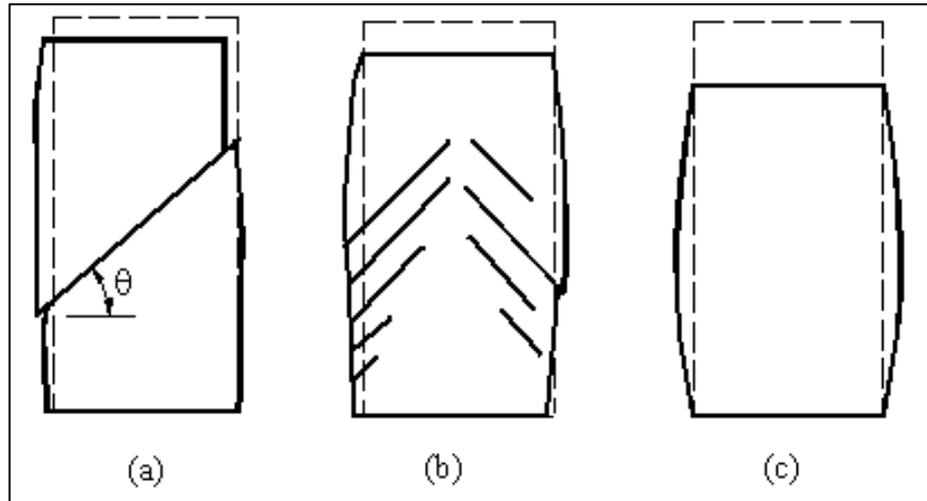


Fuente: [ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html](http://ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html)

### **Tipos de Falla en una Probeta de Ensayo Triaxial**

La falla de una probeta en el ensayo triaxial puede presentar varias formas, el gráfico N°47 muestra tres formas típicas de falla.

Gráfico N°47: Tipos de falla en ensayos triaxiales (Whitlow, 1994)



Fuente: [ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html](http://ingenierocivilinfo.com/2011/03/suelos-ensayo-triaxial-consolidado.html)

(a) Falla frágil (corte). (b) Falla parcial al corte. (c) Falla de flexibilidad plástica o en barril.

A medida que se acorta verticalmente la probeta bajo la carga axial el diámetro irá incrementándose.

En suelos densos o muy sobreconsolidados el espécimen se cortará claramente a lo largo de una superficie de deslizamiento bien definida, al alcanzar el esfuerzo máximo la probeta fallará de la forma que muestra el gráfico 47 (a), a este tipo de fallas se la llama falla frágil o de deslizamiento por cortante puro. En un suelo ligeramente sobreconsolidado en general el corte será menos definido como muestra el gráfico 47 (b) y en suelos sueltos o normalmente consolidados se presentará flexibilidad plástica sin el desarrollo de una superficie de deslizamiento, produciendo una forma abarrilada como se muestra en el gráfico N° 47 (c).

En el último de los casos puede no discernirse un valor definido último del esfuerzo desviador por lo que puede ser difícil identificar el momento de la falla; por lo tanto se puede tomar un valor arbitrario de falla que corresponda a una deformación unitaria axial de 20% donde generalmente se produce la falla.

### Capacidad de carga bajo criterio de resistencia al corte

La capacidad de carga última o resistencia al cortante del suelo en el punto de falla deberá ser sustentada con el empleo de cualquiera de los métodos basados en teoría plástica o análisis de equilibrio límite. Deberán ser considerados en el análisis todos los mecanismos posibles de falla a saber; plano de falla general, plano de falla local y falla por punzamiento.

### FACTOR DE SEGURIDAD

En cualquiera de las metodologías utilizadas bajo el criterio de resistencia al corte podrán ser utilizados como mínimo los siguientes factores de seguridad:

Tabla N° 17: Factores de seguridad mínimos

<b>CONDICIÓN</b>	<b>F.S.M. ADMISIBLE</b>
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño pseudo estático	1.5

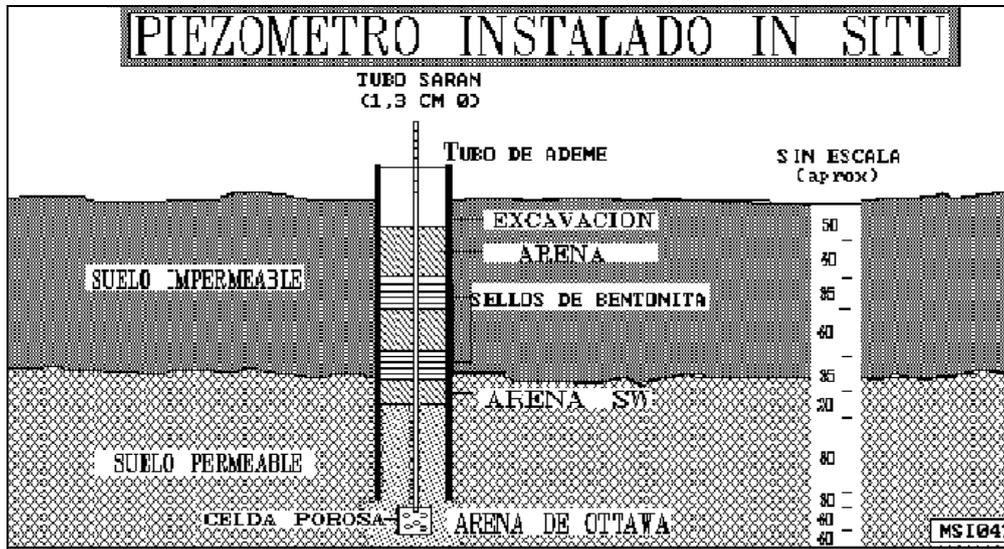
Fuente: Norma ecuatoriana de la construcción 2011, Capítulo 7, Geotecnia y cimentaciones

### NIVEL PIEZOMÉTRICO.

El nivel piezométrico de una cierta masa del suelo es el lugar geométrico de las elevaciones que alcanzaría el agua en un conjunto de PIEZOMETROS instalados en dicha masa.

La resistencia al esfuerzo cortante será disminuida inmediatamente con cualquier aumento de h.

Gráfico N° 48: Piezómetro instalado In Situ.



Fuente: Manual de prácticas de laboratorio de mecánica de suelos, Ing. Francisco Mantilla.

Cada época de lluvias suele traer consigo una elevación en el  $h$  y correspondientemente un descenso en el factor de seguridad del suelo sea este en ladera, talud, relleno, etc.

Estos cambios periódicos pueden no tener ninguna influencia importante en las condiciones de estabilidad considerados dentro de la vida útil de una obra civil a no ser que el proceso continuado de aumento y disminución de los esfuerzos actuantes y el opuesto en la resistencia produzcan un descenso gradual e irreversible de la resistencia hasta que el suelo falle o que un aumento excepcional en el contenido de agua haga disminuir también excepcionalmente el parámetro de la cohesión.

Finalmente el agua puede afectar la estabilidad de una masa de tierra por efectos del vaciado rápido (tubificación) y la licuación; y todo el conjunto de fenómenos que pueden producir **EROSIÓN INTERNA**.

Las recomendaciones que el INGENIERO CIVIL debe mantener muy en cuenta son:

- 1.-Mantener el agua totalmente alejada de los lugares donde pueda causar daño.
- 2.-Controlar el agua que entra en zonas peligrosas por métodos de conducción y eliminación que reciben el nombre genérico de **MÉTODOS DE DRENAJE Y SUBDRENAJE.**

Frecuentemente se utilizan técnicamente soluciones en que se combinan los dos criterios señalados.

### **AGUA SUBTERRÁNEA.**

Del agua superficial que circula por la tierra un alto porcentaje se infiltra y se hace agua subterránea lo que se determina por varios factores:

1. Cantidad y tipo de precipitaciones.
2. Ritmo de las precipitaciones.- Cuando más rápido llueve menos agua penetra pues se satura inmediatamente la superficie del terreno.
3. Declive superficial. La infiltración es mayor en terrenos planos antes que en ondulados, ya que las velocidades de escurrimiento son menores.
4. La porosidad de los suelos y de las rocas.
5. La permeabilidad de los suelos y de las rocas.- Una formación muy porosa no es necesariamente muy permeable tal es el caso de las arcillas que siendo totalmente porosas no son permeables.

6. La estructuración de los suelos y las rocas especialmente en lo que se refiere a fracturación, estratigrafía y a la secuencia de los estratos permeables e impermeables.
7. Cantidad y tipo de Vegetación
8. Humedad atmosférica.- Si la humedad es baja, gran parte del agua caída se evapora antes de penetrar en el terreno.

Como conclusión se establece que el parámetro **PERMEABILIDAD** trae implícito un estudio pormenorizado del efecto agua a través del suelo y que así como representa un papel importantísimo en beneficio de las obras civiles, también es una bomba de tiempo que deberá mirarse técnicamente con recelo.

### **DEFINICIÓN DE PERMEABILIDAD**

La permeabilidad es una propiedad técnica que tiene el suelo de dejar pasar el agua a través de su masa.

### **DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD.-**

Henry Darcy determinó que el flujo del agua puede ser laminar o turbulento y como conclusión estableció la fórmula para calcular la permeabilidad del suelo considerando que por la dificultad de atravesar su masa el flujo únicamente podía ser de tipo laminar.

Las expresiones son :

1.  $Q = K * i * A$
2.  $Q = A * V$

en donde :

Q = caudal o gasto hidráulico

K = permeabilidad del suelo

i = gradiente hidráulico

A = área total del suelo como filtro

V = velocidad del flujo

Al igualar las ecuaciones 1 y 2, eliminando A se obtiene que :

$$K * i * A = A * V$$

$$K * i = V$$

Si :  $i = 1$  (gradiente hidráulico unitario) entonces:

$K = V$ ; es decir la permeabilidad es una velocidad con la que el agua llega, atraviesa y sale de la masa del suelo, cuando es sometida a un gradiente hidráulico unitario

El parámetro " i " o gradiente hidráulico deberá entenderse como la carga hidráulico o el desnivel de presiones que se produce desde dos puntos referenciales, pero con respecto al espesor de la masa del suelo que sufre el fenómeno, entonces:

$$i = \frac{h}{L} * t \text{ o } i = \frac{(h_1 - h_2)}{L} * t$$

Y si el volumen de agua se expresa como :

$$v = K * i * A * t$$

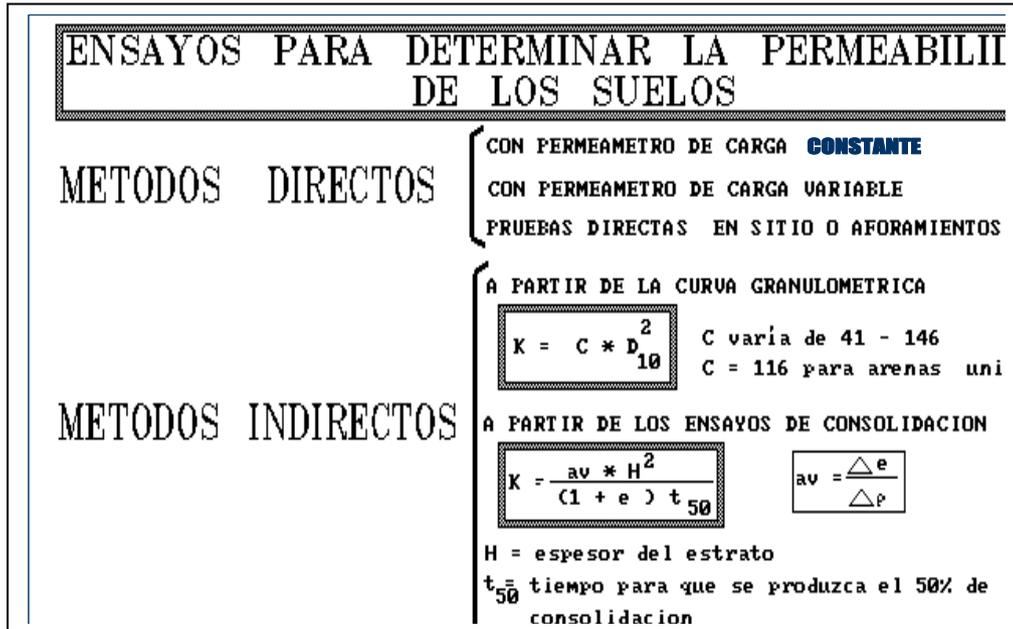
$$K = \frac{v}{i * A * t}$$

y reemplazando

$$K = \frac{v * L}{(h_1 - h_2) * A * t}$$

Sin embargo de que ésta es la expresión genérica para determinar la permeabilidad de los suelos, debido a los métodos de ensayos y al tipo de suelos, la expresión se modifica convenientemente.

Gráfico N° 49: Ensayos para determinar la permeabilidad de los suelos..

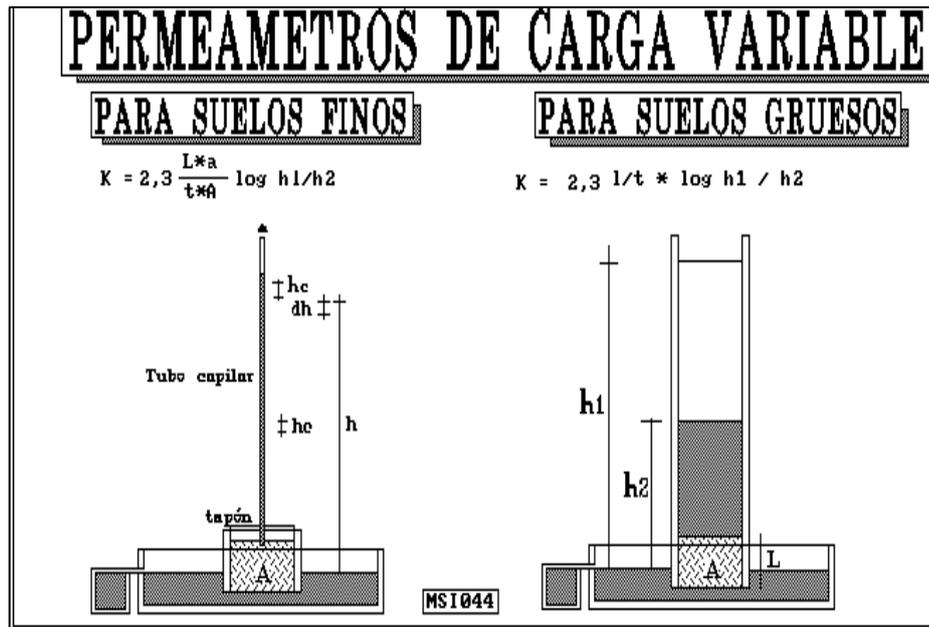


Fuente: Manual de prácticas de laboratorio de mecánica de suelos, Ing. Francisco Mantilla.

En el anexo siguiente se presentan los métodos para determinar la permeabilidad, de ellos se destaca que los directos tienen como única finalidad determinar la permeabilidad, mientras que los indirectos tienen como finalidad determinar otras propiedades del suelo pero por algún mecanismo o cálculo adicional se llega a definir la permeabilidad buscada.

Las láminas MSI043 Y MSI044 muestran los esquemas de los permeámetros de carga constante y carga variable.

Gráfico N° 50: Penetrómetros de carga variable



Fuente: Manual de prácticas de laboratorio de mecánica de suelos, Ing. Francisco Mantilla.

La lámina siguiente describe los rangos de la permeabilidad de los suelos, y su correlación con el tipo de suelo y ensayo con el que puede determinarse k

### LA TEORÍA DE MOHR EN LOS SUELOS

Dentro de la introducción al problema de la resistencia al corte de los suelos que se presentó en el anexo del capítulo anterior, se insistirá en estudiar la **TEORÍA DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE LOS SUELOS**, analizada también por **COULOMB**, la misma que se expresa así:

$$S = c + \sigma_n * \text{tang } \phi$$

En donde:

**S** = resistencia del suelo

**c** = cohesión del suelo



**TERZAGHI** hizo notar que la presión de poros afecta notoriamente la resistencia del suelo, por lo que la verdadera resistencia del suelo está en función de los esfuerzos efectivos entonces:

$$S' = c' + \sigma_n' * \text{tang}' \phi$$

Siendo:

$S'$  = la resistencia real del suelo

$c'$  = la cohesión efectiva del suelo =  $2/3$  de " $c$ "

$\text{tang}' \phi$  = ángulo de fricción efectivo =  $2/3 \text{ tang } \phi$

$\sigma_n'$  = Son los esfuerzos efectivos es decir  $\sigma_n' = \sigma_n - u$

$u$  = Presión de poros o presión hidrostática

### **INTERPRETACIÓN DE LA LEY DE COULOMB.**

Dada la aplicabilidad de la ley de Coulomb, Terzaghi hizo notar que los suelos presentan características físicas perfectamente definidas o que son una mezcla de ellas, por lo tanto:

**La resistencia al corte de un suelo puramente cohesivo se expresará como:**

$$S = " c " \text{ Ton/m}^2 \text{ o Kg/cm}^2$$

**La resistencia al corte de un suelo puramente friccionante se expresará como:**

$$S = " \sigma_n * \text{tang } \phi "$$

Lo que significa que todo suelo gravoso o arenoso tendrá una resistencia dependiente de la carga vertical que soporta o le confina.

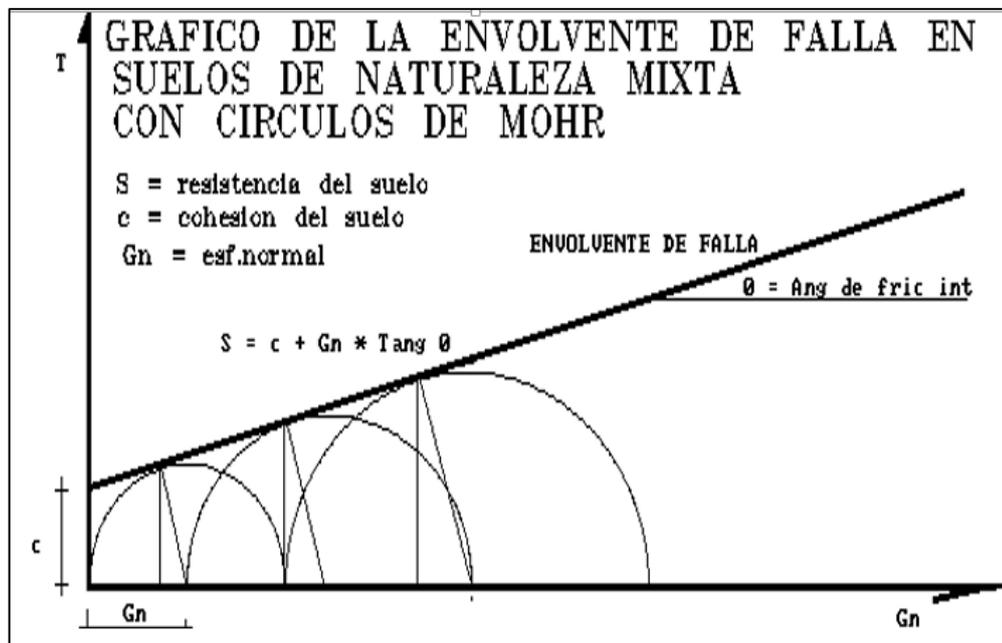
En los casos en que los suelos tienen características mixtas la aplicación de la fórmula será total:

$$" S = c + \sigma n * \text{tang } \phi "$$

De los gráficos que se ilustran en el gráfico N°54 se observa que en las ecuaciones se representa a una línea tangente a un círculo de MOHR que toma el nombre de **ENVOLVENTE DE FALLA** y que representa a los esfuerzos en condiciones de falla incipiente.

Los suelos friccionantes ensayados bajo presiones de trabajo usuales de 0,7 a 1,5 kg/cm<sup>2</sup> presentan una envolvente que tiende a ser muy lineal, pero si las presiones se incrementan a presiones que pueden producir la rotura de las partículas en los sitios de contacto entonces la envolvente deja de ser lineal.

Gráfico N° 52: Gráfico de la envolvente de la falla en suelos de naturaleza mixta con círculos de Mohr



Fuente: Manual de prácticas de laboratorio de mecánica de suelos, Ing. Francisco Mantilla.

## PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO MEDIANTE COMPRESIÓN TRIAXIAL (ASTM D2850 AASHTO T234)

### OBJETO

Estos métodos se refieren a la determinación de los parámetros de resistencia de los suelos mediante el ensayo de compresión triaxial. Los métodos descritos son: el ensayo de compresión triaxial consolidado no drenado (CU) con o sin medición de la presión de poros; el ensayo drenado (D), y el ensayo no consolidado no drenado (UU) con o sin medición de las presiones de poros.

Los parámetros obtenidos son el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) y la cohesión (C), y cuando se midan las presiones en los poros, podrán calcularse los valores efectivos de la fricción interna y la cohesión, ( $\phi$  y C). Los valores así obtenidos pueden emplearse en diferentes análisis de estabilidad como por ejemplo en fundaciones de estructuras; en cortes y taludes o en estructuras de retención, problemas en los cuales la resistencia del suelo a corto y largo plazo, tiene importancia significativa. Cada uno de estos métodos requerirá el ensayo de un mínimo de tres probetas.

### EQUIPOS Y MATERIALES

#### 1. Dispositivo de carga axial

El dispositivo de carga axial puede ser cualquier aparato de compresión con la suficiente capacidad y el adecuado control, para proporcionar la velocidad de carga prescrita en el numeral 15 y en el cual sean mínimas las vibraciones debidas a su operación.

2. El dispositivo para medir la carga axial, puede consistir en un anillo de carga capaz de medir con precisión de 1.1 N (0.25 lb) o a valores de carga dentro del 1.0 % de la carga anticipada, cualquiera que sea la mayor.

Cuando se emplee un anillo de carga, normalmente éste se hallará montado en la parte exterior de la cámara de presión. Puede emplearse también una celda electrónica para medir las cargas axiales aplicadas a la probeta de ensayo. Dicha celda deberá montarse en el interior de la cámara triaxial y, cuando se la emplee, se necesitará además el siguiente equipo electrónico accesorio para indicar la carga:

- a) Amplificador que aumente las señales eléctricas de la cámara de carga de manera que sean suficientemente grandes para que puedan ser detectadas mediante un voltímetro digital o un registrador gráfico de tira.
- b) Fuente de potencia de voltaje constante para excitar la celda de carga o el transductor de presión.
- c) Puente de balanceo para balancear los circuitos eléctricos del sistema de medida.
- d) Voltímetro digital o registrador gráfico, para medición de la carga o presión.

### 3. Indicador de Deformación

El indicador de deformación deberá ser un extensómetro de dial con graduaciones equivalentes a 0,02 mm (0.001") y que tenga un recorrido mínimo del 20 % de la longitud de 255 Ministerio de Obras Publicas la probeta de ensayo u otro dispositivo de medida que cumpla con estos requisitos generales.

### 4. Equipo para tallar las probetas

Este equipo incluye un marco, herramientas apropiadas para desbastar y tallar, calibrador Vernier que pueda medir las dimensiones de la muestra con precisión de 0,25 mm (0.01"), un cortador de muestras, un dispositivo para cortar los extremos, y un extractor de muestras.

#### 5. Aparato de presión de poros

Este aparato puede consistir en un manómetro cerrado, un indicador de cero presión, o untransductor de presión. Cuando se emplee este último, podrá utilizarse con el mismo equipo electrónico usado para monitorear las cargas.

#### 6. Horno para secamiento

Un horno termostáticamente controlado que pueda mantener una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) para determinar el contenido de humedad de los especímenes.

#### 7. Balanzas.

Para muestras cuyo peso sea inferior a 100 g, deberá utilizarse una balanza con precisión de 0,01g, y para muestras de 100 g o más, una balanza con precisión de 0,1 g.

#### 8. Cámara de Compresión Triaxial

Empleada para contener el espécimen y el fluido de confinamiento, durante el ensayo. Las partes accesorias asociadas con la cámara incluyen: placa para base de la muestra, piedra porosa, dos placas lubricadas para base, anillos "O" u otro tipo de sellos, válvulas de cierre, placa superior, tubos de plástico para drenaje resistentes a la temperatura, tapa superior, pistón de carga, membrana de caucho, papel de filtro, dial con su soporte, etc.

#### 9. Aparatos Misceláneos

Estos incluyen una bomba de vacío y un aparato de presión con sus respectivos manómetros y reguladores, un dilatador de membrana, recipientes para determinaciones de humedad, y los formatos de Informe que se requieran.

## PREPARACIÓN DE PROBETAS

### 1. Tamaño de la probeta.

Los especímenes deberán tener un diámetro mínimo de 33 mm (1.3") y el mayor tamaño de partícula dentro de la muestra de ensayo deberá ser menor que 1/10 de su diámetro. Para muestras con diámetro de 71 mm (2.8") o más, la partícula mayor deberá ser menor que 1/6 del diámetro. Si después de la conclusión del ensayo de una muestra inalterada, se encuentran partículas de mayor tamaño, deberán hacerse las anotaciones correspondientes en el Informe. La relación altura - diámetro (H/D) debe estar entre 2 y 3, siendo preferible 2, valor que puede disminuirse hasta 1,25 cuando se usen placas lubricadas. Deberán efectuarse las mediciones con precisión de 0,10 mm (0.05") empleando un calibrador Vernier u otro dispositivo adecuado.

### 2. Muestras inalteradas

Pueden prepararse muestras inalteradas a partir de muestras de mayor tamaño o de muestras obtenidas de acuerdo con el método muestras inalteradas.

- a) Cuando se reciben tubos con muestras en el laboratorio, éstas se sacan por extrusión mediante un gato u otro método que no las altere.
- b) Se toman muestras para determinar la humedad, y se cortan especímenes de la longitud deseada; se identifica el suelo visualmente para la descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual), y se recubren los especímenes con parafina, manteniéndolos en una cámara húmeda y fría hasta que vayan a ser ensayados.
- c) Corte: Las muestras de tubo podrán ensayarse sin ser desbastadas, excepto para emparejar los extremos, si las condiciones de la muestra así lo exigen. Si es necesario desbastarlas, deberán manejarse con cuidado para evitar su alteración y cambios en la sección transversal o pérdida de humedad. El

corte, en cuanto sea posible, deberá efectuarse en una cámara con humedad controlada procurando evitar a toda costa cualquier cambio en la humedad. El molde del desbastador de muestras se construye en tal forma que el cortador cilíndrico se mueva verticalmente, sin movimiento horizontal alguno.

El diámetro interior del cortador deberá ser alrededor de 0,13 mm (0.005") mayor que el diámetro deseado del espécimen de ensayo, excepto para una longitud de 3,2 mm (1/8") en el extremo del corte, donde dicho diámetro deberá ser igual al de la probeta. Céntrese la muestra bajo el cortador y bájese hasta la parte deseada, aflojando las tuercas de las aletas.

Después de que esté en posición, empújese el cortador lentamente hacia abajo dentro de la muestra, simultáneamente recórtese el exceso de suelo empleando un cuchillo para carne.

Cuando se haya bajado el marco a su posición final y se halle el cortador lleno con suelo, remuévase éste y sáquese por extrusión el espécimen mediante el bloque de extrusión. Para asegurar la menor alteración posible, el cortador deberá tener un recubrimiento de baja fricción. Si la superficie de la muestra extraída no es lisa, se emplean pedazos de los recortes de suelo para llenar cualquier vacío.

Después de esto, empújese suavemente el cortador sobre la muestra para garantizar una vez más un espécimen del tamaño adecuado. Cualquier otro método de desbaste será aceptable siempre que, para el material ensayado, sólo produzca una alteración mínima en la muestra. Colóquese el espécimen en el aparato para cortar los extremos y desbástese de manera que éstos sean perpendiculares al eje longitudinal de la muestra circular uniforme.

d) Efectúense varias medidas del diámetro y de la altura de la muestra y determínese el peso del espécimen de ensayo. Si no se emplea la muestra completa para la determinación de humedad, tómese con este objeto una muestra representativa de los recortes y colóquese inmediatamente en un recipiente cubierto.

### 3. Muestras Remoldeadas

Pueden prepararse especímenes a partir de una muestra inalterada fallada o de una alterada. El método de moldeo y la compactación pueden variarse para producir el peso unitario, la humedad y la estructura del suelo deseadas.

Si las muestras no son moldeadas al tamaño requerido, el equipo empleado para desbastar muestras de suelo inalteradas puede emplearse también para las de material remoldeado. Cualquier método empleado para remoldear material que muestre resultados de ensayo similares, es satisfactorio.

#### MÉTODO CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

##### 1. Procedimiento

Prepárese el pedestal así:

- a) Colóquese una piedra porosa sobre el pedestal.
- b) Colóquese la muestra sobre la piedra porosa y adhiéranse tiras de papel de filtro a lo largo de los lados de la muestra, de manera que proporcionen el sistema deseado para las trayectorias del drenaje.<sup>14</sup> Empleando un dilatador de membranas al vacío, colóquese sobre la muestra una membrana delgada e impermeable; colóquense anillos en O u otros sellos de presión alrededor de la membrana a la altura del pedestal para proporcionar un sello efectivo; colóquense tiras filtrantes adicionales, piedra porosa y el cabezote superior sobre el espécimen. Colóquense anillos "O" u otro sello de presión alrededor de la membrana en el cabezote superior, para proporcionar un sello efectivo en la parte superior de la muestra.
- c) Colóquese el cilindro hueco sobre la base y asegúrese. Colóquese el pistón de carga dentro de la cámara por medio de las guías y bájese hasta que entre,

pero sin que toque, la depresión de la parte superior. Asegúrese el pistón con el dispositivo fijador.

- d) Colóquese la cámara de ensayo con la muestra en el dispositivo de carga, y llénese con fluido.

Satúrese la línea de drenaje antes de comenzar el ensayo, aplicando vacío a una línea de drenaje mientras que el extremo de la otra se halle sumergido en un recipiente con agua.

Esto extrae el aire atrapado entre la muestra y la membrana y llena las líneas de drenaje con agua del recipiente. Satúrense también los cabezotes.

1. Aplíquese una pequeña contrapresión y una presión de cámara, aproximadamente entre 7 y 14 kPa (1 a 2 lb/pul<sup>2</sup>) mayor que la contrapresión, para hacer que fluya el agua lentamente de la línea de presión de poros. Conéctese la línea de presión de poros al aparato de medida.

Auméntese la contrapresión y la presión de la cámara paulatinamente, hasta cuando la lectura de presión de poros indique que se ha logrado equilibrio en toda la muestra.

2. Manténgase la presión de la cámara aproximadamente 34,5 kPa (5 lb/pul<sup>2</sup>) mayor que la contrapresión para evitar flujo entre la muestra y la membrana. Continúese aumentando la contrapresión y la presión de confinamiento hasta que la respuesta de la presión de poros indique saturación. Si no se requieren medidas de presión de poros, puede eliminarse esta etapa.
3. Auméntese la presión de la cámara hasta que la diferencia entre ésta y la contrapresión iguale la presión deseada de consolidación. Se requiere un mínimo de tres presiones de consolidación diferentes para definir una envolvente de falla. Permítase que la presión de consolidación se mantenga durante la noche o hasta que la lectura de presión de poros indique que se ha

completado la fase de consolidación. Compruébese el grado de saturación antes de aplicar la carga axial cerrando la válvula de drenaje y aumentando la presión de confinamiento en 34,5 kPa (5 lb/pul<sup>2</sup>) o más. Calcúlese la relación del cambio de presión de poros (P) con respecto al cambio de la presión de confinamiento (3).

Para una muestra saturada

$$\frac{(\Delta P)}{(\Delta P_3)} = 1,0$$

4. Antes de aumentar la carga axial, ciérrase la válvula entre la cámara y la bureta, de manera que la muestra sea sometida a esfuerzo cortante en condición no drenada. Deberá medirse cualquier cambio de volumen que ocurra durante la consolidación. Póngase en movimiento el aparato de carga y déjese funcionar unos pocos minutos a la velocidad de ensayo deseada, para compensar cualquier efecto separado o combinado por fricción del pistón o por empuje hacia arriba sobre el pistón, debido a la presión de la cámara. Anótese la lectura cero de los aparatos de medida de carga y deformación cuando el pistón se ponga en contacto con la placa superior.

Nota1: Quítese el seguro del pistón antes de poner en movimiento el dispositivo de carga. Si la presión de la cámara no es suficiente para restringir la caída del pistón sobre el tope de la muestra, entonces la carga adicional aplicada a ésta mediante el pistón, deberá agregarse al esfuerzo desviador.

5. En el ensayo triaxial, la tasa de deformación deberá ser de tal magnitud que permita la igualación de la presión de poros (si se mide) en el espécimen, como una posible guía. Anótese las lecturas de carga y deformación a intervalos suficientemente pequeños para definir exactamente la curva esfuerzo-deformación.

6. El criterio de falla deberá ser el valor máximo del esfuerzo desviador en el supuesto de que ocurra un máximo. En caso de que no se presente un máximo definido y que el esfuerzo desviador continúe en aumento con la deformación, deberá tomarse la falla como el esfuerzo desviador correspondiente al 20 % de deformación. Si se miden presiones de poros, la relación máxima de esfuerzos principales efectivos puede adoptarse como criterio de falla.
7. Después de la falla, quítense todas las presiones y drénesse el fluido de confinamiento de la cámara de ensayo. Desármese el conjunto, examínese el espécimen, y hágase un esquema del modo de falla. Pésese la muestra y colóquese en un horno para secamiento con el fin de determinar la humedad y el peso unitario.

#### Cálculos

8. Suponiendo que la muestra se deforma igualmente en todas direcciones durante la consolidación, la longitud de la muestra después de dicha consolidación podrá determinarse mediante la ecuación siguiente:

$$\sum_1 = \frac{1}{3} \sum v$$

Donde:

$\sum_1$  = Deformación axial =  $\Delta L/L$

$\sum v$  = Deformación de volumen =  $\Delta V/V$

L = Longitud del espécimen determinada mediante medida física.

$\Delta L$  = Cambio de longitud del espécimen durante la consolidación.

V = Volumen original del espécimen.

$\Delta V$  = Cambio de volumen medido con la bureta.

Como alternativa, el cambio en longitud de una muestra debido a la consolidación, puede medirse directamente.

9. Calcúlese la deformación axial para una carga aplicada así:

$$\sum = \Delta L / L_o$$

Donde:

$\Delta L$  = Cambio de longitud del espécimen determinado a partir del indicado.

$L_o$  = Longitud del espécimen después de la consolidación.

10. Calcúlese la sección transversal promedio,  $A$ , para una carga dada así:

El área  $A$  puede también calcularse a partir de dimensiones obtenidas por medición directamediante un catetómetro, cuando las superficies del espécimen lo permiten.

11. El esfuerzo desviador, por área unitaria, para una carga dada es:

$$A = A_o / (1 - \sum)$$

Donde:

$A_o$  = Área inicial de la sección transversal promedio del espécimen, y

$\sum$  = Deformación axial para una carga dada.

Gráficos.

Prepárese un gráfico que muestre la relación entre la presión de poros y la deformación unitaria, si se midieron las presiones de poros.

Dibújese un gráfico que muestre la relación entre el esfuerzo desviador unitario (como ordenada) y la deformación unitaria, (como abscisa). El valor máximo del esfuerzo desviador ( $d = 1 - 3$ ) o la relación máxima de esfuerzos principales

efectivos  $1/3$ , se elige y usa para dibujar los círculos de Mohr; si se midió la presión de poros  $U$ , réstese de los esfuerzos principales.

Cuando todos los círculos de Mohr hayan sido dibujados, dibújese una línea que sea lo más tangente posible a todos los círculos. La intersección de esta línea con el eje de ordenadas, es el valor de la cohesión (efectiva si se midió  $U$ ),  $C (C')$ , y el ángulo entre esta línea y la horizontal, es el ángulo de fricción interna,  $\phi (\phi_1)$ , (Efectivo si se midió  $U$ ).

### MÉTODO DEL ESFUERZO TOTAL NO CONSOLIDADO - NO DRENADO (UU)

#### 1. Procedimiento

- a) Colóquese una piedra porosa sobre el pedestal (Véase la Nota No.2 más adelante).
- b) Colóquese un disco pulido de plexiglás o de teflón ligeramente mayor que la muestra sobre la piedra porosa en el pedestal y cúbrase tal disco con una película delgada de grasa de silicona. El disco engrasado se emplea para reducir la fricción entre la muestra y la tapa del extremo y permitir así una deformación más uniforme.
- c) Colóquese la muestra sobre este disco. (Nota No.2). Si se usa una relación  $H/D$  de 2,0 o mayor, los discos pulidos no se necesitan.
- d) Empleando un dilatador de membranas al vacío, colóquese sobre la muestra una membrana delgada e impermeable, asegurándola con anillos en "O" u otros sellos de presión alrededor de la membrana, a la altura del pedestal, para proporcionar un sello efectivo. Colóquese un disco pulido, engrasado, una piedra porosa y el cabezote superior sobre el espécimen. Colóquense anillos en "O" u otros sellos de presión alrededor de la membrana en el cabezote superior, con el fin de proporcionar un sello efectivo en el extremo

de la muestra. Colóquese el cilindro hueco sobre la base y asegúrese. Colóquese el pistón de carga dentro de la cámara a través de la guía y bájese hasta que entre, pero sin que toque la depresión de la cabeza. Asegúrese el pistón de carga con el dispositivo de fijación.

- e) Colóquese la cámara con la muestra en el dispositivo de carga, y llénese con fluido. Aplíquese, mediante el regulador de presión, una presión lateral aproximadamente igual a la presión de confinamiento soportada por el suelo a la profundidad a la cual fue tomada la muestra.
- f) Póngase en movimiento el aparato de carga y déjese funcionar por algunos minutos, a la velocidad de ensayo deseada, para compensar cualquier efecto separado o combinado, por fricción o por empuje, debido a la presión de la cámara. Anótese la lectura cero de los dispositivos de medida de carga y deformación, cuando el pistón se ponga en contacto con la cabeza de compresión.
- g) Anótese las lecturas de carga y deformación a intervalos suficientemente pequeños, para definir exactamente la curva esfuerzo-deformación. La tasa de deformación deberá hallarse dentro del rango de 0,3 a 1,0 por ciento por minuto; se recomienda una tasa de 0,5 por ciento. El criterio de falla deberá ser el del valor máximo del esfuerzo desviador en el supuesto de que ocurra un máximo.
- h) Si no puede establecerse un máximo definido y el esfuerzo desviador continúa aumentando con la deformación, se toma la falla como el esfuerzo desviador a un 20 % de deformación. Si se miden presiones de poros, la relación máxima de esfuerzos principales efectivos, puede adoptarse como criterio de falla.
- i) Después de la falla, quítese toda presión y drénese el fluido de confinamiento de la cámara.

- j) Desmóntese el aparato de ensayo, examínese la muestra y hágase un esquema del tipo de falla; pésese para secarla con el fin de determinar la humedad y el peso unitario.

Nota 2: En lugar de la piedra porosa y de los discos pulidos requeridos en el numeral b) podrá emplearse un espaciador adecuado de plexiglas pulido o de un material similar que intercepte al eje vertical del esfuerzo de corte.

### MÉTODO DEL ESFUERZO EFECTIVO NO CONSOLIDADO-NO DRENADO (UU)

#### Introducción

Este método es el mismo del método consolidado no drenado (CU) con excepción de que no se deja consolidar la muestra.

#### MÉTODO DE ENSAYO DRENADO (D)

##### 1. Procedimiento

- a) Colóquese sobre el pedestal una piedra porosa.
- b) Colóquense tiras de papel de filtro saturadas sobre la piedra porosa.
- c) Colóquese la muestra sobre la piedra porosa y adhiéranse tiras de papel de filtro a lo largo de los lados de la muestra, de manera que proporcionen el sistema de trayectorias de drenaje deseado.
- d) Empleando un dilatador de membranas al vacío, colóquese una membrana delgada e impermeable sobre la muestra. Colóquense anillos en O u otros sellos de presión alrededor de la membrana, a la altura del pedestal, para proporcionar un sello efectivo.

- e) Colóquense tiras de papel de filtro adicionales, una piedra porosa y el cabezote superior, sobre el extremo del espécimen.
- f) Colóquense anillos en O u otros sellos de presión alrededor de la membrana en el cabezote superior, con el fin de proporcionar un sello efectivo en el tope de la muestra. Colóquese el cilindro "hueco" sobre la base y asegúrese.
- g) Colóquese el pistón de carga dentro de la cámara a través de las guías y bájese hasta que entre, pero sin que toque la depresión de la cabeza. Asegúrese el pistón de carga con el dispositivo de fijación.
- h) Colóquese la cámara de presión con la muestra en el marco de carga y llénese con fluido. Satúrese la muestra como se describió en el numeral 15. Conéctese la línea de presión de poros a la bureta, la cual indicará el gasto debido al drenaje durante el ensayo.
- i) Aplíquese la presión de confinamiento deseada por medio de un regulador de presión. Antes de que la carga sea aplicada, ábrase la válvula entre la cámara y la bureta de manera que el espécimen sea sometido a esfuerzo cortante en una condición drenada.
- j) El ensayo drenado deberá efectuarse lentamente para evitar que se desarrolle presión de poros. En algunos suelos esto puede tomar un tiempo excesivo. Cuando esto ocurra, puede ser deseable efectuar el ensayo mediante métodos de esfuerzos controlados.

Se sugiere que la presión de poros en un extremo de la muestra sea medida periódicamente durante el ensayo, para asegurarse de que no se desarrollen presiones de poros.

- k) Póngase en marcha el aparato de carga y permítasele funcionar por algunos minutos, a la velocidad de ensayo deseada, para compensar cualquier fricción del pistón, o empuje hacia arriba debido a la presión de la cámara, o por ambos efectos.

Pónganse en cero las lecturas de los dispositivos para medir carga y deformación, cuando el pistón se ponga en contacto con la cabeza de presión.

- l) Anótense las lecturas de carga, y deformación a intervalos suficientemente pequeños para poder definir exactamente la curva esfuerzo-deformación. El criterio para falla deberá ser el valor máximo del esfuerzo desviador, en el supuesto de que se produzca un máximo.

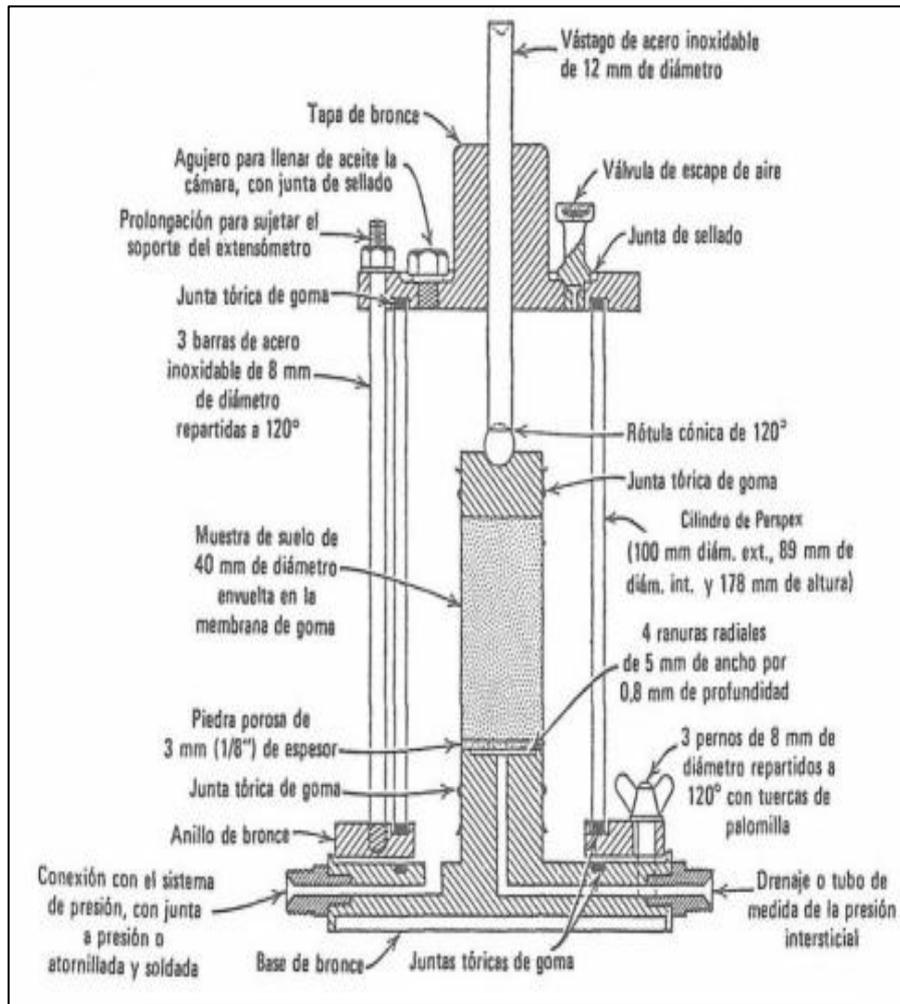
En el caso de que no ocurra un máximo definido y que continúe aumentando el esfuerzo desviador con la deformación, se tomará la falla como el esfuerzo desviador al 20% de deformación.

Si se miden las presiones de poros, se podrá usar como criterio de falla, la relación máxima de esfuerzos principales efectivos.

- m) Después de la falla, elimínense todas las presiones y dréñese el líquido de confinamiento de la cámara de presión.

Desármese el aparato de ensayo, examínese la falla y hágase un esquema de la misma. Pésese la muestra y colóquese en un horno, para determinar la humedad y el peso unitario.

Gráfico N° 53.- Sección de una cámara triaxial típica



Fuente: Manual de aplicaciones Astm 2850.

Norma Técnica Ecuatoriana

MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

MÉTODO DE CASA GRANDE

INEN 691 1982-05

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar el límite líquido de un suelo secado al horno a 60°C, secado al aire o en estado natural.

## 2. ALCANCE

- 2.1 Este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40).
- 2.2 Mediante este ensayo se determina también el índice de flujo de los suelos en función de la curva de flujo.

## 3. DISPOSICIONES GENERALES

- 3.1 En la Norma INEN 685 se establecen las definiciones de los términos y símbolos empleados en este documento.
- 3.2 En la Norma INEN 690 se establece la determinación del contenido de agua por el método del secado al horno.
- 3.3 En la Norma INEN 688 se establecen los métodos para preparar muestras de suelo alterado para ensayos.
- 3.4 La temperatura del laboratorio debe mantenerse a  $23 \pm 30\text{C}$ .
- 3.5 La humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor del 50% y, en la cámara húmeda, no menor del 90%.

## 4. RESUMEN

- 4.1 Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que, con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.

## 5. EQUIPO

- 5.1 Dispositivo mecánico (Copa de Casagrande). Consiste en una copa de bronce o de acero resistente a la corrosión, acoplada a un dispositivo construido de la forma y de acuerdo con las dimensiones especificadas, cuya base debe ser de caucho vulcanizado o de madera dura.
- 5.2 Acanaladores. Deben ser de bronce o acero resistente a la corrosión, calibrados de acuerdo a las dimensiones indicadas (Nota 1).
- 5.3 Plato o fuente de mezclado. Recipiente de tamaño adecuado, apto para el mezclado de la muestra de suelo.
- 5.4 Espátulas. Deben ser de acero inoxidable, de tamaños adecuados, apropiados para el mezclado y el cortado de la muestra de suelo.
- 5.5 Disco de evaporación. Pueden utilizarse vidrios de reloj de tamaño adecuado o, en su defecto, una tela impermeable (opcional).
- 5.6 Equipo para determinar el contenido de agua. Como el descrito en la Norma INEN 690.
- 5.7 Botella de lavado, fabricada preferentemente de plástico, o un vaso de precipitación que contenga agua destilada.
- 5.8 Recipientes herméticos. Deben ser de un material resistente a la corrosión y capaces de contener alrededor de 200 a 250 g de suelo húmedo.
- 5.9 Calibrador. Puede ser metálico o de un material resistente a la corrosión.

## 6. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

6.1 Debe inspeccionarse el dispositivo mecánico a fin de determinar que se encuentre limpio, seco y en buenas condiciones de trabajo, de tal manera que la copa descienda libremente y no tenga excesivo juego lateral en su articulación.

6.1.1 La altura de caída de la copa del dispositivo mecánico debe ajustarse de tal forma que, cuando la copa está localizada a su máxima altura, el calibrador de 10 mm pase justamente entre ésta y la base; para esto se utiliza el calibrador de 10 mm que tiene el mango del acanalador Tipo B o un calibrador de altura (10 mm), (Nota 2).

6.2 Debe inspeccionarse el acanalador para determinar que se encuentre limpio, seco y que sus dimensiones críticas; no debe usarse un acanalador cuya punta haya alcanzado un ancho de 2,5 mm a causa del desgaste.

NOTA 1. El valor del límite líquido obtenido con este ensayo está directamente relacionado con la anchura y la profundidad del canal de la muestra de suelo en la copa, por lo cual las dimensiones críticas del acanalador deben revisarse frecuentemente.

NOTA 2. Esto se consigue colocando el calibrador debajo de la copa, la cual se alza por medio del tornillo, exactamente en el punto en que la copa se pone en contacto con la base del dispositivo mecánico y asegurando la placa de ajuste (P.A) mediante los tornillos T2 ; luego, con el calibrador todavía en esta posición, se revisa esta altura, girando rápidamente el manubrio varias veces; si el ajuste es correcto, se escuchará un leve retintín; en caso contrario, deben hacerse posteriores ajustes.

## 7. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

7.1 Se toma una muestra de alrededor de 250 g de la porción completamente mezclada del material que pase el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), la cual ha sido obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688 (Nota 3).

7.2 A esta muestra se la deja evaporar, si fuera necesario, o se la añade agua destilada y se la mezcla completamente en la fuente, usando la espátula, hasta obtener una pasta de suelo homogénea y densa que pueda moldearse fácilmente con los dedos (Notas 4 y 5).

## 8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

8.1 Colocar una porción de esta pasta en la copa, sobre la parte que descansa en la base, extendiéndola rápida y cuidadosamente con la espátula, cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire.

8.2 Nivelar el suelo con la espátula paralelamente a la base, de tal manera que tenga una profundidad de 10 mm en la sección de espesor máximo; el suelo sobrante debe regresar al plato o fuente de mezclado.

8.3 Con el acanalador adecuado (Nota 6), realizar un canal en el muestra, evitando despegarla de la copa, de manera que su plano de simetría sea perpendicular a la articulación de la copa, y procurando, además, que el acanalador se mantenga normal a la superficie de la copa.

8.3.1 Para evitar la rotura de los lados del canal o el deslizamiento de la muestra de suelo en la copa, se permiten hasta seis recorridos del acanalador, desde atrás hacia adelante o desde adelante hacia atrás; la profundidad del canal se incrementa con cada recorrido y sólo el último debe tocar el fondo de la copa (Nota 7).

NOTA 3. Cuando por el tipo de suelo se utilice el método E de la norma indicada, es conveniente, a menudo, sacar las pocas partículas gruesas presentes y ensayar la muestra sin preparación previa. Cuando los suelos se ensayan en su condición natural, los resultados generalmente difieren de los obtenidos con muestras secadas al aire. Los suelos orgánicos y ciertos suelos tropicales deben ensayarse en su condición natural.

NOTA 4. Ciertos suelos arcillosos necesitan un período de homogenización del agua añadida, para lo cual se la debe dejar reposar un mínimo de 16 a 24 horas en un recipiente hermético, tiempo después del cual se la vuelve a mezclar, generalmente durante 10 minutos; sin embargo, algunos de estos suelos requieren más de 40 minutos de remezclado.

NOTA 5. Luego de manipular la muestra de suelo en el plato o fuente de mezclado, en cualquier momento del ensayo ésta, debe taparse con el disco de evaporación o una tela impermeable para evitar la pérdida de agua.

NOTA 6. En el caso de que con el acanalador Tipo A no se obtenga un canal limpio, como ocurre en suelos arenosos, se debe usar el acanalador Tipo B, cuidando de que se produzca un deslizamiento entre el suelo y la superficie de la copa.

NOTA 7. El canal, en lo posible, debe realizarse con el menor número de recorridos del acanalador.

Colocar la copa en su dispositivo mecánico, cuidando que la superficie inferior de la copa y la superficie de la base se encuentren libres de suelo o agua, girar el manubrio a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, contar los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto al fondo del canal, en una distancia continua de alrededor de 10 mm, por la fluencia del suelo y no por deslizamiento entre el suelo y la copa; medir esta distancia con el

extremo del acanalador Tipo B o un calibrador y anotar el número de golpes necesarios para que esto ocurra (Nota 8).

8.3.2 Si el número de golpes para la primera determinación está entre 35 y 45 se continúa normalmente como se indica en 8.6; si no, añadir más agua o secarlo al aire, lo que fuere más apropiado y repetir de 8.1 a 8.4, hasta que esta condición se obtenga.

8.4 Regresar la muestra de la copa al plato o fuente de mezclado, mezclar completamente, limpiar y secar la copa y el acanalador y repetir las operaciones de 8.1 a 8.4, hasta que tres ensayos consecutivos den el mismo número de golpes para cerrar el canal en la forma especificada (Nota 9).

8.5 Del lugar donde se juntan los bordes del canal, tomar con la espátula una porción de suelo de alrededor de 10 g, colocarla en un recipiente adecuado y determinar el contenido de agua de acuerdo con la Norma INEN 690.

8.6 Realizar las operaciones de 8.1 a 8.6 por lo menos cuatro veces, usando la misma muestra con nuevos incrementos de agua destilada, los cuales deben hacerse de tal manera que el número de golpes necesario para cerrar el canal varíe de 45 a 5, de modo que dos ensayos estén bajo los 25 golpes y dos sobre los 25 golpes (Nota 10), mezclando cada incremento de agua por lo menos durante 5 minutos.

8.7 Para efectuar los distintos ensayos, hacer el amasado de la muestra únicamente mediante el aumento progresivo de agua, de tal manera que cada vez la muestra de suelo se torne más fluida.

## 9. CÁLCULOS

9.1 Los datos obtenidos deben registrarse en un papel semilogarítmico (ver Anexo E), representando los contenidos de agua, en la escala aritmética,

como abscisas, y el número de golpes en la escala logarítmica, como ordenadas; de esta manera se determina un punto para cada ensayo realizado.

9.2 Se traza la curva de flujo uniendo con una línea recta y, de la manera más aproximada, los cuatro puntos registrados.

NOTA 8. Algunos suelos tienden a deslizarse en lugar de fluir; si esto ocurre, el resultado no es válido y debe repetirse el ensayo añadiendo agua hasta que ocurra el flujo; si después del incremento adicional de agua el suelo sigue deslizándose con un mínimo de 25 golpes, el ensayo no es aplicable, debiendo anotarse que el límite líquido no puede determinarse.

NOTA 9. Se debe tener cuidado de que la muestra no pierda humedad entre la repetición de los ensayos, ya que el número de golpes para cerrar el canal puede aumentarse gradualmente según vaya secándose la muestra.

NOTA 10. Con este proceso se tiende a obtener muestras de una consistencia tal, que se puede hacer un ensayo dentro de cada una de las siguientes escalas de golpes: 45-35; 35-25; 25-15; 15-5; de modo que la variación de cada ensayo sea de por lo menos 10 golpes.

9.3 El límite líquido de la muestra de suelo ensayada se determina por interpolación de la curva de flujo y está dado por el contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de flujo con los 25 golpes en las ordenadas, el mismo que debe redondearse al número entero más cercano, de conformidad con la Norma INEN 52.

9.4 El índice de flujo de la muestra de suelo ensayada se determina prolongando la curva de flujo, hasta intersectar las ordenadas correspondientes a los 10 y 100 golpes, y está dado por la pendiente de la

curva de flujo, expresada por el incremento de agua entre los 10 y 100 golpes (Nota 11).

9.4.1 El índice de flujo puede calcularse también con la siguiente ecuación:

$$I_f = \frac{W_1 - W_2}{\log 10 \frac{N_2}{N_1}}$$

Donde:

$L_f$  = índice de flujo

$W_1$  = contenido de agua, en % correspondiente a  $N_1$  golpes

$W_2$  = contenido de agua, en % correspondiente a  $N_2$  golpes

## 10. ERRORES DEL MÉTODO

10.1 Al realizar las tres series consecutivas del ensayo (ver 8.5) con el mismo contenido de agua, el número de golpes no debe diferir en más de un golpe; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

## 11. INFORME DE RESULTADOS

11.1 El informe que sobre este ensayo se emita debe indicar:

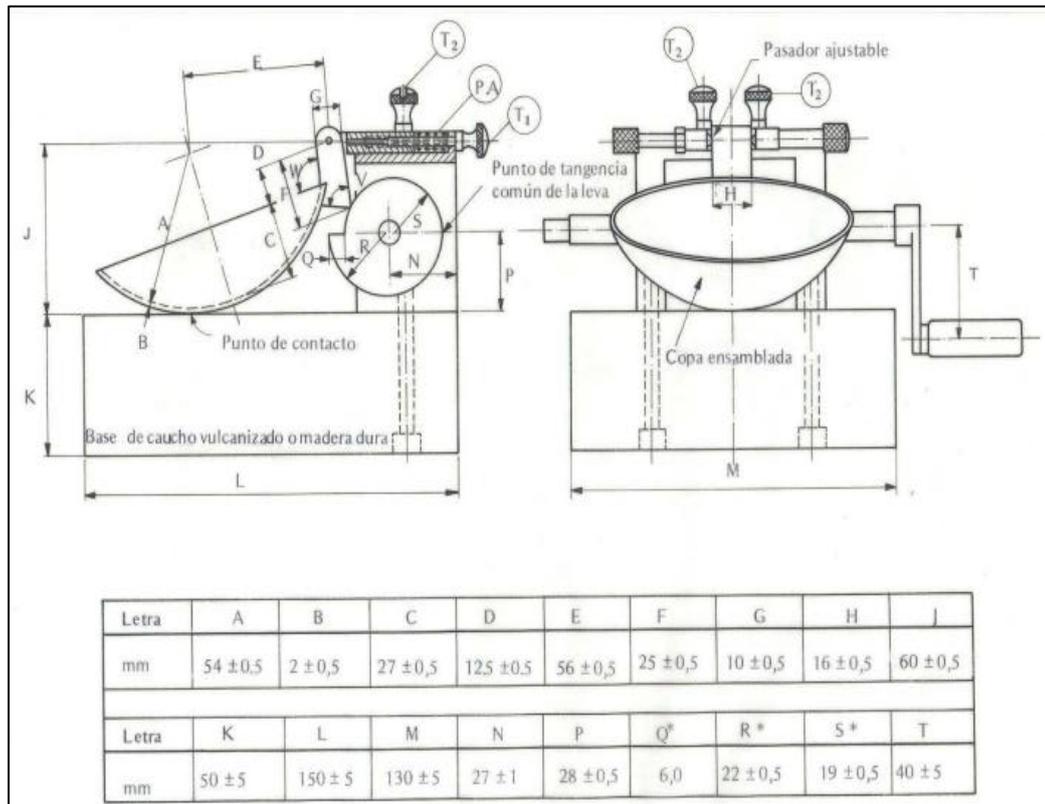
- b) Resultados obtenidos,
- c) Método utilizado,
- d) Condición del suelo (estado natural: secado al aire, secado al horno, no conocido, etc.),

e) Período de reposo.

11.2 Todos los resultados y observaciones que se hagan en el ensayo deben registrarse lo más adecuadamente posible. Si el límite líquido forma parte de otros ensayos, es preferible utilizar la hoja de registro recomendada en los ensayos respectivos.

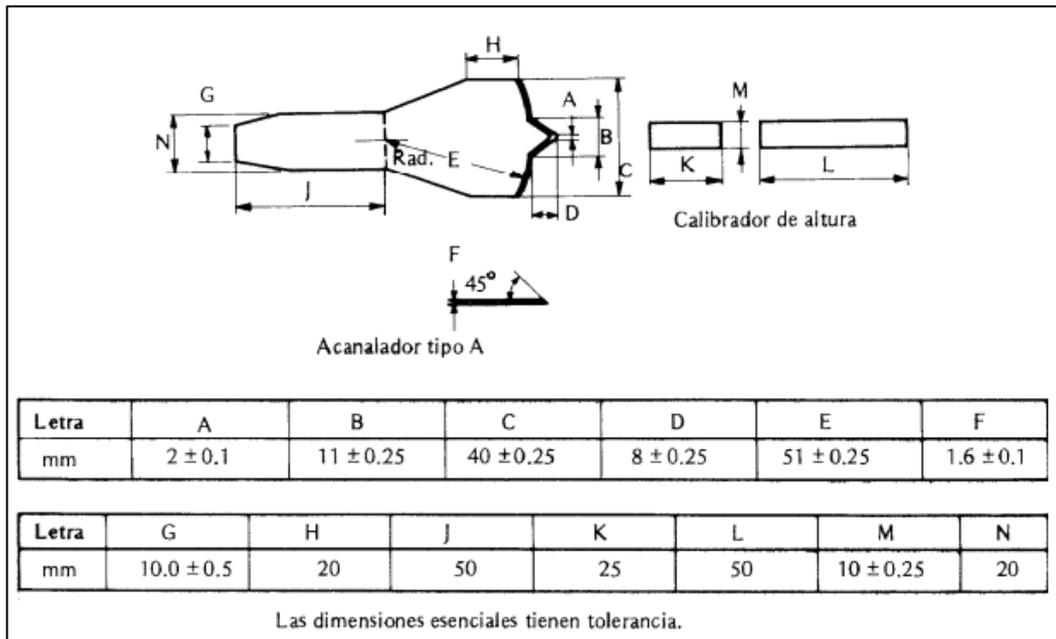
NOTA 11. El índice de flujo se determina como el incremento de agua correspondiente al número de golpes, representado por un intervalo logarítmico unitario, por ejemplo 1-10; 10-100.

Gráfico N° 54: Dispositivo mecánico para el límite líquido



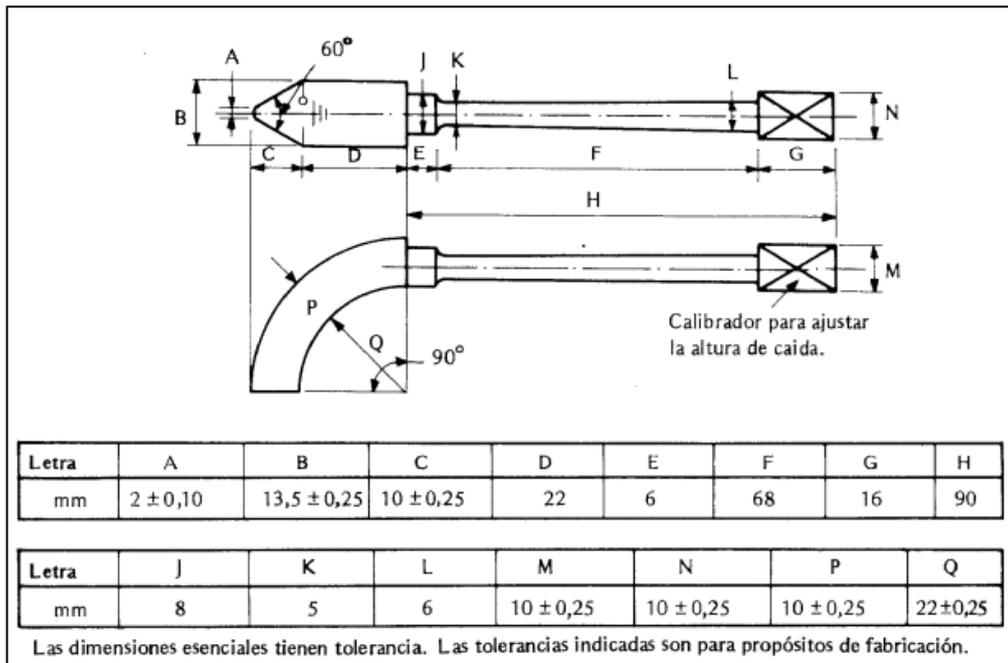
Fuente: INEN 691 1982-05

Gráfico N° 55: Acanalador tipo A y calibrador de altura (Bronce o acero inoxidable ).



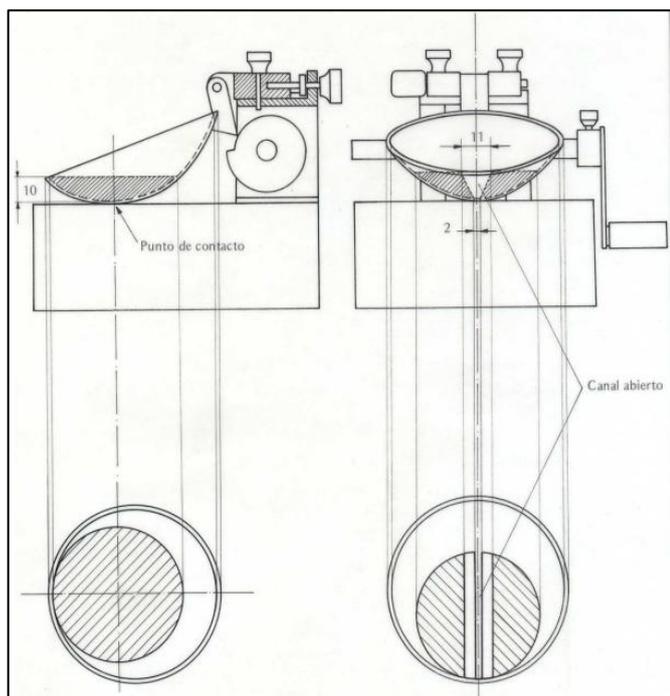
Fuente: INEN 691 1982-05

Gráfico N° 56: Acanalador tipo A y calibrador de altura (Bronce o acero inoxidable ).



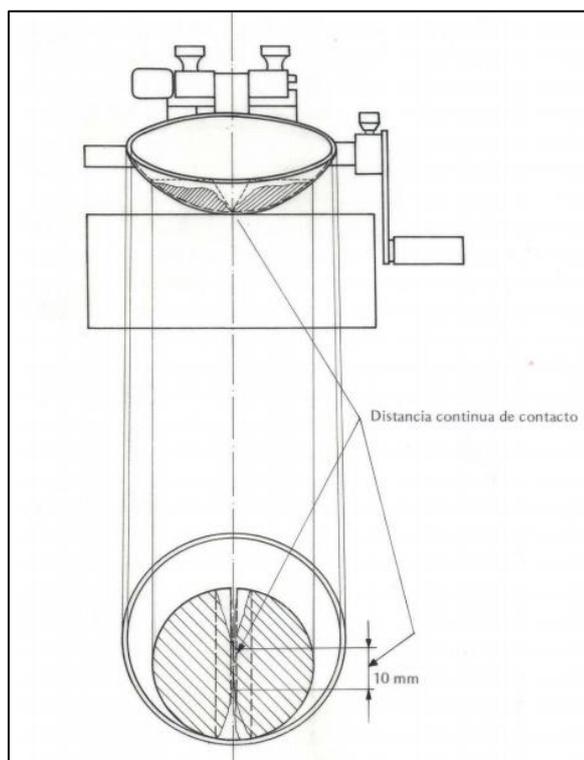
Fuente: INEN 691 1982-05

Gráfico N° 57: Muestra de suelo colocada y nivelada en la copa; Muestra de suelo partida con el acanalador, antes del ensayo.



Fuente: INEN 691 1982-05

Gráfico N° 58: Muestra de suelo después del ensayo.



Fuente: INEN 691 1982-05

Norma Técnica Ecuatoriana

MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

INEN 692 1982-05

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar el Límite plástico de un suelo.

2. ALCANCE

2.1 Este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No.40).

2.2 El resultado de este ensayo sirve también para determinar los índices de plasticidad, tenacidad, liquidez y consistencia de los suelos (ver apéndice Y).

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 La determinación se efectuará por triplicado sobre porciones de igual cantidad de la misma muestra.

3.2 En la Norma INEN 685 se establecen las definiciones de los términos y símbolos empleados en este documento.

3.3 En la Norma INEN 690 se establece la determinación del contenido de agua por el método del secado al horno.

3.4 En la Norma INEN 688 se establecen los métodos para preparar muestras alteradas para ensayos.

3.5 La temperatura del laboratorio debe mantenerse a  $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

3.6 La humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor del 50% y, en la cámara húmeda, no menor del 90%.

#### 4. RESUMEN

4.1 Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo en el límite entre su comportamiento plástico y sólido, para lo cual se utiliza el proceso de rolado para evaporar gradualmente el agua hasta que comienza a fisurarse o disgregarse.

#### 5. INSTRUMENTAL

5.1 Plato o fuente de mezclado. Recipiente de tamaño adecuado, apropiado para el mezclado de la muestra.

5.2 Espátula. Debe ser flexible, de tamaño adecuado, apropiado para el mezclado y cortado de la muestra de suelo.

5.3 Placa de rolado. Puede ser de vidrio, mármol o de cualquier material que tenga una superficie lisa no absorbente, de alrededor de 15 x 20 cm.

5.4 Varilla de calibración, (opcional) Debe ser de acero inoxidable de 3 mm de diámetro y más o menos 10 mm de largo.

5.5 Equipo para determinar el contenido de agua, como el descrito en la Norma INEN 690.

5.6 Recipiente con agua destilada.

## 6. PREPARACIÓN DEL INSTRUMENTAL

6.1 Todo el instrumental a utilizarse en la determinación del límite plástico debe estar limpio, seco y en buenas condiciones de trabajo.

## 7. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

7.1 Tomar una muestra de alrededor de 100 g de la porción del material que pase el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688.

7.2 A esta muestra se la deja evaporar, si fuera necesario, o se la añade agua destilada y se la mezcla completamente en el plato o fuente, usando la espátula hasta obtener una pasta de suelo homogénea y plástica, en cantidad suficiente como para moldearla con los dedos como una bola (Notas 1 y 2).

7.3 Cuando el límite plástico se determina conjuntamente con el límite líquido, se toma al iniciar el ensayo del límite líquido una muestra de aproximadamente 30 g, la cual debe ser suficientemente homogénea y plástica para que pueda formarse con facilidad una bola, sin que se adhiera a los dedos al comprimirla; esta muestra debe permanecer en un recipiente hermético.

## 8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

8.1 Tomar aproximadamente 10 g de la muestra preparada según se indica en 7.2 o de la muestra separada según 7.3, moldearla entre los dedos, en una bola, luego amasar y rodar la bola entre las palmas de las manos hasta que aparezcan en su superficie pequeñas fisuras, con lo cual se asegura que el suelo tenga un suficiente secado.

NOTA 1. Ciertos suelos arcillosos necesitan un período de homogenización del agua añadida, para lo cual se la deja reposar en la cámara húmeda de 16 a 24 horas en un recipiente hermético, luego de lo cual, se la vuelve a mezclar generalmente durante 10 minutos; sin embargo, algunos de estos suelos requieren más de 40 minutos de remezclado.

NOTA 2. Cuando el ensayo del límite plástico se lleva a cabo en muestras de suelo en su condición natural y esta se encuentra demasiado húmeda, debe dejarse secar al aire hasta obtener la consistencia requerida.

8.2 Rotar esta bola entre las puntas de los dedos de una mano y la placa de vidrio o de mármol, como se indica en el gráfico N° 52., con una presión suficiente como para formar del suelo un rollo de 3 mm de diámetro en 5 a 15 movimientos completos (hacia adelante y hacia atrás) de la mano, a una velocidad de 80 a 90 movimientos por minuto.

Gráfico N° 59: Rolado de los rollos.



Fuente: INEN 692 1982-05

8.3 Si el rollo de suelo se desmenuza antes de alcanzar los 3 mm de diámetro, añadir agua destilada a toda la masa de suelo. Volver a mezclarlo en el

plato o fuente, amasarlo completamente y proceder como se indica en 8.1 y 8.2.

8.4 Si el rollo llega a los 3 mm de diámetro sin presentar fisuras o signos de desmenuzamiento, recoger el rollo y moldearlo nuevamente entre los dedos en una bola y repetir el proceso dado en 8.2 hasta cuando el rollo al llegar a los 3 mm de diámetro se corte, tanto longitudinalmente como transversalmente, o se desmenuce al rolarlo con la presión requerida. Puede usarse la varilla de metal como una guía para obtener el correcto diámetro del rollo (Nota 3).

8.4.1 Los rollos de algunos suelos son extremadamente duros, por lo que es difícil determinar el punto final; cuando esto ocurre, se debe amasar completamente todas las porciones desmenuzadas del rollo, formar una bola y proceder a rolarlo nuevamente; si el rollo no se desmenuza inmediatamente, no se ha alcanzado todavía el punto final del límite plástico.

NOTA 3. La cantidad de 5 a 10 g que se toma como muestra para determinar el contenido de agua es menor que la recomendada en la Norma INEN 690, pero, debido a la uniformidad del suelo que constituye la muestra, esta puede considerarse como una cantidad representativa.

8.4.2 En algunos suelos poco plásticos, el desmenuzamiento puede ocurrir cuando el rollo tiene un diámetro mayor a 3 mm, por lo cual el primer punto de rotura indicará el límite plástico del suelo ensayado.

8.4.3 El desmenuzamiento se manifiesta de diferente manera, de acuerdo a los diversos tipos de suelo. Algunos suelos se separan en numerosas concreciones de partículas, otros pueden formar una capa tubular exterior que comienza a partirse en ambos extremos, el fisuramiento progresa hacia la mitad y finalmente el rollo se divide en varias

partículas pequeñas. Los suelos altamente arcillosos requieren mucha presión para forjar el rollo, particularmente cuando se aproxima al límite plástico, terminando por romperse en una serie de segmentos.

8.4.4 En ningún momento el operador debe intentar producir la falla exactamente a los 3 mm de diámetro, dejando que el rollo alcance este diámetro y luego reduciendo el tipo de rolado o la presión de la mano, y continuar el rolado sin deformación posterior hasta que el rollo falle.

8.5 Recoger las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente hermético y determinar el contenido de agua de acuerdo con la Norma INEN 690.

8.6 Dos muestras más serán tratadas como se indica de 8.1 a 8.5, de modo que se hagan tres determinaciones completamente separadas.

## 9. ERRORES DEL MÉTODO

9.1 La máxima variación entre los valores absolutos de la determinación efectuada por triplicado no debe exceder de  $\pm 5\%$ ; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

### Norma Técnica Ecuatoriana

### MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA

### MÉTODO DEL SECADO AL HORNO

### INEN 690 1982-05

#### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar en el laboratorio el contenido de agua de los suelos, mediante el secado al horno.

## 2. DISPOSICIONES GENERALES

2.1 La determinación se efectuará por duplicado sobre diferentes porciones de la misma muestra.

2.2 En la Norma INEN 685 se establecen las definiciones de los términos y símbolos empleados en este documento.

2.3 En la Norma INEN 154 se establecen las dimensiones nominales de aberturas de los tamices de ensayo.

2.4 La temperatura del laboratorio debe mantenerse a  $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

2.5 La humedad relativa del laboratorio no debe ser menor del 50% y en la cámara húmeda, no menor del 90%.

## 3. TERMINOLOGÍA

3.1 Tamaño máximo. Abertura nominal del tamiz que retiene el 10% o menos del material.

## 4. RESUMEN

4.1 El método de ensayo consiste en determinar la cantidad de agua que existe en una determinada masa de suelo, mediante un horno de secado.

## 5. EQUIPO

5.1 Horno de secado. Puede ser a gas o eléctrico. Debe ser regulado termostáticamente y capaz de mantener una temperatura constante de  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se puede emplear hornos de microonda, siempre que en ensayos preliminares se demuestre que la temperatura del suelo no exceda de

110°C luego de que toda el agua se haya evaporado; si se usan estos hornos, no son convenientes los recipientes de metal, por lo que el suelo debe secarse en fuentes de evaporación de vidrio, sílice o politetrafluoretileno (PLFE).

5.2 Balanzas. Se debe utilizar una de las siguientes balanzas de acuerdo al tamaño de la muestra (nota 1).

- a) Una balanza sensible a 0,01 g, para pesar muestras de 100 g o menos;
- b) Una balanza sensible a 0,1 g para pesar muestras de 100 a 1 000 g; y
- c) Una balanza sensible a 1 g, para pesar muestras mayores a 1 000 g .

5.3 Recipientes. Estos deben ser de un tamaño adecuado, fabricados de un material resistente a la corrosión y que no alteren su masa o se desintegren debido al fenómeno repetitivo de calentado y enfriado. Pueden estar provistos de tapas herméticas, para prevenir la pérdida del agua de las muestras antes del pesado inicial, y la absorción de la humedad del ambiente, luego del secado y antes del pesado final. Estos recipientes deben identificarse mediante numeración clara e indeleble.

5.4 Desecador. Debe ser de un tamaño adecuado y contener gel de sílice anhidro (nota 2).

## 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

6.1 La muestra de ensayo debe tener suficiente material para que sea representativa del suelo, lo cual está en función de la gradación, tamaño máximo de las partículas y del equipo utilizado, la misma que ha sido obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688.

6.2 La masa mínima de la muestra debe estar en concordancia con los valores recomendados para uso general de laboratorio.

NOTA 1. La balanza a usarse en un ensayo en particular dependerá del tamaño de la muestra, sin embargo, su sensibilidad debe ser de 0,030/o de la masa de la muestra o 0,01 g, la que sea mayor.

NOTA 2. Es preferible usar gel de sílice autoindicador, como un desecante, más no el cloruro de calcio, ya que se conoce que muchas arcillas, cuando se secan al horno, son capaces de absorber agua del mismo.

## 7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

7.1 Determinar y registrar la masa del recipiente (m1), cuidando que esté seco y limpio (nota 3).

7.2 Colocar cuidadosamente en el recipiente la porción representativa del suelo a ensayarse, después de desmenuzarla, cuidando que exteriormente no existan partículas de suelo adheridas; determinar y registrar su masa (m2).

7.3 Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado, manteniendo una temperatura de  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  (nota 4), hasta obtener masa constante (nota 5).

7.3.1 En casos en que haya alguna duda respecto al período de secado, éste debe continuar hasta que la determinación de la masa, después de dos períodos sucesivos de secado, a intervalos de cuatro horas, indiquen que la masa no cambia o que su diferencia no excede de 10/o.

7.4 Inmediatamente después de sacar del horno el recipiente con la muestra de suelo seca, determinar y registrar su masa, (m3). Si esto no es posible

hacerlo inmediatamente, el recipiente debe colocarse en el desecador hasta cuando vaya a determinarse su masa.

## 8. CÁLCULOS

8.1 El contenido de agua del suelo se calcula como un porcentaje de su masa seca con la siguiente ecuación:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} - 100$$

Siendo:

w = contenido de agua, en %

m<sub>1</sub> = masa del recipiente, en g

m<sub>2</sub> = masa del recipiente y el suelo húmedo, en g

m<sub>3</sub> = masa del recipiente y el suelo seco, en g

NOTA 3. Si se usa recipientes con tapa, la masa m<sub>1</sub> será la masa del recipiente y su tapa.

NOTA 4. Los valores del contenido de agua, determinados en hornos de secado cuya temperatura sea de 105 ± 5°C, no son exactos para suelos que contienen yeso u otros minerales, cuya agua de cristalización se pierde a la temperatura indicada o para suelos que contienen apreciables cantidades de materia orgánica.

El contenido de agua determinado con esta temperatura se afecta aproximadamente en un 2% o por cada 1% de yeso, los minerales antes indicados o materia orgánica; en este caso, el contenido de agua debe determinarse en hornos de secado cuya temperatura sea entre 60°C y 80°C por desecación al vacío; de no ser esto posible, deben registrarse las condiciones en las que se realiza el ensayo.

NOTA 5. El período necesario de secado varía con el tipo de suelo, el tamaño de la muestra y la cantidad de material en el horno de secado.

Cuando el suelo seco puede absorber humedad de las muestras húmedas, las muestras secas deben retirarse del horno de secado antes de colocar las muestras húmedas. Generalmente es suficiente un período de secado de 16 a 24 h.

## 9. ERRORES DEL MÉTODO

9.1 La máxima variación entre los valores absolutos de la determinación efectuada por duplicado no debe exceder de  $\pm 5\%$ ; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

### Norma Técnica Ecuatoriana

### MECÁNICA DE SUELOS TOMA DE MUESTRAS INALTERADAS

### INEN 687 1982-05

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los procedimientos de muestreo, con el propósito de recoger muestras de suelos que llenen la condición relativa de inalteradas.

## 2. ALCANCE

2.1 Este procedimiento de muestreo debe realizarse cuando el proyecto a ejecutarse requiera de una información precisa, en el laboratorio, de las características físicas o mecánicas del suelo.

### 3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Las definiciones de los términos empleados en esta norma se establecen en la Norma INEN 685.

3.2 Los métodos para efectuar la perforación y/o excavación de los suelos se establecen en el Código de Práctica para la Investigación del Sitio.

### 4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 El grado de alteración de la muestra tomada en una perforación depende del procedimiento de muestreo, de las dimensiones del muestreador, de la profundidad de penetración y del procedimiento que se utilice para introducirlo, por lo cual, si se usa un muestreador, las paredes del mismo deben ser lo más delgadas posible.

4.2 Para que la muestra obtenida resulte inalterada, es necesario:

- a) Evitar la entrada del suelo más allá de la capacidad del muestreador,
- b) Que el rozamiento de la muestra con las paredes del muestreador sea mantenida al mínimo.

4.3 El efecto del que depende la cantidad de distorsión ocurrida sobre la muestra está en función del espesor de las paredes del muestreador y se conoce como índice de superficie (relación de área).

### 5. INSTRUMENTAL

5.1 Cuando el muestreo se realice en perforaciones, es necesario disponer del siguiente instrumental:

- 5.1.1 Equipo de perforación.- Puede aceptarse cualquier equipo de perforación y accesorios que permitan una adecuada limpieza del pozo, de tal manera que no altere el suelo antes de la inserción del muestreador.
- 5.1.2 Muestreadores. Deben ser tubos de acero de pared delgada y se consideran aceptables aquellos que tienen las características, respectivamente, los cuales se acoplarán a un cabezal de ensamble, que puede ser de modelo simple o de pistón.
- 5.1.2.1 Los muestreadores deben ser fabricados de acero endurecido, con paredes lo suficientemente fuertes para vencer la resistencia que el suelo ofrece a su penetración, sin que se produzca pandeo.
- 5.1.2.2 Los muestreadores deben sujetarse al cabezal de ensamble con tornillos de acero endurecido, para lo cual deberán tener dos orificios de armado, en lados opuestos, para tubos de 90 mm o menos de diámetro exterior, y cuatro orificios de armado, espaciados a 90°, para tubos de 100 mm o más de diámetro exterior.
- 5.1.2.3 Los muestreadores deben ser cilíndricos y lisos, sin deformaciones como: protuberancias, abolladuras o rayaduras, y además estar limpios y protegidos contra la corrosión.
- 5.1.2.4 Se permitirán tubos sin costura o soldados, pero las sueldas no deben proyectarse en la junta.
- 5.1.2.5 El muestreador debe tener una relación de área de hasta el 12%, pudiendo aceptarse excepcionalmente hasta el 15%.
- 5.1.2.6 El borde cortante debe ser torneado e inclinado, de tal manera que el índice de juego interior esté entre 0,5 y 3%.

5.1.3 Dispositivo para aplicación de la carga. Debe tener tales características que la introducción del muestreador en el terreno se efectúe en forma estática y con un movimiento rápido y continuo, sin choques ni vibraciones.

5.1.3.1 Cuando los suelos a ser muestreados son demasiado duros, a tal punto que el dispositivo de aplicación de la carga no es suficiente para hacer penetrar el muestreador, se puede utilizar un martillo impulsador, en cuyo caso es necesario registrar la masa total y el número de golpes requeridos, cuidando de aplicar la menor energía posible para el hincado.

5.2 Cuando el muestreo se realice en pozos a cielo abierto, es necesario disponer del siguiente instrumental:

5.2.1 Herramientas de excavación. Puede aceptarse cualquier equipo de excavación y accesorios que permitan una adecuada limpieza del pozo a cielo abierto, de tal manera que no alteren el suelo antes de iniciar el corte y tallado de la muestra.

5.2.2 Herramientas de corte y tallado. Deben ser cuchillas o navajas de acero, adecuadas para cortar y tallar la muestra.

5.2.3 Moldes muestreadores. Es conveniente el uso de moldes metálicos con borde cortante, lo cual garantiza una mejor recuperación de la muestra y minimiza las alteraciones durante el transporte.

## 6. PROCEDIMIENTO

6.1 Muestreo en perforaciones:

- 6.1.1 Efectuado el sondeo y alcanzada la profundidad a la que se va a tomar la muestra, se limpia la perforación usando cualquier método y accesorios, cuidando que el material a muestrear no resulte alterado por dicha operación. No se permitirá, para limpiar la perforación, el procedimiento de inyección a través de un muestreador de tubo abierto ni el uso de barrenas o brocas de descarga de fondo, pero sí de descarga lateral, en las cuales, el chiflón de agua debe suspenderse por lo menos 10 cm antes de alcanzar la cota para el muestreo.
- 6.1.1.1 En el caso de arenas o limos saturados, las herramientas de perforación deben retirarse lentamente, para impedir el derrumbe de las paredes de la perforación; a la vez, se deberá mantener el agua de inyección en el pozo a/o sobre el nivel freático, con la finalidad de evitar la ebullición del fondo.
- 6.1.1.2 Cuando se detectan suelos sin cohesión, poco cohesivos o muy blandos, debe asegurarse la estabilidad de las paredes de la perforación entibando la misma, utilizando tubos, Iodos de perforación o mediante cualquier otro método que se considera conveniente.
- 6.1.1.3 No debe entibarse una perforación más abajo del nivel en el que se va a tomar la muestra.
- 6.1.2 Luego de apoyar el muestreador en el fondo de la perforación y manteniendo el nivel de agua a/o sobre el nivel freático, se procede a hincarlo empujando en forma estática el muestreador dentro del suelo con un movimiento rápido y continuo.
- 6.1.2.1 Como alternativa, y únicamente cuando los suelos sean demasiados duros a tal punto que el empuje estático no sea suficiente para recuperar la muestra, el hincado del muestreador se realizará mediante golpes de un martillo (carga dinámica) (ver numeral 5.1.3.1).

- 6.1.3 La penetración del muestreador en ningún caso deberá ser mayor a su longitud útil.
- 6.1.4 Luego del hincado y antes de extraer el muestreador a la superficie, debe girarse por lo menos dos revoluciones, a fin de cortar la muestra por el fondo.
- 6.1.5 Después de extraer el muestreador con la muestra insertada en su interior, se medirá la longitud de recuperación, registrándose la misma, luego de lo cual se debe remover con sumo cuidado, en por lo menos 25 mm, el suelo de la parte inferior para sacar todos los cortes y material alterado, y luego insertar un disco impermeable y sellar ambos lados del tubo con cera o parafina, cuidando que ésta no penetre a la muestra.
  - 6.1.5.1 Si los tubos van a enviarse a grandes distancias, deben asegurarse los extremos para prevenir la rotura o el resquebrajamiento de los sellos (nota 1), y el embarque deberá hacerse protegiendo a los tubos con un dispositivo amortiguador (espuma flex, esponja o similares).

NOTA 1. Para esto es aconsejable colocar estopilla de algodón alrededor de los extremos, después de haberlos sellado, y sumergir los extremos así preparados en cera diluida.

- 6.1.6 Cualquiera que sea la finalidad del muestreo, las muestras deben embarcarse o almacenarse en la misma posición en que éstas se encontraban en su sitio original.

## 6.2 Muestreo en pozos a cielo abierto:

- 6.2.1 Efectuada la excavación y alcanzada la profundidad a la que se va a tomar la muestra, se limpia la misma usando cualquier método y

accesorios, cuidando que el material que se va a muestrear no resulte alterado en esta operación.

6.2.1.1 En un pozo a cielo abierto es recomendable tomar la muestra inalterada tallando un bloque que sobresalga del fondo, en lugar de tomarlas del propio fondo o de las paredes del pozo, ya que en estas zonas el suelo está alterado por la excavación al menos en su superficie.

6.2.1.2 Las muestras deberán obtenerse siempre de excavaciones recientemente hechas, removiendo cuidadosamente el material alterado por la excavación. Si los pozos llevan largo tiempo abiertos, antes de la toma de muestras deberá eliminarse la superficie reblandecida o desecada, especialmente en suelos cohesivos.

6.2.2 La muestra se tallará con una herramienta cortante hasta lograr una figura geométrica de la forma y tamaño adecuado al propósito, recubriéndola luego con cera o parafina en el sitio.

6.2.2.1 Cuando se use muestreadores metálicos de borde cortante, la muestra se tallará a una dimensión ligeramente menor que la del muestreador para que éste se introduzca por su propio peso; una vez introducida la cantidad de muestra requerida, se cortará cuidadosamente por la base, usando un cuchillo o sierra de alambre y se sellarán los extremos, tal como se especifica en el numeral 6.1.5.

6.2.3 En cualquiera de los casos, las muestras deberán colocarse en cajas de madera, usando un material amortiguador (espuma flex, esponja o similar) para evitar cualquier daño que pudiera producirse durante el transporte.

6.3 La inspección manual-visual de la muestra debe hacerla personal experimentado, para lo cual debe usarse una parte de la muestra extraída o el suelo removido de los extremos del tubo o del muestreador metálico.

6.4 Para la identificación de las muestras, los tubos muestreadores, cilindros o recipientes deben etiquetarse adecuadamente.

6.4.1 Las etiquetas deben protegerse con un forro plástico y estar adheridas a la muestra y a los tubos o muestreadores. Su inscripción debe hacerse con tinta indeleble, haciendo constar los siguientes datos:

- a) Nombre de la obra;
- b) Lugar de la toma de muestra;
- c) Nombre o número de la perforación o excavación;
- d) Número de la muestra;
- e) Profundidades o cotas de extracción, referidas al extremo superior de la muestra;
- f) Registro de la penetración y longitud de recuperación, si se trata de tubos de pared delgada;
- g) Indicación del extremo superior e inferior de la muestra; y,
- h) Todo dato adicional que sea útil para su fácil reconocimiento e identificación.

**ANEXO 6**

**DISEÑO DE HORMIGÓN DE 350 Kg/cm<sup>2</sup>**

**ENSAYADO EN LABORATORIO**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

**FECHA ENSAYO:** 15-01-15      **TIPO DE MATERIAL:** 3/4"      **NOMBRE DE MINA:** EL PROGRESO  
**PROCEDENCIA:** MINA      **ORIGEN:** TRITURACION

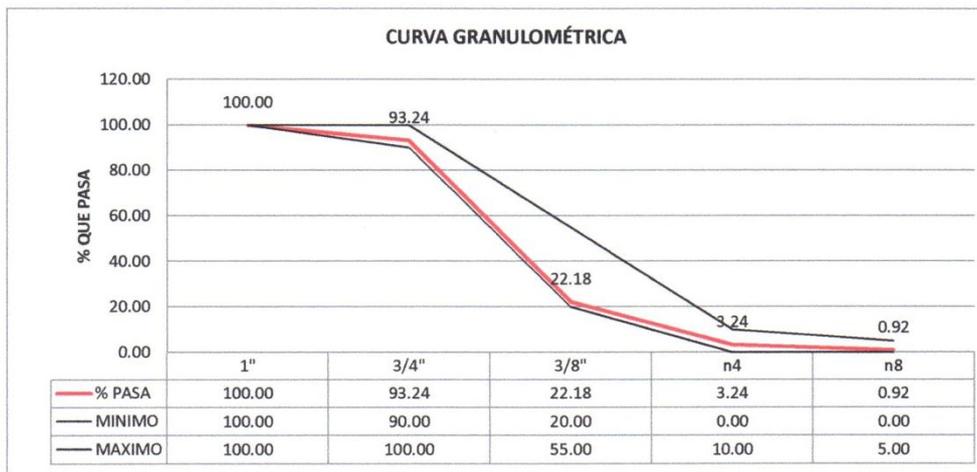
**GRANULOMETRÍA**

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO**

**NORMA DE ENSAYO: ASTM C-33**

Tamiz No.	Abertura mm	tara	mat + tara	ret. Parcial	ret. Acumulado	%	%	%	Especificación	
				gr	gr	Retenido	Ret. Ac	Pasa	Mínimo	Máximo
3"	75.0			0.00	0.00	0.00		100.00		
2 1/2"	63			0.00	0.00	0.00		100.00		
2"	51			0.00	0.00	0.00		100.00		
1 1/2"	37.5			0.00	0.00	0.00		100.00		
1"	25.4			0.00	0.00	0.00		100.00	100	100
3/4"	19			330.00	330.00	6.76		93.24	90	100
1/2"	12.5			2 478.00	2 808.00	57.51		42.49		
3/8"	9.5			992.00	3 800.00	77.82		22.18	20	55
No. 4	4.75			925.00	4 725.00	96.76		3.24	0	10
No. 8	2.36			113.00	4 838.00	99.08		0.92	0	5
Bandeja				45.00	4 883.00	100.00		0.00		
				4 883.00						

perdida en tamizado:



OBSERVACIONES:



**Becerra Cuesta C. Ltda.**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

**FECHA ENSAYO:** 15-01-15      **TIPO DE MATERIAL:** 1/2"      **NOMBRE DE MINA:** EL PROGRESO  
**PROCEDENCIA:** MINA      **ORIGEN:** TRITURACION

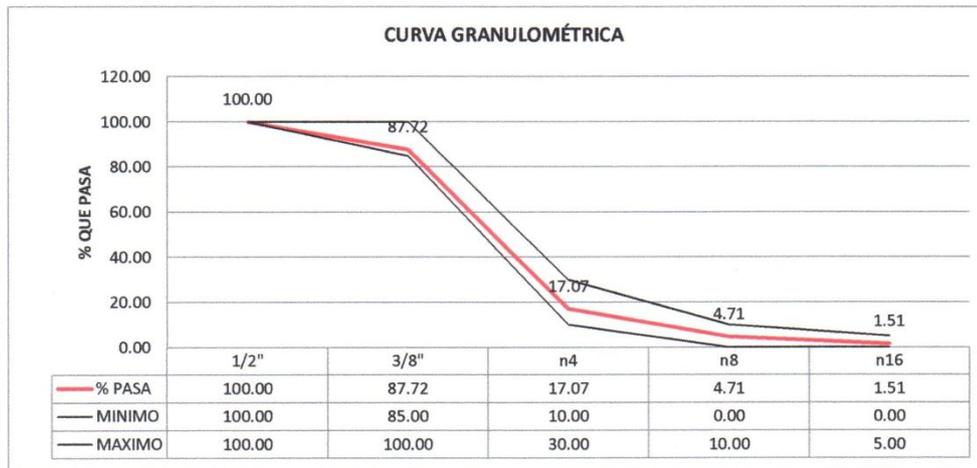
**GRANULOMETRÍA**

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO**

**NORMA DE ENSAYO: ASTM C-33**

Tamiz No.	Abertura mm	tara	mat + tara	ret. Parcial gr	ret. Acumulado gr	% Retenido	% Ret. Ac	% Pasa	Especificación	
									Mínimo	Máximo
3"	75.0			0.00	0.00	0.00		100.00		
2 1/2"	63			0.00	0.00	0.00		100.00		
2"	51			0.00	0.00	0.00		100.00		
1 1/2"	37.5			0.00	0.00	0.00		100.00		
1"	25.4			0.00	0.00	0.00		100.00		
3/4"	19			0.00	0.00	0.00		100.00		
1/2"	12.5			0.00	0.00	0.00		100.00	100	100
3/8"	9.5			146.00	146.00	12.28		87.72	85	100
No. 4	4.75			840.00	986.00	82.93		17.07	10	30
No. 8	2.36			147.00	1 133.00	95.29		4.71	0	10
No. 16	1.18			38.00	1 171.00	98.49		1.51	0	5
Bandeja				18.00	1 189.00	100.00		0.00		
				1 189.00						

perdida en tamizado:



OBSERVACIONES:



**Becerra Cuesta C. Ltda.**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

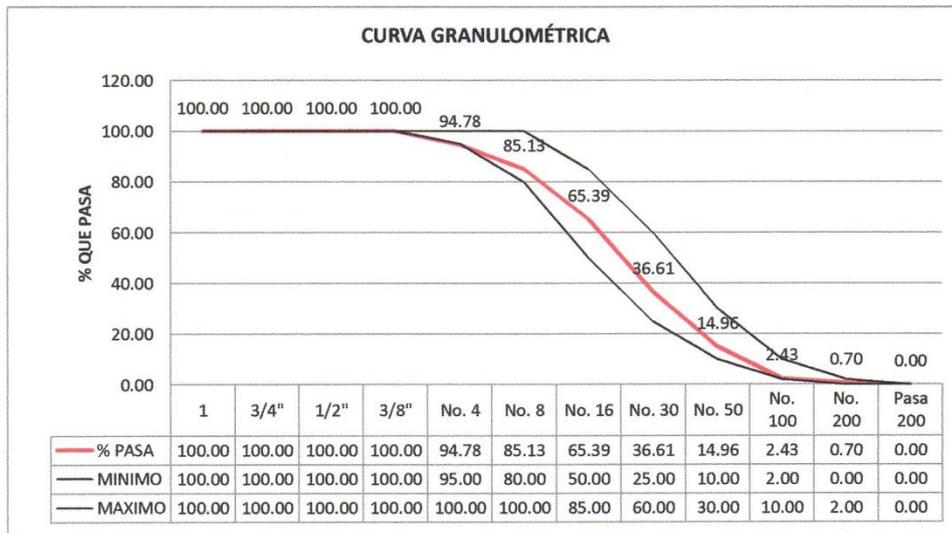
**FECHA:** 15-01-15      **TIPO DE MATERIAL:** 3/8"      **NOMBRE DE MINA:** EL PROGRESO  
**PROCEDENCIA:** MINA      **ORIGEN:** TRITURACIÓN

**GRANULOMETRÍA**

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO**

**NORMA DE ENSAYO: ASTM C-33**

Tamiz No.	Abertura mm	tara	mat + tara	ret. Parcial gr	ret. Acumulado gr	% Retenido	% Pasa	Especificación	
								Mínimo	Máximo
1-1/2"	38.1						100.00		
1	25.4				0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"					0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.5			0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.5			0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
No. 4	4.75			60.00	60.00	5.22	94.78	95	100
No. 8	2.36			111.00	171.00	14.87	85.13	80	100
No. 16	1.18			227.00	398.00	34.61	65.39	50	85
No. 30	600			331.00	729.00	63.39	36.61	25	60
No. 50	300			249.00	978.00	85.04	14.96	10	30
No. 100	150			144.00	1 122.00	97.57	2.43	2	10
No. 200	75			20.00	1 142.00	99.30	0.70	0	2
Pasa 200				8.00	1 150.00	100.00	0.00		
				1 150.00					



OBSERVACIONES:



**Becerra Cuesta C. Ltda.**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

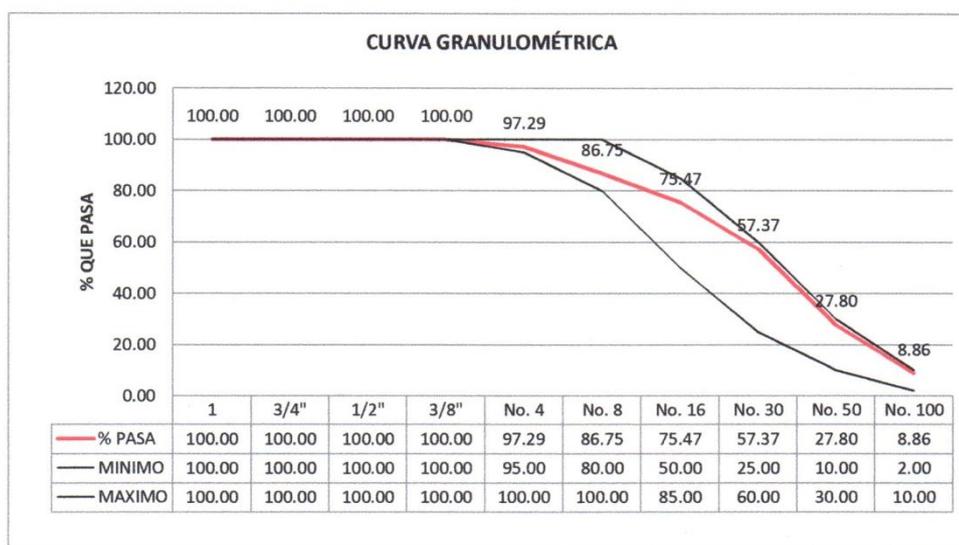
**FECHA:** 15-01-15      **TIPO DE MATERIAL:** ARENA      **NOMBRE DE MINA:** SAN RAMON  
**PROCEDENCIA:** MINA      **ORIGEN:** MINA

**GRANULOMETRÍA**

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO**

**NORMA DE ENSAYO: ASTM C-33**

Tamiz	Abertura	tara	mat + tara	ret. Parcial gr	ret. Acumulado gr	% Retenido	% Pasa	Especificación	
No.	mm							Mínimo	Máximo
1-½"	38.1						100.00		
1	25.4				0.00	0.00	100.00	100	100
¾"					0.00	0.00	100.00	100	100
½"	12.5			0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.5			0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
No. 4	4.75			29.00	29.00	2.71	97.29	95	100
No. 8	2.36			113.00	142.00	13.25	86.75	80	100
No. 16	1.18			121.00	263.00	24.53	75.47	50	85
No. 30	600			194.00	457.00	42.63	57.37	25	60
No. 50	300			317.00	774.00	72.20	27.80	10	30
No. 100	150			203.00	977.00	91.14	8.86	2	10
No. 200	75			78.00	1 055.00	98.41	1.59		
Pasa 200				17.00	1 072.00	100.00	0.00		
				1 072.00	<b>MF</b>	<b>2.46</b>			



OBSERVACIONES:



**Becerra Cuesta C. Ltda**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATAKUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

**FECHA ENSAYO:** 16-01-15      **TIPO DE MATERIAL:** 3/4"      **NOMBRE DE MINA:** EL PROGRESO  
**PROCEDENCIA:** MINA      **ORIGEN:** TRITURACION

**ENSAYOS (AGREGADO GRUESO)**

**PESOS UNITARIOS:**

**PESO UNITARIO COMPACTO**

NORMA DE ENSAYO: INEN 858

**DATOS**  
 Peso molde (gr)  
 peso molde+muestra (gr)  
 Volumen (V) (cm<sup>3</sup>)  
 Peso de la muestra (A) (gr)  
 Peso unitario ( r ) (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Valor promedio: (gr/cm<sup>3</sup>)

PESO UNITARIO COMPACTO			
1	2	3	4
7 406	7 406	7 406	7 406
14 713	14 727	14 740	14 731
4 264	4 264	4 264	4 264
7 307	7 321	7 334	7 325
1.714	1.717	1.720	1.718
			<b>1.717</b>

**PESO UNITARIO SUELTO**

NORMA DE ENSAYO: INEN 858

**DATOS**  
 Peso molde (gr)  
 peso molde+muestra (gr)  
 Volumen (V) (cm<sup>3</sup>)  
 Peso de la muestra (A) (gr)  
 Peso unitario ( r ) (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Valor promedio: (gr/cm<sup>3</sup>)

PESO UNITARIO SUELTO			
1	2	3	4
7 406	7 406	7 406	7 406
13 459	13 467	13 447	13 461
4 264	4 264	4 264	4 264
6 053	6 061	6 041	6 055
1.420	1.421	1.417	1.420
			<b>1.419</b>

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGUA:** NORMA DE ENSAYO: INEN 856

Material pasa el tamiz 1" retenido en el tamiz: No. 4

**DATOS**

**RESULTADOS:**

Peso muestra secada al horno: (A) 4 950.00 (gr)  
 Peso en el aire muestra saturada (B) 5 022.00 (gr)  
 Peso de agua añadida: (C) 3 100.00 (gr)

**RESULTADOS**

Peso específico seco (BULK): 2.58  
 Peso específico (sss) (sup. seca saturada): 2.61  
 Peso específico aparente: 2.68  
 Porcentaje de absorción: 1.45%

**OBSERVACIONES:**



**Becerra Cuesta C. Ltda.**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

**FECHA ENSAYO:** 16-01-15      **TIPO DE MATERIAL:** 1/2"      **NOMBRE DE MINA:** EL PROGRESO  
**PROCEDENCIA:** MINA      **ORIGEN:** TRITURACION

**ENSAYOS (AGREGADO GRUESO)**

**PESOS UNITARIOS:**

**PESO UNITARIO COMPACTO**

**NORMA DE ENSAYO: INEN 858**

**DATOS**  
 Peso molde (gr)  
 peso molde+muestra (gr)  
 Volúmen (V) (cm<sup>3</sup>)  
 Peso de la muestra (A) (gr)  
 Peso unitario ( r ) (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Valor promedio: (gr/cm<sup>3</sup>)

PESO UNITARIO COMPACTO			
1	2	3	4
7 406	7 406	7 406	7 406
14 859	14 850	14 867	14 875
4 264	4 264	4 264	4 264
7 453	7 444	7 461	7 469
1.748	1.746	1.750	1.752
			<b>1.749</b>

**PESO UNITARIO SUELTO**

**NORMA DE ENSAYO: INEN 858**

**DATOS**  
 Peso molde (gr)  
 peso molde+muestra (gr)  
 Volúmen (V) (cm<sup>3</sup>)  
 Peso de la muestra (A) (gr)  
 Peso unitario ( r ) (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Valor promedio: (gr/cm<sup>3</sup>)

PESO UNITARIO SUELTO			
1	2	3	4
7 406	7 406	7 406	7 406
13 607	13 594	13 586	13 599
4 264	4 264	4 264	4 264
6 201	6 188	6 180	6 193
1.454	1.451	1.449	1.452
			<b>1.452</b>

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGUA: NORMA DE ENSAYO: INEN 856**

Material pasa el tamiz 1" retenido en el tamiz: No. 4

**DATOS**

**RESULTADOS:**

Peso muestra secada al horno: (A) 4 960.00 (gr)  
 Peso en el aire muestra saturada (B) 5 019.00 (gr)  
 Peso de agua añadida: (C) 3 109.00 (gr)

**RESULTADOS**

Peso específico seco (BULK): 2.60  
 Peso específico (sss) (sup. seca saturada): 2.63  
 Peso específico aparente: 2.68  
 Porcentaje de absorción: 1.19%

OBSERVACIONES:



**Becerra Cuesta C. Ltda.**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

**FECHA ENSAYO:** 16-01-15      **TIPO DE MATERIAL:** 3/8"      **NOMBRE DE MINA:** EL PROGRESO  
**PROCEDENCIA:** MINA      **ORIGEN:** TRITURACION  
**ENSAYOS (AGREGADO GRUESO)**

**PESOS UNITARIOS:**

**PESO UNITARIO COMPACTO**

**NORMA DE ENSAYO: INEN 858**

**DATOS**  
 Peso molde (gr)  
 peso molde+muestra (gr)  
 Volúmen (V) (cm<sup>3</sup>)  
 Peso de la muestra (A) (gr)  
 Peso unitario (r) (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Valor promedio: (gr/cm<sup>3</sup>)

PESO UNITARIO COMPACTO			
1	2	3	4
7 406	7 406	7 406	7 406
14 969	14 980	15 022	14 936
4 264	4 264	4 264	4 264
7 563	7 574	7 616	7 530
1.774	1.776	1.786	1.766
			<b>1.776</b>

**PESO UNITARIO SUELTO**

**NORMA DE ENSAYO: INEN 858**

**DATOS**  
 Peso molde (gr)  
 peso molde+muestra (gr)  
 Volúmen (V) (cm<sup>3</sup>)  
 Peso de la muestra (A) (gr)  
 Peso unitario (r) (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Valor promedio: (gr/cm<sup>3</sup>)

PESO UNITARIO SUELTO			
1	2	3	4
7 406	7 406	7 406	7 406
13 515	13 573	13 548	13 504
4 264	4 264	4 264	4 264
6 109	6 167	6 142	6 098
1.433	1.446	1.440	1.430
			<b>1.437</b>

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGUA: NORMA DE ENSAYO: INEN 856**

Material pasa el tamiz 1" retenido en el tamiz: No. 4

**DATOS**  
 Peso muestra natural: (N) 696.00 (gr)  
 Peso muestra secada al horno: (A) 687.00 (gr)  
 Volúmen de la probeta: (B) 706.00 (cm<sup>3</sup>)  
 Peso de agua añadida: (C) 385.00 (gr)

**RESULTADOS:**

**RESULTADOS**  
 Peso específico seco (BULK): 2.14  
 Peso específico (sss) (sup. seca saturada): 2.20  
 Peso específico aparente: 2.27  
 Porcentaje de absorción: 2.77%  
 Humedad natural: 1.31%

OBSERVACIONES:



**Becerra Cuesta C. Ltda.**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ RI ANCA

**FECHA:** 16-01-15      **TIPO DE MATERIAL:** ARENA      **NOMBRE DE MINA:** SAN RAMON  
**PROCEDENCIA:** MINA      **ORIGEN:** MINA

**ENSAYOS**

**DETERMINACION DE LOS MATERIALES MAS FINOS DE 75 μ**      **NORMA DE ENSAYO: INEN 697**

<b>DATOS</b>		<b>RESULTADOS:</b>	
Peso de material antes del lavado (gr)	1 340.00	pérdida peso (por lavado) (gr)	68.00
Peso de material después del lava (gr)	1 272.00	pérdida en % (por lavado) (%)	7.12%
peso de la Tara (gr)	317.00	Contenido de Humedad. (%)	
Peso de material antes del lavado (gr)	1 023.00		
Peso de material después del lava (gr)	955.00		

**PESOS UNITARIOS:**

**PESO UNITARIO COMPACTO**

**NORMA DE ENSAYO: INEN 858**

**DATOS**

Peso molde (gr)	
peso molde+muestra (gr)	
Volúmen (V) (cm <sup>3</sup> )	
Peso de la muestra (A) (gr)	
Peso unitario (r) (gr/cm <sup>3</sup> )	
Valor promedio: (gr/cm <sup>3</sup> )	

PESO UNITARIO COMPACTO			
1	2	3	4
6 635	6 635	6 635	6 635
16 470	16 451	16 439	16 436
5 612	5 612	5 612	5 612
9 835	9 816	9 804	9 801
1.752	1.749	1.747	1.746
			<b>1.749</b>

**PESO UNITARIO SUELTO**

**NORMA DE ENSAYO: INEN 858**

**DATOS**

Peso molde (gr)	
peso molde+muestra (gr)	
Volúmen (V) (cm <sup>3</sup> )	
Peso de la muestra (A) (gr)	
Peso unitario (r) (gr/cm <sup>3</sup> )	
Valor promedio: (gr/cm <sup>3</sup> )	

PESO UNITARIO SUELTO			
1	2	3	4
6 635	6 635	6 635	6 635
15 261	15 249	15 253	15 273
5 612	5 612	5 612	5 612
8 626	8 614	8 618	8 638
1.537	1.535	1.536	1.539
			<b>1.537</b>

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGUA:**

**NORMA DE ENSAYO: INEN 856**

<b>DATOS:</b>		<b>RESULTADOS:</b>	
Peso de mat. en estado natural (N)	489.00	(gr)	
Peso de mat. en el aire (secada al horno) (A)	476.90	(gr)	
Volúmen de la probeta: (V)	500.00	(gr)	
Peso agua añadida: (W)	269.60	(gr)	

**RESULTADOS:**

Peso específico seco: BULK	2.07
Peso específico (sss):	2.17
Peso específico aparente:	2.30
Porcentaje de absorción:	4.84%
Humedad natural:	2.54%

OBSERVACIONES:



**Becerra Guesta C. Ltda.**

**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATAKUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

**FECHA ENSAYO:** 17-01-15

**f<sub>c</sub> = 350 kg/cm<sup>2</sup>**

**DISEÑO DE HORMIGON**

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS MATERIALES A SER UTILIZADOS**

MATERIAL	ORIGEN	MF/TM	peso u. suelto	peso u. compacto	peso esp. BULK	peso esp. s.s.s.	peso esp. aparente	absorción	humedad natural
RIPIO 1/2"	PROGRESO	1/2"	1.452	1.749	2.60	2.63	2.68	1.19%	
RIPIO 3/8"	PROGRESO	3/8"	1.437	1.776	2.14	2.20	2.27	2.77%	1.31%
ARENA	SAN RAMÓN	2.46	1.537	1.749	2.07	2.17	2.30	4.84%	2.54%
CEMENTO	ROCAFUERTE				3.05				
AGUA	RIO				1.00				

**SOLICITACIONES DE DISEÑO**

RESISTENCIA DEL HORMIGON (28 días) ( f<sub>c</sub> ) 350 kg/cm<sup>2</sup>  
 CONSISTENCIA EN OBRA: (REVENIMIENTO) ( cm ) 12 +/- 2 cm.  
 USO DE ADITIVO PLASTIFICANTE SI

**CALCULO DE LA DOSIFICACION (METODO ACI)**

- \* CANTIDAD DE AGUA: 240 litros (TABLA RELACION CONSISTENCIA - TAMAÑO MAXIMO AGREGADO GRUESO)
- \* RELACION AGUA/CEMENTO: (TABLA RELACION AGUA -CEMENTO)  
 SOLICITACION: ( f<sub>c</sub> ) 350 ( kg/cm<sup>2</sup> )  
 DESVIACION ESTANDAR 10 ( % )  
 DISEÑO: ( f<sub>c</sub> ) 385 ( kg/cm<sup>2</sup> )  
 RELACION AGUA/CEMENTO 0.44
- \* FACTOR: 0.45 (TABLA RELACION TAMAÑO MAXIMO - MODULO DE FINURA)

**CALCULOS:**

- 1.- CANTIDAD DE CEMENTO: ( kg/m<sup>3</sup> ) C= CANTIDAD DE AGUA / RELACION AGUA-CEMENTO
- 2.- CANTIDAD DE RIPIO ( kg/m<sup>3</sup> ) R= FACTOR \* PESO UNITARIO COMPACTO RIPIO
- 3.- CANTIDAD DE ARENA: (AL PESO) A= PESO U. HORMIGON - (PESO AGUA + PESO CEMENTO + PESO RIPIO)  
 (AL VOLUMEN) A= 1000 - (VOL. AGUA + VOL. AIRE + VOL. CEMENTO + VOL. RIPIO)
- 4.- REESTIMACION DE LOS AGREGADOS POR LA HUMEDAD NATURAL

**VALORES Y RESULTADOS (DOSIFICACION AL PESO)**

**RESULTADOS DIRECTOS**

CANTIDAD DE AGUA 240.00 LITROS  
 CANTIDAD DE CEMENTO 600.00 KILOS  
 CANTIDAD DE 3/8" 904.00 KILOS  
 CANTIDAD DE 1/2" 226.00 KILOS  
 CANTIDAD DE ARENA 500.00 KILOS

**VALORES Y RESULTADOS (DOSIFICACION AL VOLUMEN)**

VOLUMEN DE AGUA 0.240 m<sup>3</sup>  
 VOLUMEN DE AIRE 0.000 m<sup>3</sup>  
 VOLUMEN CEMENTO 0.197 m<sup>3</sup>  
 VOLUMEN 3/8" 0.278 m<sup>3</sup>  
 VOLUMEN 1/2" 0.070 m<sup>3</sup>  
 VOLUMEN ARENA 0.215 m<sup>3</sup>  
 1.000 m<sup>3</sup>



**Becerra Cuesta C. Ltda.**

## **ANEXO 7**

# **ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

## Análisis de Precios Unitarios

**NOMBRE DEL OFERENTE:** EGDA. SANDRA ROJAS

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 1 DE 7

RUBRO : 1

UNIDAD: M3

DETALLE : EXCAVACION SIN CLASIFICAR INC. DESALOJO

EQUIPO DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0,03
EXCAVADORA DE ORUGA 128 HP	1,00	45,00	45,00	0,014	0,63
VOLQUETA 8 M3	1,00	20,00	20,00	0,060	1,20
CARGADORA FRONTAL 170 HP	1,00	35,00	35,00	0,060	2,10
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>3,96</b>

MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
AYUDANTE DE MAQUINARIA	1,00	3,22	3,22	0,014	0,05
OPERADOR EQUIPO PESADO 1	1,00	3,57	3,57	0,014	0,05
CHOFER C1	2,00	4,67	9,34	0,060	0,56
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,66</b>

MATERIALES DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0,00</b>

TRANSPORTE DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>4,62</b>
INDIRECTOS (%)	25,00%	1,15
UTILIDAD (%)	0,00%	0,00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>5,77</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>5,77</b>

OBSERVACIONES: R=0.017 480 m3/día

SON: CINCO DÓLARES CON SETENTA Y DOS CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

LATACUNGA, 28 DE ENERO DE 2015

FIRMA DEL OFERENTE

**NOMBRE DEL OFERENTE:** EGDA. SANDRA ROJAS

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 2 DE 7**

**RUBRO :** 2

**UNIDAD:** M3

**DETALLE :** EXCAVACIÓN PARA CUNETAS Y ENCAUZAMIENTOS (A MANO)

EQUIPO DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0,04
RETROEXCAVADORA 125 HP	1,00	28,00	28,00	0,038	1,05
VOLQUETA 8 M3	1,00	28,00	28,00	0,038	1,05
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>2,14</b>

MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
OPERADOR EQUIPO PESADO 1	1,00	3,57	3,57	0,038	0,13
AYUDANTE DE MAQUINARIA	1,00	3,22	3,22	0,038	0,12
CHOFER Oc. C1	1,00	4,67	4,67	0,038	0,18
PEON	1,00	3,18	3,18	0,038	0,12
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,55</b>

MATERIALES DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0,00</b>

TRANSPORTE DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>2,69</b>
<b>INDIRECTOS (%)</b>	25,00%	0,67
<b>UTILIDAD (%)</b>	0,00%	0,00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>3,36</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>3,36</b>

OBSERVACIONES: R=0.01

**SON:** TRES DÓLARES CON TREINTA Y DOS CENTAVOS

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

LATACUNGA, 28 DE ENERO DE 2015

**FIRMA DEL OFERENTE**

-----  
PRESUPUESTO LATACUNGA - LA MANÁ

NOMBRE DEL OFERENTE: EGDA. SANDRA ROJAS

PROYECTO: EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 3 DE 7

RUBRO : 3

UNIDAD: M3

DETALLE : CUNETAS H.S. F'C=210 kg/cm2

EQUIPO DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					1,01
VIBRADOR	1,00	1,00	1,00	1,010	1,01
COMPACTADOR 5.5 HP	1,00	1,00	1,00	1,010	1,01
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>3,03</b>

MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
PEON	2,00	3,18	6,36	1,010	6,42
CARPINTERO	1,00	3,22	3,22	1,010	3,25
FIERRERO	1,00	3,22	3,22	1,010	3,25
MAESTRO DE OBRA	1,00	3,57	3,57	1,010	3,61
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>16,53</b>

MATERIALES DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
HORMIGÓN PREMEZCLADO	M3	1,030	95,00	97,85
ENCOFRADO	M2	1,500	9,00	13,50
CURADOR	Kg	0,500	1,50	0,75
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>112,10</b>

TRANSPORTE DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>131,66</b>
<b>INDIRECTOS (%)</b>	25,00% <b>32,92</b>
<b>UTILIDAD (%)</b>	0,00% <b>0,00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>164,58</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>164,58</b>

SON: CIENTO SESENTA Y TRES DÓLARES CON CUARENTA Y OCHO CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

LATACUNGA, 28 DE ENERO DE 2015

FIRMA DEL OFERENTE

**NOMBRE DEL OFERENTE:** EGDA. SANDRA ROJAS

**PROYECTO:** EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

HOJA 4 DE 7

RUBRO : 4

UNIDAD: Kg

DETALLE: ACERO DE REFUERZO

EQUIPO DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0,06
CORTADORA DOBLADORA DE HIER.	1,00	1,00	1,00	0,055	0,06
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0,11</b>

MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
PEON	1,00	3,18	3,18	0,055	0,17
FIERRERO	1,00	3,22	3,22	0,055	0,18
MAESTRO DE OBRA	1,00	3,57	3,57	0,055	0,20
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,55</b>

MATERIALES DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	kg	1,050	1,02	1,07
ALAMBRE RECOCIDO # 18	kg	0,035	1,70	0,06
DESOXIDANTE (CANECA 20 kgs)	kg	0,007	1,70	0,01
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>1,14</b>

TRANSPORTE DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>1,80</b>
<b>INDIRECTOS (%)</b>	25,00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0,00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>2,25</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>2,25</b>

SON: DOS DÓLARES CON VEINTE CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

LATACUNGA, 28 DE ENERO DE 2015

FIRMA DEL OFERENTE

-----  
PRESUPUESTO LATACUNGA - LA MANÁ

NOMBRE DEL OFERENTE: EGDA. SANDRA ROJAS

PROYECTO: EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA VÍA LATACUNGA – LA MANÁ SECTOR CRUZ BLANCA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 5 DE 7

RUBRO : 5

UNIDAD: M3

DETALLE: HORMIGÓN LANZADO

EQUIPO DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					3,25
EQUIPO HORMIGÓN PROYECTADO	1,00	18,00	18,00	3,252	58,54
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>61,79</b>

DESCRIPCIÓN	A	B	C=AxB	R	D=CxR
PEON	4,00	3,18	12,72	3,252	41,37
OPERADOR EQUIPO PESADO 1	1,00	3,57	3,57	3,252	11,61
MAESTRO DE OBRA	1,00	3,57	3,57	3,252	11,61
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>64,58</b>

DESCRIPCIÓN	A	B	C=AxB
HORMIGÓN PREMEZCLADO	M3	1,100	187,00
ADITIVO	Kg	2,000	3,20
FIBRA PARA HORMIGÓN LANZADO	Kg	3,000	12,00
<b>SUBTOTAL O</b>			<b>202,20</b>

DESCRIPCIÓN	A	B	C=AxB
<b>SUBTOTAL P</b>			<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	328,57
<b>INDIRECTOS (%)</b>	25,00% 82,14
<b>UTILIDAD (%)</b>	0,00% 0,00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	410,72
<b>VALOR OFERTADO</b>	410,72

SON: CUATROCIENTOS SEIS DÓLARES CON CUARENTA Y UN CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

LATACUNGA, 28 DE ENERO DE 2015

FIRMA DEL OFERENTE

-----  
PRESUPUESTO LATACUNGA - LA MANÁ

NOMBRE DEL OFERENTE: EGDA. SANDRA ROJAS

PROYECTO: EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 6 DE 7

RUBRO : 6

UNIDAD: M2

DETALLE : MALLA ESLABONADA PARA RECUBRIMIENTOS

EQUIPO DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0,76
COMPRESOR CON MARTILLO NEUM.	1,00	25,00	25,00	0,760	19,00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>19,76</b>

MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
PEON	1,00	3,18	3,18	0,760	2,42
OPERADOR EQUIPO PESADO 1	1,00	3,57	3,57	0,760	2,71
MAESTRO DE OBRA	1,00	3,57	3,57	0,760	2,71
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>7,84</b>

MATERIALES DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
TUBERÍA DE PVC	ML	1,000	2,00	2,00
ANCLAJES	M2	1,000	0,30	0,30
MALLA ESLABONADA PARA RECUBRIMIENTOS	M2	1,100	7,00	7,70
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>10,00</b>

TRANSPORTE DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>37,60</b>
INDIRECTOS (%)	25,00%	9,40
UTILIDAD (%)	0,00%	0,00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>47,00</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>47,00</b>

SON: CUARENTA Y TRES DÓLARES CON NOVENTA Y OCHO CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

LATACUNGA, 28 DE ENERO DE 2015

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: EGDA. SANDRA ROJAS

PROYECTO: EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD COMO ELEMENTO PRINCIPAL PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 7 DE 7

RUBRO : 7

UNIDAD: ML

DETALLE: CINTAS DE SEGURIDAD

EQUIPO DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
SUBTOTAL M					0,00

MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
PEON	1,00	3,18	3,18	0,010	0,03
SUBTOTAL N					0,03

MATERIALES DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
CINTAS PLÁSTICAS DE SEGURIDAD	ML	1,000	0,07	0,07
SUBTOTAL O				0,07

TRANSPORTE DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0,10
INDIRECTOS (%)	25,00%
UTILIDAD (%)	0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0,13
VALOR OFERTADO	0,13

SON: CERO DÓLARES CON TRECE CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

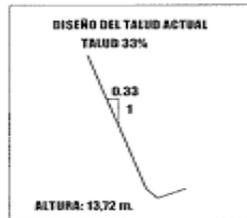
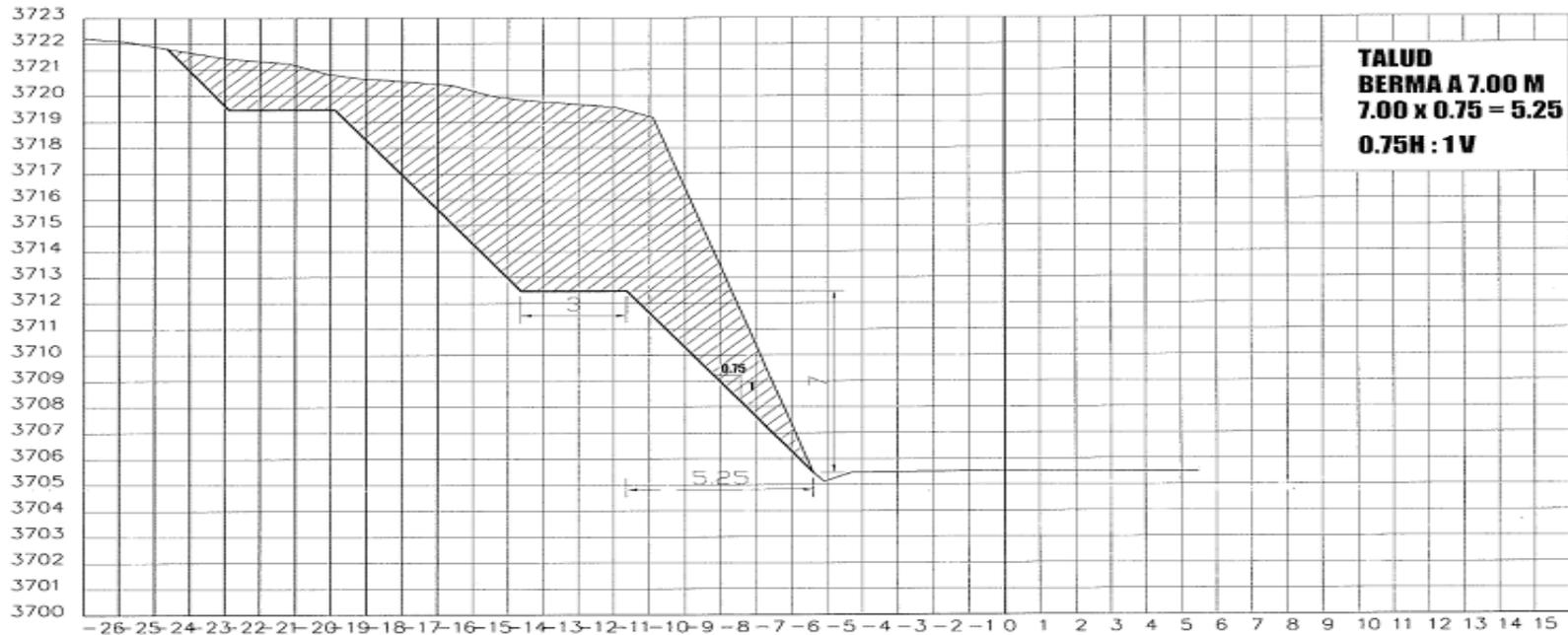
LATACUNGA, 28 DE ENERO DE 2015

FIRMA DEL OFERENTE

**ANEXO 8**

**DISEÑOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE  
TALUDES**

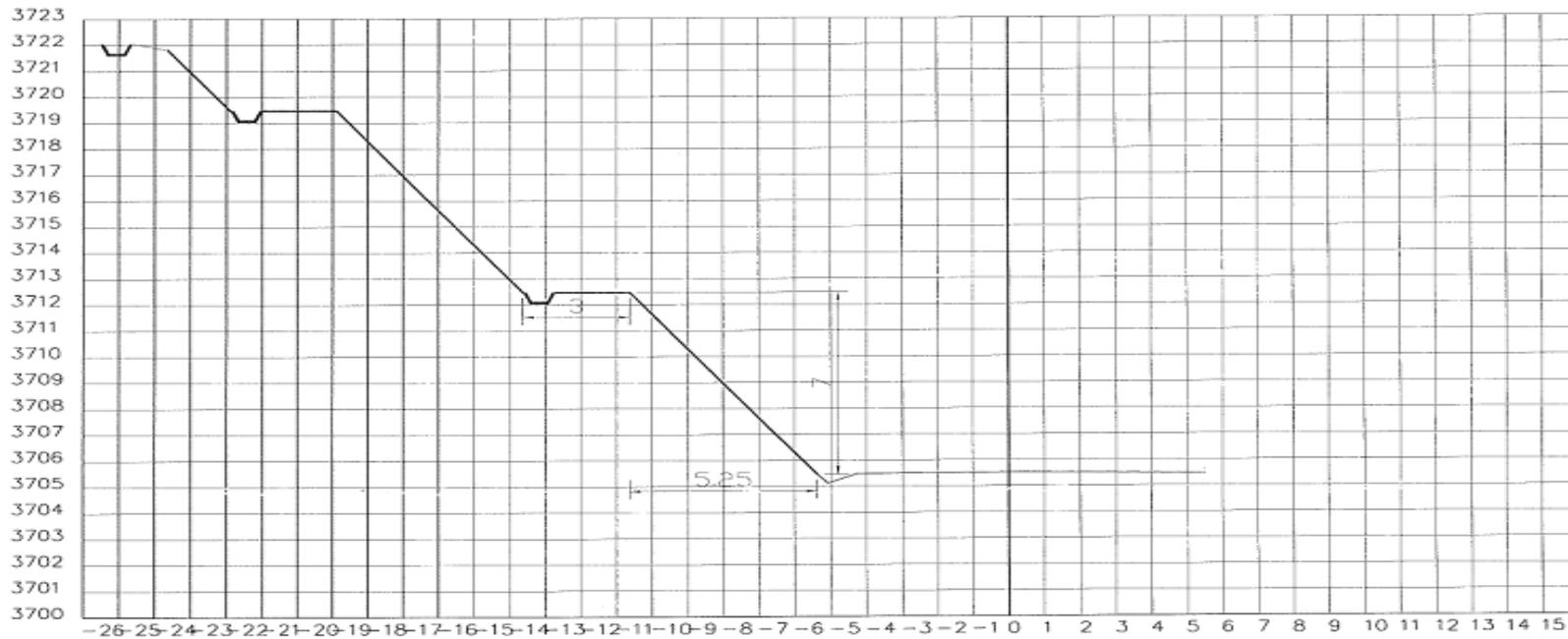
## MOVIMIENTO DE TIERRAS



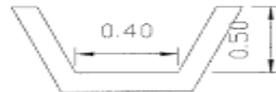
30+160.000

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		CONTENIDO: <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LOBENA PÉREZ</b>	REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>ENE-2015</b>
		PLANO No: <b>001</b>	

## CUNETAS DE CORONACIÓN EN TALUDES



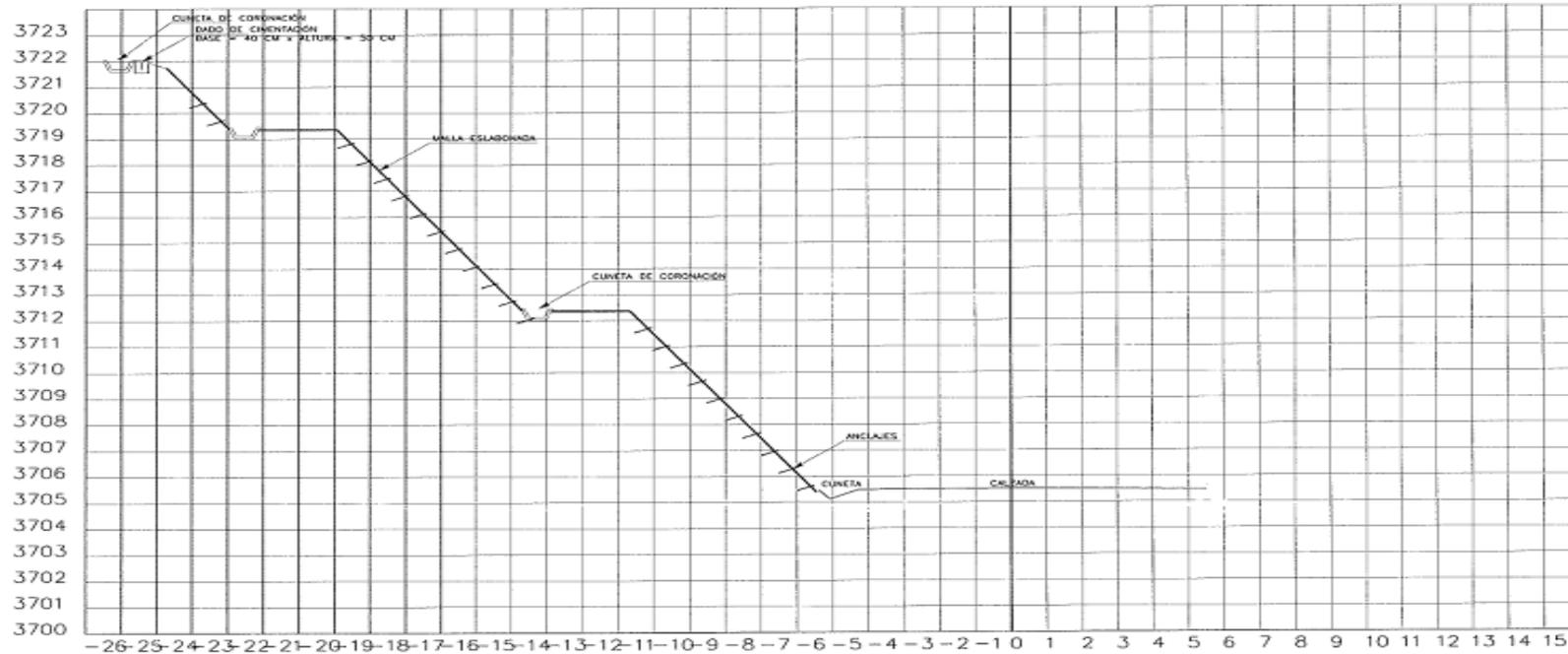
### SECCIÓN DE LA CUNETA



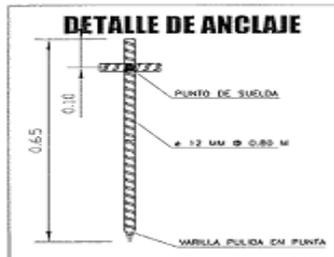
30+160.000

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>		CONTIENE: <b>CUNETAS DE CORONACIÓN</b>	
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNDA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		ESCALA:	FECHA:
AUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>		REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>	PLANO No: <b>002</b>

## COLOCACIÓN DE MALLA ESLABONADA

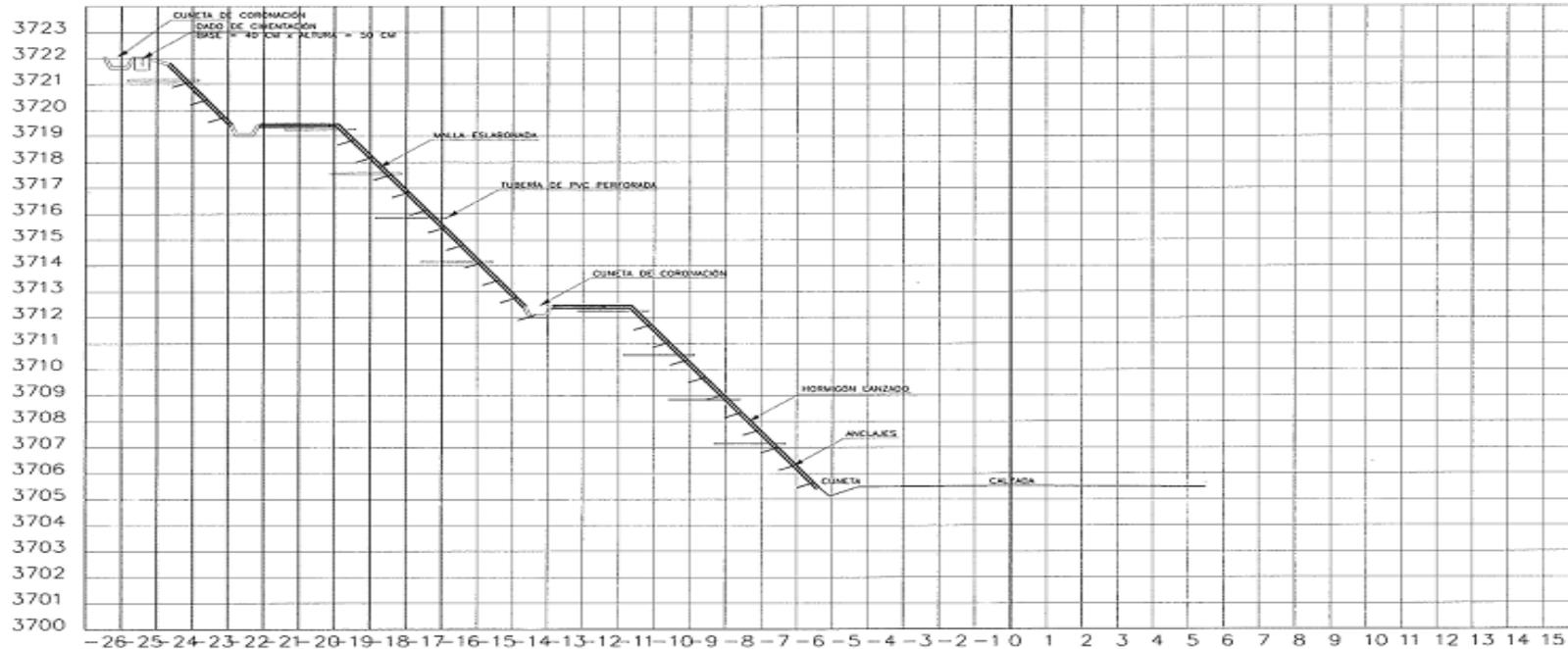


30+160.000



<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>	CONTIENE: <b>COLOCACIÓN DE MALLA ESLABONADA</b>	
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>	ESCALA: <b>1:100</b> FECHA: <b>ENE-2015</b> PLANO No: <b>003</b>

## HORMIGÓN LANZADO Y TUBERÍA DE DRENAJE

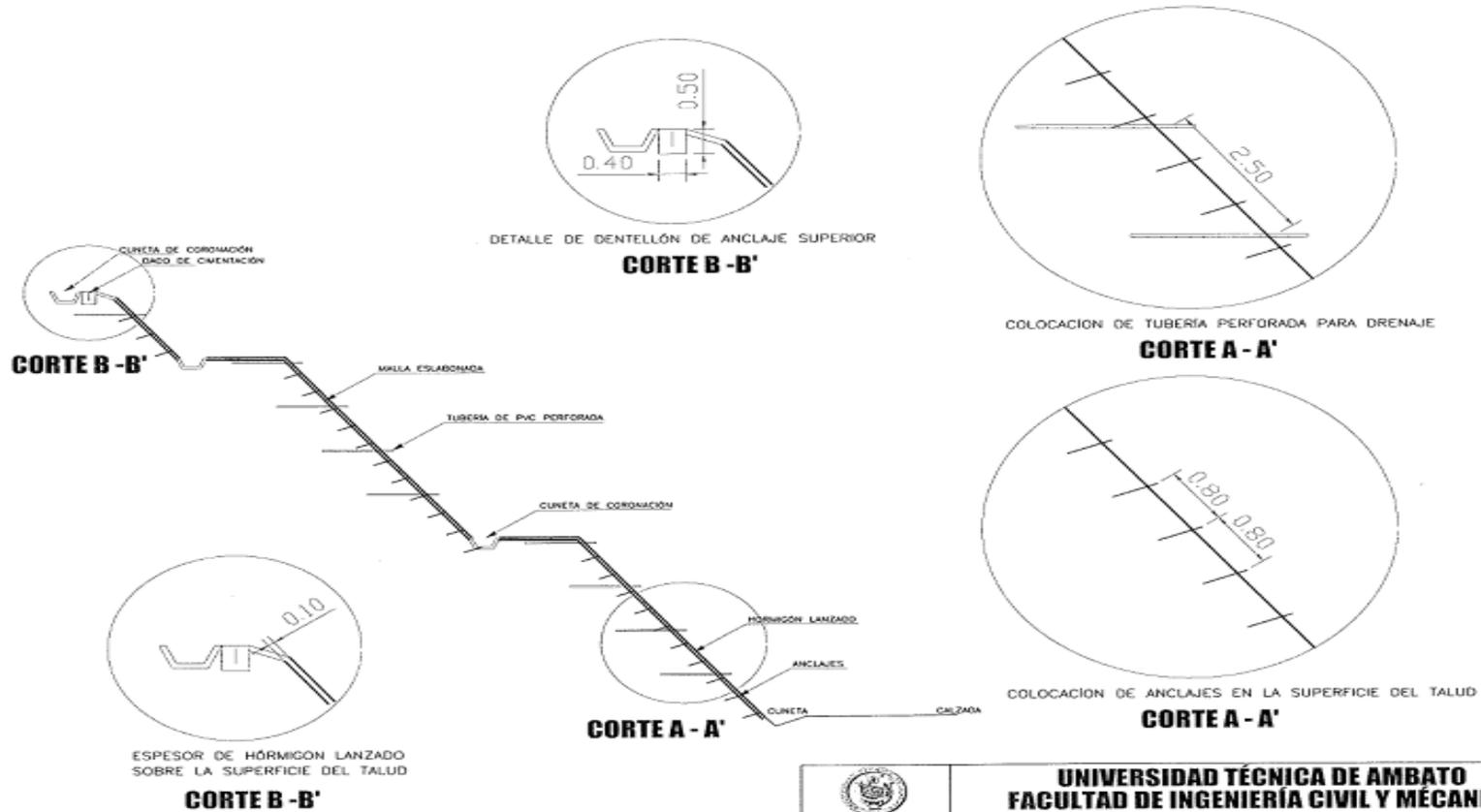


30+160.000



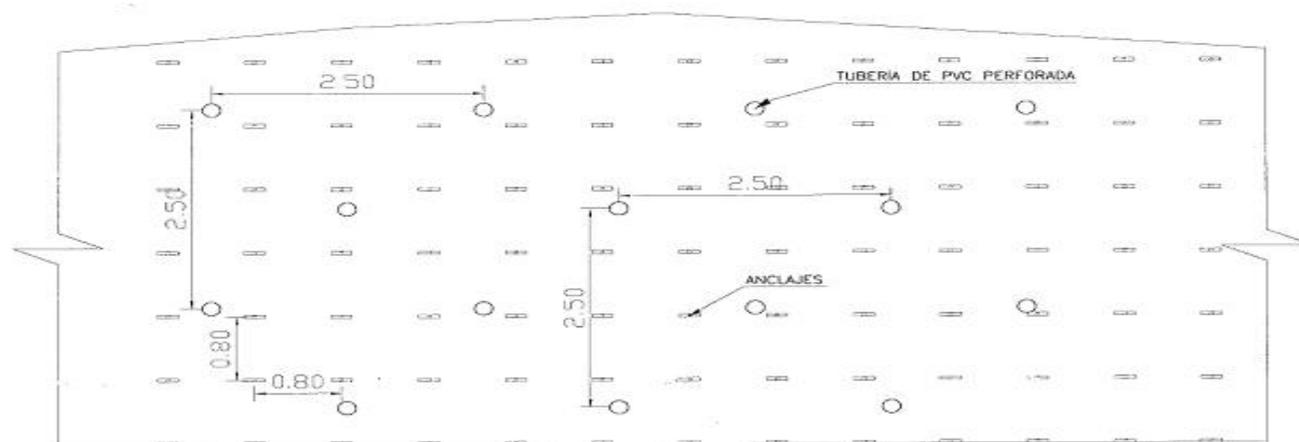
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>			
PROYECTO: <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		CONTENIDO: <b>HORMIGÓN LANZADO Y TUBERÍA DE DRENAJE</b>	
TUTORA: <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	REALIZADO POR: <b>SANDRA ROJAS</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	FECHA: <b>ENE-2015</b>
		PLANO No: <b>004</b>	

# PLANO DE DETALLES



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>		<b>CONTECHO:</b> <b>DETALLES</b>		
<b>PROYECTO:</b> "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"		<b>ESCALA:</b> 1:100	<b>FECHA:</b> ENE-2015	<b>PLANO No:</b> 005
<b>TUTORA:</b> ING. M.Sc. LORENA PÉREZ	<b>REALIZADO POR:</b> SANDRA ROJAS			

## ESPACIAMIENTO DE TUBERÍA DE DRENAJE Y ANCLAJES



**VISTA EN PLANTA**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b>		<b>CONTIENE:</b> <b>DETALLE TUBERÍA Y ANCLAJES</b>	
<b>PROYECTO:</b> <b>"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES VÍA LATACUNGA - LA MANÁ, SECTOR CRUZ BLANCA"</b>		<b>ESCALA:</b> <b>1:100</b>	
<b>TUTORA:</b> <b>ING. M.Sc. LORENA PÉREZ</b>	<b>REALIZADO POR:</b> <b>SANDRA ROJAS</b>	<b>FECHA:</b> <b>ENE-2015</b>	<b>PLANO No.:</b> <b>006</b>

## **ANEXO 9**

### **MODELO DE LA ENCUESTA**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**1. ¿Con qué frecuencia circula usted por la vía?**

- Diariamente
- 2 o más veces por semana
- 1 vez por semana
- 1 vez cada mes

**2. ¿Cuál es la razón del mal estado de los taludes a su criterio?**

- Cambios climáticos de la zona
- Falta de mantenimiento

**3. ¿Qué tipo de vehículo utiliza para movilizarse dentro de la provincia?**

- Transporte público
- Camiones y camionetas
- Automóviles
- Motos

**4. ¿En qué magnitud cree que los deslizamientos han provocado daños a vehículos?**

- Alta
- Media
- Baja
- Ninguna

**5. ¿Cuál a su criterio sería la forma de mejorar el actual estado de los taludes en la vía?**

- Muro de contención
- Hormigón lanzado
- Trabajo de sembrado en el tablero

**6. ¿Según su criterio piensa que el cálculo del factor de seguridad es el correcto para en los taludes?**

Si

No

**7. ¿Cree usted que el mantenimiento de los taludes es una forma adecuada de prevención del deslizamiento de los mismos?**

Si

No

**8. ¿En qué medida se incrementará la actividad vial entre las ciudades de la provincia?**

Alta

Media

Baja

**9. ¿Cree usted que el diseño de obras de estabilización de taludes es el adecuado para esta zona?**

Si

No

**10. ¿Cuál sería el beneficio que usted obtendría con la ejecución del proyecto?**

Social

Económico

Ninguna de las anteriores