

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“OPTIMIZACIÓN DEL PARÁMETRO DE COHESIÓN EMPLEANDO  
MÓDULO DE RIGIDECES OBTENIDOS DEL ENSAYO MASW -  
CARRETERA ABANCAY ANDAHUAYLAS (KM 356+000 AL KM 386+000)”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**JUAN CARLOS RODRÍGUEZ LEÓN**

**Lima- Perú**

**2014**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico con mucho amor **a Dios** por regalarme la vida, brindarme salud y sabiduría para terminar este trabajo y así cumplir mi sueño de graduarme.

**A mis padres y hermanos especialmente a mi madre Florencia Genoveva León Jesús**, por hacer el sacrificio en brindarme la oportunidad de una educación que me permita formarme como un profesional, por su paciencia a lo largo de toda la carrera y la confianza puesta en mí para que pudiera salir adelante.

**A la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI); en especial a la faculta de Ingeniería Civil (FIC), los ingenieros docentes, mis compañeros y amigos**, por su respaldo y apoyo a lo largo de mi carrera, por ese apoyo incondicional de todas las personas que contribuyeron de que se pueda lograr terminar este informe que significa sacrificio y continuo esfuerzo, el cual vale la pena siempre que se quiera alcanzar una meta.

**JUAN CARLOS, RODRIGUEZ LEÓN**

<b>ÍNDICE</b>	<b>1</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	<b>11</b>
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 JUSTIFICACIÓN	11
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.4 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS	12
<b>CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE</b>	<b>13</b>
2.1 ESTABILIDAD DE TALUDES	13
2.1.1 Definición de talud	13
2.1.2 Definición de estabilidad	13
2.2 PROSPECCIÓN GEOFISICA	15
<b>CAPÍTULO III: MARCO TEORICO</b>	<b>20</b>
3.1 ENSAYO MASW	20
3.1.1 Ondas de corte Vs	22
3.1.2 Módulo de Rigideces	23
3.2 CLASIFICACIÓN DE SUELOS	28
3.2.1 Clasificación SUCS	28
3.2.2 Clasificación sísmica IBC	29
3.3 ESTABILIDAD DE TALUDES	30
<b>CAPÍTULO IV: APLICACIÓN A LA CARRETERA ABANCAY ANDAHUAYLAS</b>	<b>32</b>
4.1 DATOS PRELIMINARES DE CAMPO Y DE LABORATORIO	32
4.2 EXPLORACIÓN DE CAMPO	32

4.2.1	Excavación de trincheras	32
4.2.2	Pruebas geofísicas	32
4.2.3	Pruebas de laboratorio	36
4.3	ZONIFICACIÓN GEOTECNICA	37
4.4	PARÁMETROS DE RESISTENCIA	39
4.5	ANÁLISIS Y RESULTADOS	41
4.5.1	Análisis de estabilidad de talud de corte	41
4.5.2.	Relación entre módulo de rigideces y cohesión	43
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>56</b>
5.1	CONCLUSIONES	56
5.2	RECOMENDACIONES	58
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>59</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>61</b>



## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 3.01: Clasificación IBC	29
Cuadro N° 4.01: Ubicación de trincheras	32
Cuadro N° 4.02: Coordenadas de los ensayos MASW	33
Cuadro N° 4.03: Modulo de elasticidad de las pruebas geofísicas	34
Cuadro N° 4.04: Muestra un resumen de los resultados de las pruebas Índice del suelo.	36
Cuadro N° 4.05: Resultados del ensayo de corte directo	37
Cuadro N° 4.06: Zonificación geotécnica.	37
Cuadro N° 4.07: Resumen de la zonificación geotécnica con los ensayos MASW	38
Cuadro N° 4.08: Tipo de zona y ensayos MASW	38
Cuadro N° 4.09: Parámetros de resistencia	40
Cuadro N° 4.10: Parámetros de resistencia	40
Cuadro N° 4.11: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H:V)	41
Cuadro N° 4.12: Resultados de análisis para el diseño de talud y banquetas (Expediente)	42
Cuadro N° 4.13: Resultados de análisis para el diseño de talud y banquetas (Replanteado)	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 2.01: Curva de esfuerzo de formación para un cuerpo sólido.	18
Figura N° 2.02: Módulos elásticos a) Modulo de Young (E); b) Modulo de compresibilidad (K); y c) módulo de cizalla (u)	19
Figura N° 3.01: Ubicación de los geófonos en el arreglo multicanales.	20
Figura N° 3.02: Ondas S (Bolt B.1999)	22
Figura N° 3.03: Ciclo histéresis esfuerzo – deformación del suelo.	24
Figura N° 3.04: Esfuerzo cortante vs Distorsión del suelo (Tomadas de zeevaert, 1980, pág. 98).	25
Figura N° 3.05: Modulo de rigidez al cortante para arenas (Seed e Idriss, 1970) (Diaz, 2006)	28
Figura N° 4.01: Perfil unidimensional de la velocidad de corte con la profundidad.	32
Figura N° 4.02: TIPO A (Grava bien gradada con arena)	45
Figura N° 4.03: G(MPa) Vs C (KN/m <sup>2</sup> )	46
Figura N° 4.04: MASW-35	46
Figura N° 4.05: MASW-23.	46
Figura N° 4.06: TIPO B (Arcilla arenosa)	47
Figura N° 4.07: G (MPa) Vs C (KN/m <sup>2</sup> ).	47
Figura N° 4.08: MASW-29.	48
Figura N° 4.09: MASW-27.	48
Figura N° 4.10 TIPO C (Arena arcillosa con grava)	49
Figura N° 4.11: G(MPa) Vs C (KN/m <sup>2</sup> )	49
Figura N° 4.12: MASW-18	50
Figura N° 4.13: MASW-16	50
Figura N° 4.14: MASW-19	50
Figura N° 4.15: MASW-20	51
Figura N° 4.16: TIPO E (Arena muy meteorizada considerada como suelo)	52
Figura N° 4.17: G (MPa) Vs C (KN/m <sup>2</sup> )	52
Figura N° 4.18: MASW-5	53
Figura N° 4.19: MASW-6	53

Figura N° 4.20: MASW-7	53
Figura N° 4.21: TIPO F (Roca muy meteorizada considerada como suelo)	54
Figura N° 4.22: G (MPa) Vs C (KN/m <sup>2</sup> )	54
Figura N° 4.23: MASW-21	55
Figura N° 4.24: MASW-20	55
Figura N° 4.25: MASW-13	55
Figura N° 4.26: Pendiente para Tipo de Suelo	56

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

<b>AASHTO</b>	:	Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transportes (American Association of State Highway and Transportation Officials)
<b>ASTM</b>	:	Asociación Americana para el Ensayo de Materiales (American Society for Testing Materials)
<b>E</b>	:	Modulo de Young
<b>e</b>	:	Relación de vacios adimensional
<b>F</b>	:	Fuerza tensional
<b>FS</b>	:	Factor de seguridad
<b>G</b>	:	Módulo de rigideces
<b>IBC</b>	:	El International Building Code
<b>km</b>	:	Kilómetro.
<b>MTC</b>	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
<b>m</b>	:	Metro.
<b>SASW</b>	:	Spectral Analysis of Surface Waves
<b>SUCS</b>	:	
<b>Vs</b>	:	Velocidad de propagación de onda de corte
<b><math>\mu</math></b>	:	Relación de poisson adimensional

## RESUMEN

El estudio de la carreta Abancay – Andahuaylas tubo como finalidad recomendar taludes de corte, las cuales fueron modificadas por la supervisión en plena construcción, pero estas tenían que sustentar dicho cambios por lo que deciden evaluar los taludes modificados ya que ello involucra adicionales de obras y para ello justificar los nuevos cortes amerita realizar nuevos ensayos, nuevos análisis de estabilidad, para ello se propuso realizar ensayos de ondas de corte para encontrar la rigidez del suelo y con ello estimar parámetros más reales del estado de esfuerzos de la masa del talud.

Se llegaron a realizar ensayos de granulometría para su clasificación en 14 sectores consideradas como críticos las cuales se realizaran análisis a estos sectores en mención, así también se realizan ensayos MASW, después de la recolección de data de campo, se procede a zonificar los 14 sectores de las cuales se clasificaron cinco tipos de suelo llamadas en este informe como suelo Tipo ( I, II, III, IV y V), la Tipo I corresponde a una grava bien graduada con arcilla, la Tipo II, que corresponde a una arcilla, Tipo III, a una arena arcillosa con grava, Tipo IV, que corresponde a un suelos coluvial conformado por un arena pobremente graduada con arcilla, y la Tipo V que finalmente corresponde a una roca muy meteorizada considerada como suelo.

Ahora el problema fundamental es encontrar los parámetros que definen la estabilidad de los taludes para ello se considera a un tipo de suelo que tiene el mismo ángulo de fricción misma densidad pero distintos parámetros de cohesión para un mismo tipo de suelo, por ello se recurre al análisis retrospectivo (Back Analysis), este método muy aproximado a campo, ya que se analiza las secciones más críticas para un estado en el que su factor de seguridad llega a la unidad, considerando para ello un análisis pseudo-estático con la aceleración encontrada en el mapa de iso-aceleraciones, se realizan las corridas encontrando la cohesión para un tipo de suelo, ahora tenemos que correlacionar el ensayo Masw con lo obtenido del análisis retrospectivo, para ello sabemos que las ondas Vs tiene una relación directa con la rigidez, por lo que es fácil calcular el parámetro de módulo de rigideces para cada sector analizado. Al obtener una gama de valores de cohesión y rigideces se procede a graficar estos valores encontrando graficas que se ajustan a una tendencia

lineal, lo cual es lógico ya que la rigidez es el mismo esfuerzo cortante que este a su vez está relacionado con la cohesión y fricción según la ecuación de Morh Coulom, por ello podemos asegurar que dicha relación es directamente proporcional a medida que la cohesión aumenta la rigidez de dicho suelo también aumenta, asumiendo que sus características físicas son las mismas ósea la fricción y la densidad y así aseguramos que los valores obtenidos por medios de ensayos podemos ajustar con la curva que se obtiene de realizar un modelo matemático para un suelo.

## INTRODUCCIÓN

En los proyectos de carretera la construcción involucra grandes movimientos de tierra en las que se tienen a media ladera y para ello es necesario optimizar los corte de taludes no solo con clasificar al material si no obtener de ellos valores rangos de parámetros del material que se justifiquen en el diseño a la hora de cortar los taludes y así tener un proyecto más seguro y rentable económicamente.

La aplicación de los ensayos geofísicos en corte de taludes en nuestro país solo se realizan para las ondas  $V_p$  dando como resultado perfiles de velocidades en el que se interpreta que posible suelo se pueden encontrar, pero a ello es necesario cuantificar a través de parámetros obtenidos con el mismo ensayos geofísicos pero esto es con relación a las ondas de corte  $V_s$  y estas dan como resultado dichos parámetros como el módulo de rigideces para distintos tipos de material que se encontrara antes de realizar el corte de talud

El objetivo de este trabajo es determinar los parámetros de módulos de rigideces zonificando sectores con el mismo rango de valores para distintos tipos de materiales y así tener los cortes y la estabilidad de los taludes analizados.

El presente trabajo comprende los capítulos siguientes:

En el Capítulo I, se describe las generalidades correspondientes al estudio mencionando los antecedentes, seguidamente se justifica la realización de este trabajo con fines de optimizar los cortes de taludes a medias laderas ya que es de gran importancia al desarrollo y economía de un país, además se plantea el problema a resolver y los objetivos correspondientes.

En el Capítulo II, se describe el estado del arte de la estabilidad de taludes y la prospección geofísica.

En el Capítulo III, se describe el marco teórico para la obtención del parámetro de rigideces a través del ensayo geofísico, así también la clasificación del suelo a través de la norma ASTM.

En el Capítulo IV, se detalla la aplicación a la carretera Abancay Andahuaylas (Km 356+000 al Km 386+000), que incluye la recopilación de informaciones del estudio de suelos, el cálculo de los parámetros de módulos de rigideces y la obtención del factor de seguridad que permite la estabilidad a distintas cortes de taludes en los sectores a lo largo del tramo en mención.

En el Capítulo V, se describen las conclusiones del trabajo realizado y las recomendaciones en el desarrollo de estudios similares.



## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Los proyectos de carretera involucran trabajos de cortes y relleno en el ancho de plataforma y en taludes cuando la sección lo demanda. El criterio para realizar los cortes se basan en la clasificación del material y de taludes de cortes recomendados por diferentes investigaciones.

Los estudios geotécnicos determinan los taludes de corte según el tipo de material, brindando transitibilidad de la vía y su respectiva seguridad.

Estas situaciones se presentan en carreteras del país cuyo trazo comprende a secciones a media ladera. Estas características se aprecian en carreteras de penetración con topografía accidentada.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Debido a los trabajos mencionados, no se ha involucrado un criterio más específico para tomar en cuenta el corte del talud del material. Es necesario realizar un ensayo para determinar un parámetro que proporcione valores de rigideces del talud obteniendo rangos que permitan clasificar dichos cortes.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La incorrecta determinación de los cortes de taludes, en los proyectos de carreteras, genera movimientos de tierra con futuros perjuicios en la transitibilidad.

Las recomendaciones de la norma, para la determinación de la inclinación de corte según clasificación del MTC, no consideran aspecto como el grado de consolidación del material.

Muchas veces los taludes que presentan el mismo material, demanda inclinaciones diferentes debido a su densificación, según sus características físicas y mecánicas y no se puede recomendar el máximo beneficio de los cortes de taludes por qué no se cuenta con los parámetros de rigideces del

material encontrado, requiriendo para ello realizar análisis de estabilidad mediante los parámetros de suelo cohesión y fricción, y en el caso de considerar un mismo material la fricción se vuelve un valor constante y fácil de hallar con ensayos de laboratorio o rangos que uno puede asumir para ciertos tipo de suelos a clasificar, sin embargo la cohesión es un parámetro que depende de la cantidad de cementación que hay para un tipo de suelo y para ello encontrar un método para optimizar la obtención de la cohesión puede ser mediante un método indirecto a través de la geofísica.

#### **1.4 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS**

Objetivo Principal:

Determinar las rigideces para distintos tipos de suelos con el fin de optimizar el parámetro de cohesión en taludes de corte.

Objetivos Específicos:

- Determinar la cohesión para un mismo tipo de suelo obtenidas del análisis de estabilidad por el método del retro análisis.
- Determinar el módulo de rigideces obtenidas del ensayo MASW y clasificar de acuerdo al tipo de material encontrado.
- Determinar el parámetro de cohesión con un valor de rigidez a través de la gráfica obtenida del módulo de rigideces y la cohesión obtenida del retro análisis para un tipo de suelo aplicado al tramo de estudio de la carretera Abancay-Andahuaylas (km 356+000 al km 386+000).

## **CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 ESTABILIDAD DE TALUDES**

#### **2.1.1 Definición de talud**

Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que es su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denomina cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación terrea natural (desmonte), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes.

En ciertos trabajos de la Ingeniería Civil es necesario utilizar el suelo en forma de talud como parte de la obra. Tal es el caso de terraplenes en caminos viales, en presas requiere estudiar la estabilidad del talud. En ciertos casos la estabilidad juega un papel muy importante en la obra, condicionando la existencia de la misma como puede verse en presa de tierra, donde un mal cálculo puede hacer fracasar la obra.

El resultado del deslizamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico, con pérdidas de considerables bienes y muchas vidas. Por otro lado el costo de rebajar un talud para alcanzar mayor estabilidad suele ser muy grande. Es por esto que la estabilidad se debe asegurar, pero un conservadorismo extremo sería antieconómico.

#### **2.1.2 Definición de estabilidad**

Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de

estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cual será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse. Este es el centro del problema ya la razón de estudios.

A diferentes inclinaciones del talud corresponden diferentes masas de materiales terreo por mover y por lo tanto diferentes costos. Podría imaginarse un caso en que por alguna razón el talud más conveniente fuese tendido y en tal caso no habría motivos para pensar en problemas de estabilidad de taludes, pero lo normal es que cualquier talud funcione satisfactoriamente desde los puntos de vista excepto el económico, de manera que las consideraciones de costo presiden de la selección del idóneo, que resultara ser aquel al que corresponda la mínima masa de tierra movida, o lo que es lo mismo el talud más empinado.

Probablemente muchas de las dificultades asociadas en la actualidad a los problemas de estabilidad de taludes radican en que se involucran en tal denominación a demasiados temas diferentes, a veces radicalmente distintos, de manera que el estudio directo del problema sin diferenciar en forma clara tales variantes tienden a conducir a cierta confusión. Es indudable que en lo anterior está contenida la afirmación de que los taludes son estructuras muy complejas, que prestan muchos puntos de vista dignos de estudio y a través de las cuales la naturaleza se manifiesta de forma diversos. Esto hará que su estudio sea siempre complicado, pero parece cierto también, que una parte de las dificultades presentes se debe a una falta de correcto deslinde de las diferentes variantes con que el problema de estabilidad se puede presentar y se debe afrontar.

Los problemas relacionados con la estabilidad de laderas naturales difieren radicalmente de los que se presentan en taludes construidos por el ingeniero. Dentro de estos deben verse como esencialmente distintos los problemas de los cortes de laderas y los de los terraplenes. La diferencias importantes radican, en primer lugar, en primer lugar, en la naturaleza de los materiales involucrados y, en segundo, en todo un conjunto de circunstancias que dependen de cómo se formó el talud y de su historia geológica, de las

condiciones climatológicas que primaron a lo largo de la historia y de la influencia del hombre que ejerce en la actualidad o haya ejercido en el pasado. Esta historia y génesis de formación de laderas y taludes, la historia de esfuerzos a que estuvieron sometidos y la influencia de condiciones climáticas o, en general, ambientales, definen aspectos tan importantes como configuraciones de los suelos y las rocas, o el flujo de las aguas subterráneas a través de los suelos que forman la ladera o el talud, el cual influye decisivamente en sus condiciones de estabilidad.

### **Esfuerzo y resistencia al corte**

La modelación o representación matemática del fenómeno de falla al cortante en un Deslizamiento se realiza utilizando las teorías de la resistencia de materiales.

Las rocas y los suelos al fallar al corte se comportan de acuerdo a las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación generalizada de coulomb:

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \tan \phi' \text{ (Para suelos saturados)}$$

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \tan \phi' + (\mu - \mu_a) \tan \phi'' \text{ (para suelos parcialmente saturados)}$$

Dónde:

$\tau$  = Esfuerzo de resistencia al corte

$c'$  = Cohesión o cementación efectiva

$\sigma$  = Esfuerzo normal total

$\mu$  = Presión del agua intersticial o de poros

$\mu_a$  = Presión del aire intersticial

$\phi'$  = Angulo de fricción interna del material

$\phi''$  = Angulo de fricción del material no saturado.

El análisis de la ecuación de Coulomb requiere predefinir los parámetros, ángulo de fricción y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo.

La presencia del agua reduce el valor de la resistencia del suelo dependiendo de las presiones internas o de poros de acuerdo a la ecuación de Coulomb, en la cual el factor  $u$  está restando al valor de la presión normal. La presión resultante se le conoce con el nombre de presión efectiva  $\sigma'$

$\sigma'$  (Presión efectiva) =  $\sigma - \mu$

$\phi'$  = Angulo de fricción para presiones efectivas.

$c'$  = Cohesión para presiones efectivas.

### **Angulo de Fricción**

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física: Coeficiente de rozamiento =  $\tan \phi$ .

El ángulo de fricción depende de varios factores (Bilz, 1995) entre ellos algunos de los más importantes son:

- a. Tamaño de los granos
- b. Forma de los granos
- c. Distribución de los tamaños de granos
- d. Densidad

### **Cohesión**

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación, mientras que en la física este término se utiliza para representar la tensión.

En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos.

## 2.2 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

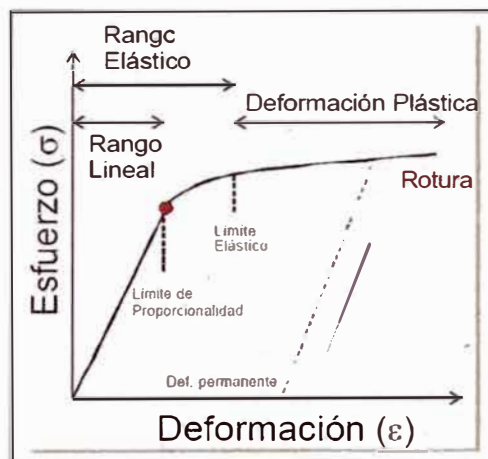
En la prospección sísmica, las ondas sísmicas se propagan hacia el interior de la tierra y se miden los tiempos de viaje de las ondas que regresan a la superficie después de sufrir refracción o reflexión en límites geológicos presentes en el subsuelo. Estos tiempos de viaje se pueden convertir en profundidades e incluso, se puede cartografiar sistemáticamente la distribución en profundidad de las superficies de interés geotécnicos.

La prospección sísmica se comenzó a realizar hace más de 20 años. Representó un desarrollo natural de los métodos sismológicos de los terremotos, establecidos ya desde hacía mucho tiempo, en los cuales los tiempos de viajes de las ondas producidas en los terremotos se registraban en observatorios sismológicos, y eran utilizadas para deducir información de la estructura interna de la tierra. La sismología proporciona información sobre las principales capas de la tierra y la medida de la velocidad de las ondas de los terremotos a través de las diferentes capas proporciona importantes pistas sobre su composición y constitución. Del mismo modo, pero a una escala mucho menor, la prospección sísmica proporciona una clara e incluso una detallada imagen de la geología superficial, y en este subcapítulo se revisarán los principios físicos en los que se basan los métodos sísmicos, comenzando con una discusión sobre la naturaleza de las ondas sísmicas y continuando con su propagación considerando algunos aspectos conceptuales elementales sobre el esfuerzo y la deformación. Cuando se aplican fuerzas a un cuerpo, se establecen en el unas fuerzas internas equilibradas. El esfuerzo, que actúan sobre cualquier área de cualquier superficie dentro del cuerpo, se puede resolver en una componente normal de esfuerzos perpendiculares a la superficie, y una componente tangencial o de cizalla en el plano de la superficie.

Si los esfuerzos principales son de igual magnitud en un cuerpo, este estado de esfuerzos se denomina hidrostática, debido a que es el estado de esfuerzo a través de un fluido en reposo. No existen esfuerzos de cizalla en un campo de esfuerzos hidrostáticos, debido a que estos no pueden ser sostenidos por un cuerpo fluido. Si los esfuerzos principales son diferentes, aparecen esfuerzos

de cizalla a lo largo de todas superficies del interior del cuerpo, excepto en aquellas perpendiculares a los ejes principales.

Un cuerpo sujeto a esfuerzos sufre un cambio de forma y/o tamaño denominado deformación. Hasta un cierto límite de esfuerzos, conocido como resistencia elástica de un material (yield strength), la deformación se relaciona de un modo lineal con esfuerzos aplicado y se denomina elástica (Ley de Hooke). Esta deformación elástica es reversible, por lo que cuando se deja de aplicar el esfuerzo la deformación desaparece. Si la resistencia elástica de un cuerpo es superada, la deformación comienza a no ser lineal, y parcialmente irreversible, (produce deformaciones permanente), y si pasa a ser conocido como deformaciones plástica o dúctil. Si el esfuerzo aumenta aún más, se produce la fractura del cuerpo. (Ver figura N° 2.01)



**Figura N° 2.01: Curva de esfuerzo de formación para un cuerpo sólido.**

La relación lineal entre el esfuerzo y la deformación en el campo elástico es específica para cada material por medio de su módulo de elasticidad, que se expresa como la razón entre el tipo de esfuerzo particular y la deformación resultante.

Considerando una varilla, de longitud original 1 y sección A, que se extiende un incremento de longitud ( $\Delta l$ ) debido a la aplicación de una fuerza tensional (F) en ambas caras Figura b. El módulo de elasticidad relevante es denominado Modulo de Young (E), definido por.



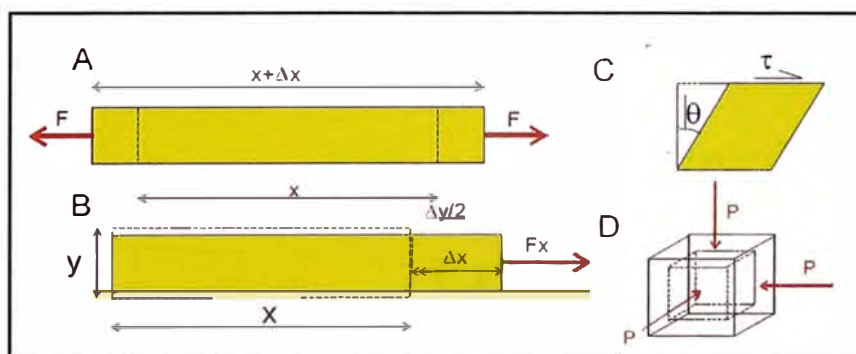
$$\text{Modulo de Young } E = \frac{\text{Esfuerzo longitudinal}}{\text{Deformacion longitudinal}} = \frac{F/A}{\Delta l/l}$$

El módulo de compresibilidad (K) expresa la razón entre el esfuerzo y la deformación para el caso de una presión hidrostática simple (P) aplicada a un cubico ver. Figura c

$$\text{Modulo de Compresibilidad } K = \frac{\text{esfuerzo hidrostático}}{\text{deformación de volumen}} = \frac{P}{\Delta v/v}$$

De un modo similar el módulo de cizalla (u), se define como la razón entre el esfuerzo de cizalla ( $\tau$ ) y la deformación de cizalla resultante ( $\tan\theta$ )

$$(\text{Modulo de cizalla}) \mu = \frac{\tau}{\tan \theta}$$



**Figura N° 2.02: Módulos elásticos a) Modulo de Young (E); b) Modulo de compresibilidad (K); y c) Modulo de cizalla (u)**

Donde las ondas sísmicas son parcelas de energías de deformación elástica que se propagan desde fuentes sísmicas, las deformaciones asociadas con el paso de un pulso sísmico se pueden considerar elásticas determinando módulos elásticos y las densidades de los materiales a través de los que pasan. Existen dos tipos fundamentales de ondas sísmicas

ondas internas o de volumen (body waves) y ondas de superficies (surface waves).

La velocidad de propagación de una onda interna o de volumen de cualquier material viene dada por:

$$V = \sqrt{\frac{\text{modulo elastico apropiado del material}}{\text{densidad del material}}}$$

De este modo, la velocidad de las ondas P ( $V_p$ ) de las ondas internas compresivas, que involucran deformaciones compresivas, viene dada por

$$V_p = \sqrt{\frac{\psi}{\rho}}$$

y dado que  $\psi = K + \frac{4}{3} \cdot \mu$ ,  $V_p$  pasa a ser:

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3} \cdot \mu}{\rho}}$$

Y la velocidad de las ondas S (ondas de cizalla), que involucran deformaciones de cizalla pura, viene dada por:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

## CAPÍTULO III: MARCO TEORICO

### 3.1 ENSAYO MASW

El método de la sísmica de dispersión, conocido por sus siglas en inglés "SASW-Spectral Analysis of Surface Waves", se basa en la propiedad dispersiva de las ondas superficiales para estimar in situ y sin necesidad de perforación la velocidad de onda de corte en las capas del suelo hasta una profundidad que depende de las propiedades geológicas del terreno, de la fuente generadora de ondas y de la instrumentación utilizada. El método es de creciente aplicación en problemas de geotecnia, evaluación del "efecto local" sobre vibraciones sísmicas.

Las ondas superficiales en el suelo se generaron mediante una fuente de impacto vertical y se tomaron registros variando la distancia entre receptores. El método consiste en la inversión de las velocidades de onda S mediante el análisis de la dispersión de las ondas de superficie. Esto se logra considerando que se cuenta con un 98% de componente de onda S y menos de 2% de onda P. Las ondas de superficie pierden velocidad de fase de manera significativa mientras la frecuencia de las mismas aumenta.

#### Pruebas de campo

En el sitio de estudio fue dispuesto un tendido de 24 sensores. Las ondas superficiales Rayleigh se generaron golpeando repetidamente una platina con una comba de 24 libras, localizado entre 10% a 20% de la longitud del tendido medidos desde el sensor más cercano hasta lograr un buen registro del sensor más alejado, las señales fueron adquiridas con una frecuencia de 4.5 Hz

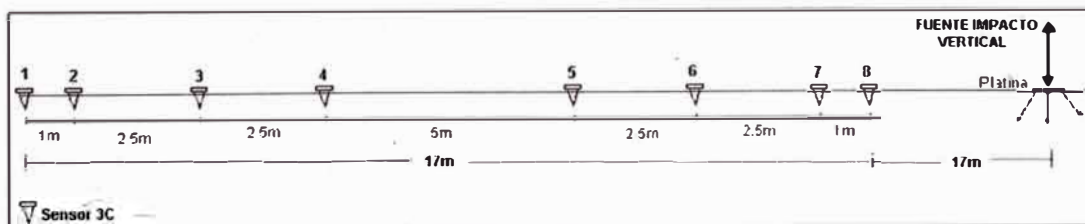


Figura N° 3.01: Ubicación de los geófonos en el arreglo multicanales.

Equipo utilizado

Fuente de disparo: Comba de 20Lb

Mecanismo de disparo: Cable Trigger electrónico

Sensores: Geofono de 4.5 Hz

Computadora: Seismager.

### **Procesamiento de las señales y construcción de la curva de dispersión.**

Para construir una curva de dispersión (velocidad de fase-frecuencia) se necesitan dos señales de las registradas en campo y se calculan como sigue:

$$V_R = \frac{d}{t(f)} \quad (1)$$

Donde,

$V_R$  = Velocidad de fase

$f$  . = Frecuencia

$d$  = Distancia entre los sensores seleccionados para la construcción de la curva de dispersión.

$t. (f.)$  = Tiempo que tarda en recorrer cada componente frecuencial de la onda superficial la distancia entre los sensores.

En el cálculo de  $t.(f.)$  las señales registradas en el dominio del tiempo son transformando al dominio de la frecuencia utilizando la transformación rápida de Fourier, luego utilizando técnica espectrales se calculan la transformada de Fourier de la función de correlación cruzada entre señales seleccionadas("Cross Power Spectrum CPS") y el CPS corregido por saturación cíclica("Unwrapped Cross Power Spectrum UCPS"), finalmente  $t.(f.)$  se calcula como :

$$r(f) = \frac{\Theta(f)}{360^\circ * f} \quad (2)$$

Donde,

$$\Theta(f) = e^{-U/CPS}$$

La función de coherencia se utilizó para seleccionar el rango de frecuencias entre los cuales las dos señales seleccionadas presentaban buena correlación, solo valores entre 0.9 y 1 de la función de coherencia fueron tenidos en cuenta.

### 3.1.1 Ondas de corte Vs

Son conocidas como ondas de corte o secundaria. Las ondas S se transmiten cuando las partículas del medio se desplazan perpendicularmente a la dirección de propagación. Las ondas S son más lentas que las ondas P, con velocidades en roca aproximadamente iguales al 70% de las velocidades de las ondas P. Figura N°3.02

Como los líquidos no pueden soportar esfuerzos cortantes, las ondas S no se propagan a través de ellos. Usualmente las ondas S tienen mayor amplitud y son más destructivas que las ondas P. La componente vertical de las ondas S se denota a menudo por SV, mientras que la componente horizontal se denota SH.

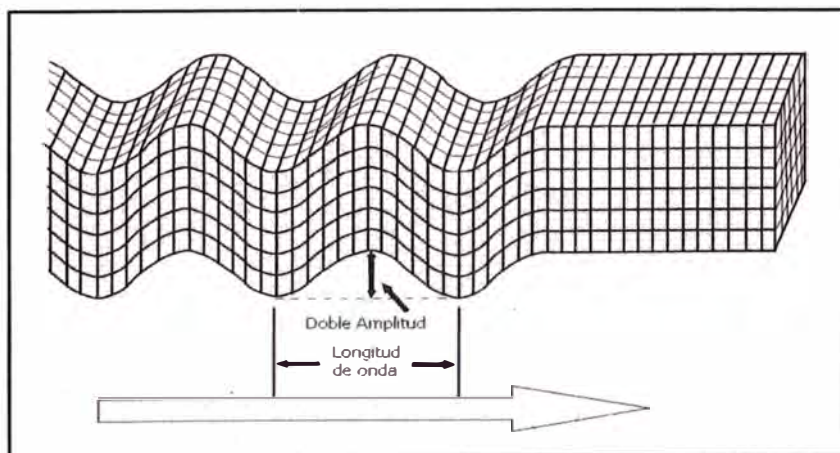


Figura N° 3.02: Ondas S (Bolt B.1999)

La determinación de la velocidad de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ) es de gran utilidad en la geotecnia, ya que con este valor se puede determinar: el módulo de rigideces al esfuerzo cortante ( $G$ ), inferir densidad en campo, estimar el estado de esfuerzo, estimar cementación natural o evaluar la alteración de una muestra (Stokoe 1989).

La relación entre  $V_s$  y el módulo de corte ( $G$ ) está dada por la siguiente ecuación:

$$G = \rho V_s^2$$

En donde:  $\rho$ = densidad;  $V_s$ =velocidad de onda de corte.

Como las deformaciones causadas por las pruebas geofísicas son muy pequeñas, el módulo de cortante que se obtiene con la  $V_s$  determinada con dichas pruebas vienen siendo el valor máximo ( $G_0$ ), y sufre una degradación mayor o menor, dependiendo del suelo y de la deformación inducida. Este tipo de comportamiento de materiales se le conoce como elástico no lineal, está asociado con suelos y rocas blandas, se ha avanzado mucho en la comprensión de este fenómeno especialmente en los últimos años (<biblio>), por lo que los valores de  $V_s$  y  $G_0$ , tienen aplicaciones tanto para análisis geotécnicos estáticos como dinámicos.

### 3.1.2 Módulo de rigideces

El módulo de rigideces a cortante ( $G$ ) queda definido matemáticamente por la relación.

$$G = \frac{\Delta\tau}{\Delta\gamma}$$

Donde

$\tau$ =Esfuerzo cortante unitario

$\gamma$ = Deformación Cortante

Es una de las propiedades más importantes en el análisis dinámico del suelo, ya que es el parámetro directo y representativo en el cálculo de esfuerzos y deformaciones que experimenta. Como se ha visto el suelo presenta un comportamiento no lineal entre esfuerzos y deformaciones o más bien, es una relación curvilínea que se conoce como "Ciclo de histéresis esfuerzo deformación del material" (Ver Figura N° 3.03); por este motivo, se define el módulo de rigidez a cortante del suelo ( $G$ ) como la pendiente de la secante que une los puntos extremo de dicho ciclo  $G_1$  y  $G_2$ .

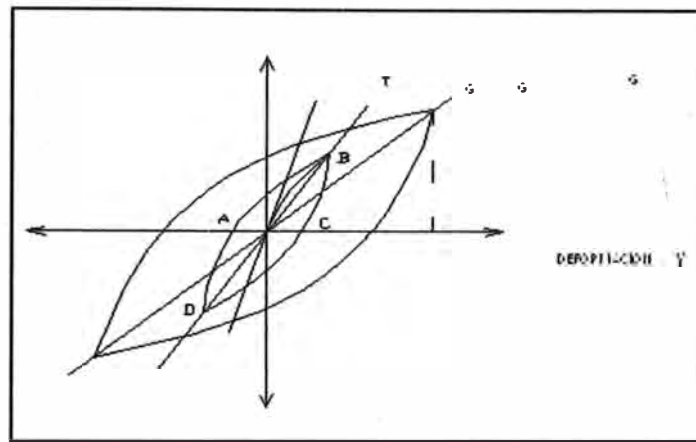


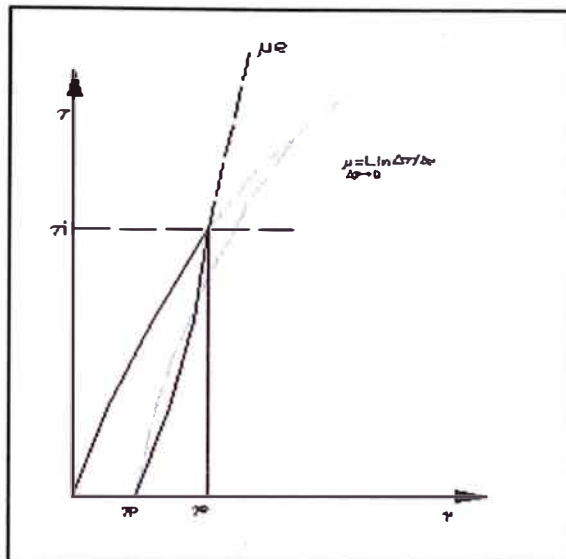
Figura N° 3.03: Ciclo histéresis esfuerzo – deformación del suelo.

Para deformaciones muy pequeñas, la relación anterior (relación no lineal entre esfuerzos y deformaciones) viene dada por la pendiente de la tangente a la curva esfuerzo - deformaciones en el origen ver, Figura N° 3.03, recibe el nombre de "módulo de rigidez inicial ( $G_0$  o  $G_{máx}$ )" y tiene las características de ser el valor más grande del módulo de rigidez a cortante en el rango lineal-elástico del suelo, por lo general para deformaciones menores a  $\gamma=10 - 4\%$ . Como se puede observar, al aumentar las deformaciones, esta relación comienza a variar, por tanto es necesario establecer el nivel de deformaciones para el cual se determina el módulo de corte ( $G$ ).

Como se mencionó anteriormente el módulo de rigidez a cortante ( $G$ ), depende de la relación que exista entre  $\tau$  y  $\gamma$  lo cual es visible en pruebas estáticas en donde, como se observa en la Figura N° 3.04, la curva de la relación  $\tau$  vs  $\gamma$ , da como resultado el módulo de rigidez estático para un tiempo determinado de aplicación de la carga, el cual depende del nivel de esfuerzo y de deformación



cortante ( $\gamma$ ) a que se cometa el suelo y quede representado por la pendiente de la curva  $\tau$  vs  $\gamma$



**Figura N° 3.04: Esfuerzo cortante vs Distorsión del suelo (tomadas de zeevaert, 1980, pág. 98).**

El módulo dinámico de rigidez del suelo ( $G$ ), es mejor también conocido como “módulo esfuerzo-deformación dinámico del suelo” ya que, como se conoce, la deformación en el suelo se debe a movimientos relativos de partículas, por lo que modulo dinámicos de rigidez no es un término que engloba a toda masa de suelo, entonces mejor se habla de un módulo dinámico esfuerzo deformación, el cual viene a ser un valor que describe la relación entre el esfuerzo aplicado y las deformaciones resultantes. Sin embargo, en la terminología convencional, se usa el módulo dinámico de rigidez.

La determinación in situ del módulo dinámico esfuerzo- deformación requiere la medición de ondas cortantes (Rayleigh o de compresión) para lo cual se utilizan técnicas sísmicas, en las que a través de una fuente de choque y una unidad electrónica; se observa y se mide el arribo de las ondas Rayleigh (y otras). La relación entre velocidades de las ondas de corte y el módulo de rigidez dinámico es la siguiente:

$$G = \rho V_s^2$$



Dónde:

P=Densidad del suelo = $\gamma/g$

Además según la teoría de la elasticidad el modulo cortante G se relaciona con el módulo de elasticidad (Es), así:

$$G = \frac{E_s}{2(1+\nu)}$$

Dónde:

$\mu$ =Relación de poisson, adimensional

Esta fórmula es válida para materiales que tienen un comportamiento isótropo.

Las ecuaciones empíricas para determinar (G) fueron propuestas por varios investigadores a través de una gran variedad de trabajos realizados en campo y laboratorio, siendo algunas de ellas las siguientes:

a) Arenas

Aceptado por la mayoría de investigadores que el módulo de rigidez a cortante (G), en arenas está afectado por:

La amplitud de la deformación de cortante,  $\gamma$

La presión de confinamiento,

La densidad y relación de vacíos.

Hardin y Black (1966) han propuesto para deformaciones cortantes expresiones siguientes:

Para arenas con granos redondeados ( $e < 0.8$ )

$$G_{max} = \frac{697.35(2.17-e)^2}{(1+e)} (\sigma_0)^{0.5}$$

Para arenas con granos angulosos:

$$G_{m\acute{a}x} = \frac{326.1 + (2.97 - e)^2}{(1 + e)} (\sigma_o)^{0.5}$$

Dónde:  $G_{m\acute{a}x}$  = Modulo de rigidez a cortante en kg/cm<sup>2</sup>

e. =relación de vacios, a dimensional

$$\sigma_o = \text{esfuerzo octaédrico efectivo} = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) / 3$$

Seed e Idriss(1970) proponen el cálculo del módulo de rigidez a cortante, mediante la ecuación:

$$G = 22k_2(\sigma_o)^{0.5}$$

Para arenas  $k_2$ , depende de la relación de vacios y de la amplitud de las deformaciones. Como el parámetro,  $k_2$ , se correlaciona con la prueba de penetración estándar, en muchos problemas prácticos el procedimiento consiste en efectuar una prueba de penetración estándar, usar los datos de campo para estimar la compacidad relativa, y a partir de ella, el módulo de elasticidad cortante (G).

Ohski e iwasaki (1973) proponen una ecuación que expresa la relación entre modulo (G) obtenido mediante ensayo Cross-hole y la prueba de penetración estándar:

$$G_{m\acute{a}x} = 12.000 \cdot N^{0.5}$$

Dónde:

$G_{m\acute{a}x}$  está en Kpa

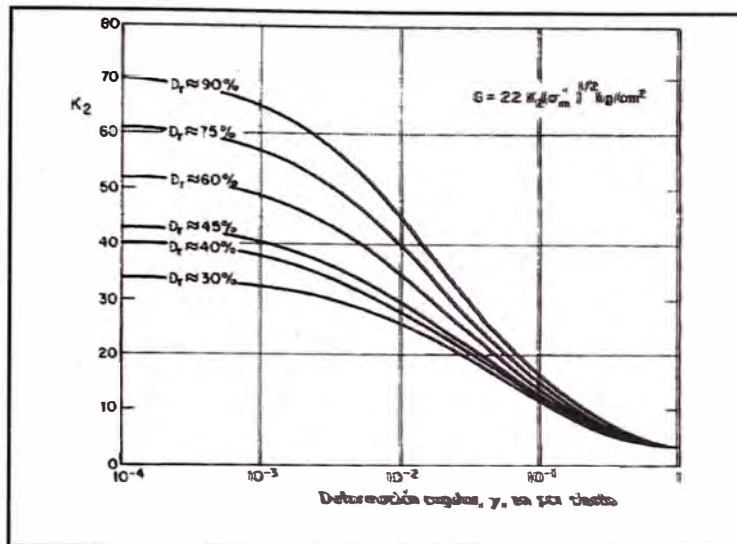


Figura N° 3.05: Módulo de rigidez al cortante para arenas (Seed e Idriss, 1970) (Díaz, 2006)

### 3.2 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

#### 3.2.1 Clasificación SUCS

Para estudiar un material complejo como el suelo (con diferentes tamaños de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y sistemas de evaluación de propiedades, de forma que se constituyen un lenguaje fácilmente comprensible por los técnicos de diferentes especialidades y países, así se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de su granulometría (Norma D.I.N; A.S.T.M; A.E.N.O.R, etc.)

**Gravas:** con tamaño de grano unos 8-10 cm y 2 mm, se caracteriza por que los granos son observables directamente. No tienen el agua por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existente entre partículas.

**Arenas:** con partículas comprendidas entre 2 y 0.060 mm, todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ella con facilidad.

**Arcillas,** formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0.002 mm). Se trata ya de partículas tamaño gel y se necesita que haya habido transformaciones químicas para llegar a estos tamaños. Están formadas, principalmente por minerales silicatados, constituidos por cadena de elementos tetraédricos y octaédricos (el ion silicio se encuentra en el centro de cada una

de estas estructuras regulares), unidas por un enlace covalentes débiles, pudiendo entrar las moléculas de agua entre las cadenas produciendo, a veces, aumento de volumen (recuperables cuando el agua se evapora). Todo ello hace que la capacidad de retención del agua sea muy grande (pequeños huecos con una gran superficie de absorción en las partículas y una estructura que permite retener el agua), por lo que son generalmente los materiales mas problemáticos (tiempo muy elevado de consolidación o de expulsión de agua bajo esfuerzos).

### 3.2.2 Clasificación IBC

El International Building Code (IBC 2009) clasifica los suelos en 6 tipos (del A al F) en función de la velocidad promedio de las ondas de corte de un estrato de 30 m de profundidad. Esta velocidad de acuerdo al IBC 2006 está determinada por la siguiente expresión:

$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}}$$

Dónde:

$d_i$ : Espesor de cada capa entre 0.0 m y 30 m

$v_{si}$ : Velocidad de ondas de corte de cada capa (m/s).

**Cuadro N°3.01: Clasificación IBC**

Tipo	$V_{s30}$ (m/s)	Descripción
A	> 1,500	Roca dura
B	760 – 1,500	Roca
C	360 – 760	Roca blanda y suelo muy denso
D	180 – 360	Suelo rígido
E	< 180	Suelo blando
F	Suelos especiales (licuables, colapsables, arcillas muy plásticas, suelos orgánicos)	

Fuente: "International Building Code (IBC 2006)".

### 3.3 ESTABILIDAD DE TALUDES

En el presente texto se expone los criterios utilizados en verificar la estabilidad física de los taludes. La estabilidad física considera las características geotécnicas del sitio y otros factores como la acción sísmica.

Los criterios utilizados en el diseño se basan en la aplicación de metodologías de análisis y diseño para obras de ingeniería geotécnica. Las pruebas y ensayos para la obtención de la información de sitio y de los materiales existentes cumplen procedimientos estandarizados internacionalmente. Los criterios de diseño se basan en la aplicación de modelos, procedimientos de análisis y diseño que son actualizados permanentemente a la luz de los resultados obtenidos en proyectos similares.

Los criterios de estabilidad mencionados aseguran un adecuado comportamiento de los taludes desde el punto de vista de la resistencia de los suelos y materiales involucrados, así como el nivel de deformación de los taludes ante un evento sísmico, condiciones recomendables para el extenso período de exposición sísmica.

Los análisis de estabilidad asumen superficies de falla tipo circular, planar o fallas del tipo bloque. Se utiliza los métodos de equilibrio límite de Bishop Simplificado y de Janbu.

El análisis de estabilidad se ha realizado utilizando el programa de cómputo Slide.

Los análisis de estabilidad consideran el comportamiento drenado mediante el uso de los parámetros de resistencia efectivos de suelos, materiales granulares y drenantes, que conforman los taludes en estudio.

#### A. Condiciones de análisis

- Análisis de estabilidad estático

Este análisis se refiere a la estabilidad global de los taludes evaluados sin considerar la acción sísmica. Los resultados de los análisis se presentan en términos de factor de seguridad utilizando la metodología del equilibrio límite. Estos análisis se pueden realizar tanto en esfuerzos efectivos como esfuerzos totales. Se recomienda un factor de seguridad estático mayor de 1,3.

Para el caso de los muros mecánicamente estabilizados (MSEW) se deberá analizar adicionalmente los factores de estabilidad: interna, al vuelo y contra el deslizamiento cuyos valores mínimos según la norma AASHTO son:

FS. Interna Estático > 1,3

- Análisis de estabilidad Pseudoestático.

El método consiste en calcular el factor de seguridad contra deslizamiento, cuando una fuerza horizontal es igual al producto del coeficiente sísmico por el peso de la masa potencial de falla, la cual es adicionada a las fuerzas estáticas ya existentes. Para el análisis pseudoestático de taludes, se utiliza un coeficiente sísmico horizontal seleccionado sobre la base de la sismicidad de la zona. Se recomienda un factor de seguridad pseudoestático mayor a 1,0.

## CAPÍTULO IV: APLICACIÓN A LA CARRETERA ABANCAY ANDAHUAYLAS.

### 4.1 DATOS PRELIMINARES DE CAMPO Y DE LABORATORIO

### 4.2 EXPLORACIÓN DE CAMPO

#### 4.2.1 Excavación de Trincheras

Se presenta un resumen de las seis (06) trincheras realizadas para los sectores analizados en las progresivas descrita en el cuadro N°4.01, donde indican las coordenadas locales, y el tipo de suelo encontrado.

**Cuadro N°4.01: Ubicación de trincheras**

N°	Progresivas Km	Sondaje	Muestra	Prof. (m)	Ubicación	
					E	N
1	362 + 120 – 362+230	T-11	M-1	Superficial	718274	8489799
2	370+960 – 370+980	T-10	M-1	Superficial	717896	8486844
3	366+760 – 366+880	5-M1	M-1	Superficial	-	-
4	375+440 – 375+600	T-7	M-1	Superficial	721072	8486716
5	380+180 – 380+250	T-6	M-1	Superficial	722640	8488323
6	381+780 – 382+080	T-4	M-1	Superficial	723509	8487328

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

Ver: Anexo "1" - Análisis de Estabilidad

#### 4.2.2 Pruebas geofísicas

Se realizaron 14 ensayos MASW. Estas pruebas permiten determinar la velocidad de la onda ( $V_s$ ), básicos para el cálculo del módulo de corte (G).

El cuadro N° 4.02, muestra las coordenadas UTM de las pruebas de ensayo MASW. Los perfiles sísmicos unidimensional de todos los ensayos se muestra en el Anexo "Ensayos MASW", estos perfiles se obtuvieron con el programa Surface wave Análisis Wizard.



**Cuadro N°4.02: Coordenadas de los ensayos MASW**

N°	Progresivas Km	Ensayo MASW	Coordenadas	
			E	N
1	362 + 120 – 362+230	MASW-35	718300	8489800
2	362+570 – 362+600	MASW-34	717926	8489564
3	365+520 – 365+550	MASW-29	716523	8488264
4	366+760 – 366+880	MASW-27	715965	8487732
5	370+960 – 370+980	MASW-23	718204	8486972
6	371+310 – 371+490	MASW-21	717887	8486821
7	372+840 – 372+910	MASW-18	719241	8486846
8	373 + 110 – 373+460	MASW-20	719930	8487296
9	375+440 – 375+600	MASW-16	720990	8486496
10	379+020 – 379+090	MASW-14	722825	8487565
11	380+180 – 380+250	MASW-12	722528	8488384
12	381+760 – 381+780	MASW-7	723365	8487396
13	381+780 – 382+080	MASW-6	723494	8487337
14	382+150 – 382+300	MASW-5	723762	8487312

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".  
 Ver: Anexo "2" – Ensayo MASW

A través de lo obtenido en campo del equipo de refracción con el arreglo multicanales procedemos al procesamiento con el programa Surface Wave Analysis Wizard, mostrando graficas del perfil unidimensional de las velocidades de ondas de corte con la profundidad del suelo para cada ensayo Masw de los 14 obtenidos en campo.

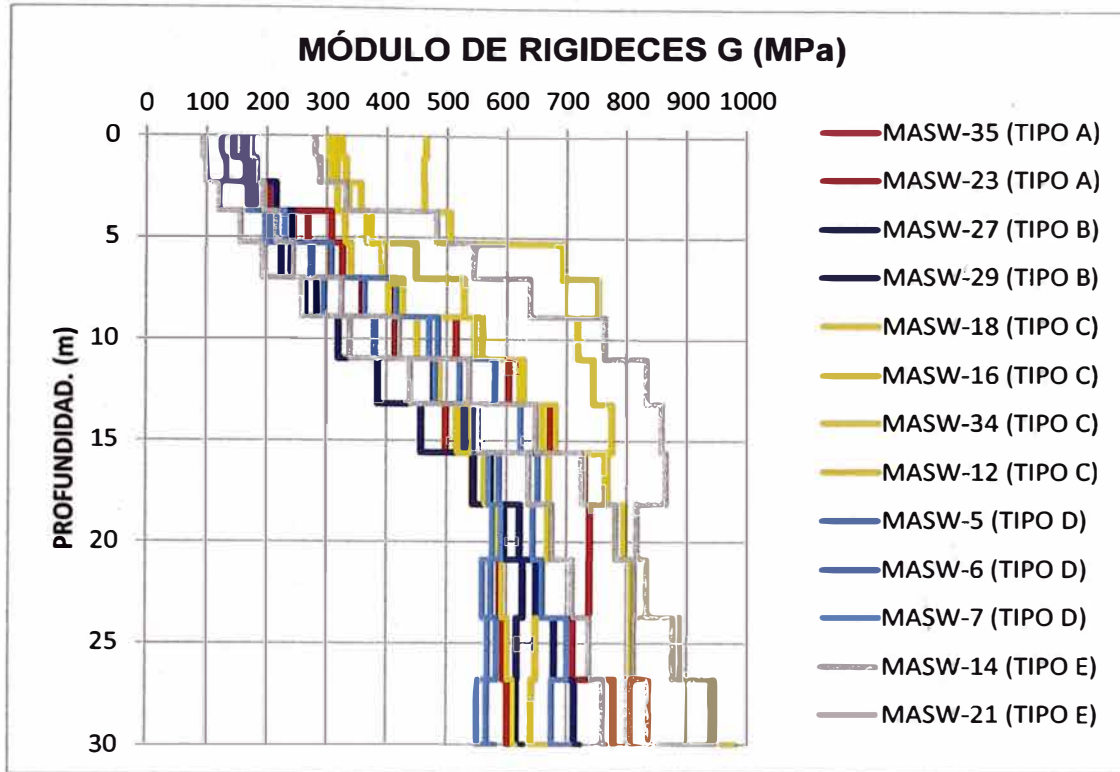
Obteniendo las velocidades de onda Vs, procedemos con el cálculo de los módulos de corte o módulo de rigideces el procedimiento teórico determina el módulo de corte al esfuerzo cortante (G), el cual a través de la relación Vs, y (G) está dada por la siguiente relación:

$$G = \rho V_s^2 \dots\dots\dots (1)$$

En donde: ρ= densidad; Vs=velocidad de onda de corte.

De todos los perfiles unidimensional obtenidos en los ensayos y a través de la ecuación (1), obtenemos perfiles unidimensional de módulo de rigideces las cuales se plotearon y se muestran en la siguiente Figura N° 4.01.





**Figura N° 4.01: Perfil unidimensional de la rigideces obtenidas a partir de las ondas de corte con respecto a la profundidad.**

Fuente: "Perfil generado a partir de las Vs obtenidas por los datos del Rumí laboratorio S.A.C del Anexo 2".

**Cuadro N°4.03: Módulo de rigideces de las pruebas geofísicas**

Sector		MASW	Prof. (m)	G (Mpa) Módulo de rigideces
Inicio	Fin			
362+120	362+230	35	0,00 - 5,00	170
			5,00 - 10,00	325
			10,00 - 15,00	413
			15,00 - 20,00	496
370+960	371+250	23	0,00 - 5,00	142
			5,00 - 10,00	306
			10,00 - 15,00	514
			15,00 - 20,00	670
365+520	365+550	29	0,00 - 5,00	159
			5,00 - 10,00	223
			10,00 - 15,00	318
			15,00 - 20,00	544
366+760	366+880	27	0,00 - 5,00	165
			5,00 - 10,00	273
			10,00 - 15,00	379
			15,00 - 20,00	571
372+840	372+910	18	0,00 - 5,00	324
			5,00 - 10,00	447

Sector		MASW	Prof. (m)	G (Mpa) Módulo de rigideces
Inicio	Fin			
			10,00 - 15,00	558
			15,00 - 20,00	658
375+440	375+600	16	0,00 - 5,00	302
			5,00 - 10,00	339
			10,00 - 15,00	545
			15,00 - 20,00	678
362+570	362+670	34	0,00 - 5,00	312
			5,00 - 10,00	391
			10,00 - 15,00	449
			15,00 - 20,00	515
380+180	380+250	12	0,00 - 5,00	464
			5,00 - 10,00	691
			10,00 - 15,00	715
			15,00 - 20,00	772
382+150	382+300	5	0,00 - 5,00	160
			5,00 - 10,00	239
			10,00 - 15,00	480
			15,00 - 20,00	552
381+780	382+080	6	0,00 - 5,00	160
			5,00 - 10,00	274
			10,00 - 15,00	579
			15,00 - 20,00	621
381+760	381+780	7	0,00 - 5,00	122
			5,00 - 10,00	307
			10,00 - 15,00	520
			15,00 - 20,00	545
371+310	371+490	21	0,00 - 5,00	280
			5,00 - 10,00	545
			10,00 - 15,00	763
			15,00 - 20,00	864
373+110	373+460	20	0,00 - 5,00	173
			5,00 - 10,00	243
			10,00 - 15,00	420
			15,00 - 20,00	725
379+020	379+090	14	0,00 - 5,00	93
			5,00 - 10,00	192
			10,00 - 15,00	339
			15,00 - 20,00	636

Fuente: "Rumi laboratorio S.A.C".

### 4.2.3 Pruebas laboratorio

Las muestras obtenidas en las trincheras fueron sometidas a ensayos índices de suelo y ensayos de clasificación.

Las pruebas se realizaron según las recomendaciones de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Se utilizaron los siguientes estándares para realizar las pruebas:

Granulometría	ASTM D-422
Contenido de humedad	ASTM D-2216
Limites de Atterberg	ASTM D-4318
SUCS	ASTM D-2487

**Cuadro N°4.04: muestra un resumen de los resultados de las pruebas índice del suelo.**

N°	Progresivas Km	Sondaje	Muestra	Prof. (m)	Granulometría (%)			Límites (%)			CH (%)	SUCS
					Finos	Arena	Grava	LL	LP	IP		
1	362 + 120 – 362+230	T-11	M-1	Superficial	4.1	17	77.9	18	14	4	3.0	GW
2	370+960 – 370+980	T-10	M-1	Superficial	6.4	34.1	59.5	20	13	7	3.0	GW- GC
3	366+760 – 366+880	5-M1	M-1	Superficial	57.5	38.5	3.7	35	14	21	15.7	CL
4	375+440 – 375+600	T-7	M-1	Superficial	16.9	55.3	27.9	21	14	7	6.6	SC
5	380+180 – 380+250	T-6	M-1	Superficial	30.5	46.9	22.6	29	15	14	2.9	SC
6	381+780 – 382+080	T-4	M-1	Superficial	10.3	49.2	40.6	20	13	7	3.9	SP - SC

Fuente: "Consortio Kishuara III –Laboratorio Mecánica de Suelos , Concretos y Pavimentos".

Ver: Anexo "3"

La siguiente tabla muestra los principales parámetros del ensayo de corte directo para dos trincheras:

**Cuadro N°4.05: resultados del ensayo de corte directo**

Progresivas Km	Sondaje	Muestra	Prof. (m)	SUCS	Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	P.E. (KN/m <sup>2</sup> )
375+440 – 375+600	T-7	M-1	Superficial	SC	0	36.5	1,94
381+760 – 381+780	T-4	M-1	Superficial	SP-SC	37.6	32.9	2,05

Fuente: "Rumí laboratorio S.A.C".

Los resultados obtenidos corresponden a la fracción fina del material existente en campo (< Tamiz N° 4).

### 4.3 ZONIFICACIÓN GEOTECNICA

Para la evaluación geotécnica en el área de estudio se zonificó en cinco (05) tipo de suelos en función a la clasificación SUCS, obtenida del ensayo de laboratorio.

**Cuadro N°4.06: Zonificación geotécnica.**

N°	Zonas	Descripción de suelo	Clasificación SUCS	Trinchera
1	I	Grava bien gradada con arena y arcilla	GW / GW-GC	T-11 / T-10
2	II	Arcilla arenosa	CL	5-M1
3	III	Arena arcillosa con grava	SC	T-7/T-6
4	IV	Arena pobremente graduada con arcilla	SP-SC	T-4
5	V	Roca muy fracturada	Roca (*)	-

(\*): La clasificación de la roca para la zonificación se considera como suelo.

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

**Cuadro N°4.07: Resumen de la zonificación geotécnica en el área de estudio.**

N°	Progresivas Km	Descripción de suelo	Suelo Tipo	Ensayos	Ensayo MASW
1	362 + 120 – 362+230	Grava bien gradada con arena	I	T-11	MASW-35
2	370+960 – 370+980	Grava bien gradada con arena	I	T-10	MASW-23
3	365+520 – 365+550	Arcilla arenosa	II	Similar al 5-M1	MASW-29
4	366+760 – 366+880	Arcilla arenosa	II	5-M1	MASW-27
5	362+570 – 362+600	Arena arcillosa con grava cementada	III	Similar al T-6	MASW-34
6	372+840 – 372+910	Arena arcillosa con grava	III	Similar al T-7	MASW-18
7	375+440 – 375+600	Arena arcillosa con grava	III	T-7	MASW-16
8	380+180 – 380+250	Arena arcillosa con grava cementada	III	T-6	MASW-12
9	381+760 – 381+780	Arena pobremente graduada con arcilla	IV	T-4	MASW-7
10	381+780 – 382+080	Arena pobremente graduada con arcilla	IV	Similar al T-4	MASW-6
11	382+150 – 382+300	Arena pobremente graduada con arcilla	IV	Similar al T-4	MASW-5
12	371+310 – 371+490	Roca muy fracturada	V	Roca*	MASW-21
13	373 + 110 – 373+460	Roca muy fracturada	V	Roca*	MASW-20
14	379+020 – 379+090	Roca muy fracturada	V	Roca*	MASW-14

(\*): La clasificación de la roca para la zonificación se considera como suelo.

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

**Cuadro N°4.08: Tipo de zona y ensayos MASW**

Tipo de zona	MASW
I	MASW-35 y MASW-23
II	MASW-29 y MASW-27.
III	MASW-18, MASW-34, MASW-16 y MASW-12
IV	MASW-6, MASW-7, y MASW-5
V	MASW-21, MASW-20 y MASW-14

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

#### 4.4 PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Para la aplicación de la vía no se usaron los parámetros hallados en laboratorio por ser valores que no reflejan con el material encontrado, por el cual se recurrió al análisis retrospectivo (back Análisis), utilizando un programa de computo (Slide 5.0), el cual es usado comúnmente para estimar la resistencia in situ del suelo. Esta resistencia se representa generalmente por los parámetros de resistencia al corte en tensión efectiva de Mohr – Coulomb, cohesión  $C$ , y ángulos de fricción interna  $\phi$ .

El análisis retrospectivo de fallas de taludes es un método efectivo que incorpora factores que muchas veces no son bien representando en ensayos de laboratorio.

El análisis retrospectivo asume un factor de seguridad igual a la unidad y considera la geometría original el más crítico de todas las secciones para un mismo tipo de suelo se tomaron los más altos lo más probables en el momento de la falla. Luego se estima la resistencia al corte del suelo que fue movilizada en la falla consistente con un modelo 2D realizado con un método seleccionado, para un factor de seguridad  $FS=1$ , aplicando un coeficiente sísmico que será igual a la mitad del máximo encontrado en el lugar, en nuestro caso  $0,18g$ . En nuestro caso tenemos cinco tipos de suelos y por cada tipo hemos asumido un ángulo de fricción único, con una densidad única y la cohesión como parámetro incógnita, para fines prácticos hemos tomado el ángulo de fricción de la tabla V.8 (Libro de ingeniería de taludes (NAVFAC, 1971), según cuadro N°4.09. Los cálculos obtenidos de la cohesión se encuentran en el Anexo “Estabilidad de taludes”.



Cuadro N°4.09: Parámetros de resistencia

Tabla V.8  
PROPIEDADES TÍPICAS DE SUELOS COMPACTADOS  
(NAVFA, 1973)

Símbolo del grupo	Tipo de suelo	Cohesión (compactado) t/m <sup>2</sup>	Cohesión (saturado) t/m <sup>2</sup>	Ángulo roz. int. efect. $\phi'$ grados	$\tan \phi'$
GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y de arena	0	0	> 38°	> 0,79
GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y de arena	0	0	> 37°	> 0,74
GM	Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo mal graduadas	0	0	> 34°	> 0,67
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla mal graduadas	0	0	> 31°	> 0,60
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava	0	0	38°	0,79
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava	0	0	37°	0,74
SM	Arenas limosas, mezclas de arena-limo mal graduadas	5,13	2,05	34°	0,67
SM-SC	Mezclas de arena-limo-arcilla con limos poco plásticos	5,13	1,46	33°	0,66
SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcilla	7,57	1,12	31°	0,60
ML	Limos inorgánicos y limos arcillosos	6,83	0,93	32°	0,62
ML-CL	Mezcla de limo inorgánico y arcilla	6,59	2,24	32°	0,62
CL	Arcillas inorgánicas poco plásticas o de plasticidad mediana	8,79	1,32	28°	0,54
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas poco plásticas	—	—	—	—
MH	Limos arcillosos inorgánicos, suelos limosos	7,32	2,05	25°	0,47
CH	Arcillas inorgánicas muy plásticas	10,5	1,12	19°	0,35
OH	Arcillas orgánicas y arcillas limosas	—	—	—	—

Fuente: Manual de Ingeniería de taludes, pag.135  
(Autor: Instituto Tecnológico Geo Minero de España, 1985-1986)

Cuadro N°4.10: Parámetros de resistencia

N°	Progresivas Km	Tipo de suelo	Parámetros de suelo			Módulo de corte G (Mpa)	Ensayos MASW	Comentario
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\Phi$ (°)			
1	362 + 120 – 362+230	I	2,0	22	38	496	MASW-35	Retro-análisis
2	370+960 – 370+980	I	2,0	37	38	670	MASW-23	Retro-análisis
3	365+520 – 365+550	II	18,5	43	13	544	MASW-29	Retro-análisis
4	366+760 – 366+880	II	18,5	51	13	571	MASW-27	Retro-análisis
5	362+570 – 362+600	III	2,0	18	31	515	MASW-34	Retro-análisis
6	372+840 – 372+910	III	2,0	39	31	658	MASW-18	Retro-análisis
7	375+440 – 375+600	III	2,0	58	31	678	MASW-16	Retro-análisis
8	380+180 – 380+250	III	2,0	59	31	772	MASW-12	Interpolado
9	381+760 – 381+780	IV	2,0	15,5	34	520	MASW-7	Retro-análisis
10	381+780 – 382+080	IV	2,0	16,5	34	579	MASW-6	Retro-análisis
11	382+150 – 382+300	IV	2,0	13,5	34	480	MASW-5	Retro-análisis
12	371+310 – 371+490	V	2,4	66	37	864	MASW-21	Retro-análisis
13	373 + 110 – 373+460	V	2,4	24	37	725	MASW-20	Retro-análisis
14	379+020 – 379+090	V	2,4	20	37	636	MASW-14	Retro-análisis

El sustento se encuentra en el Anexo1 "Análisis de Estabilidad"  
Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

## 4.5 ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 4.5.1 Análisis de estabilidad de taludes de corte

Los taludes para las secciones en corte varían de acuerdo a la estabilidad según el tipo de suelo encontrado, así como a su geometría de altura admisible del talud y su inclinación, por el cual se determinaron por medio del análisis retrospectivo los parámetros asumidos y cálculos, aún aproximados.

La inclinación de los taludes en corte fueron dados en principio por estudios previos a su construcción (Expediente), el expediente técnico recomienda taludes de corte de acuerdo al material encontrado basados en la norma DG-2001 del MT, según cuadro N°4.11, por lo que se analiza y se obtienen los factores de seguridad según cuadro N°4.12.

En obra la supervisión recomienda modificar los taludes de corte replanteando a nuevos cortes de talud y al aumento de banquetas con el fin de obtener la estabilidad deseada, por lo que se recalcula y analiza obteniendo factores de seguridad según cuadro N°4.13.

**Cuadro N°4.11: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V)**

	Clasificación de Materiales de corte	Roca Fija	Roca Suelta	Material Suelto		
				Suelos Gravosos	Suelos Limoarcillos o Arcillo	Suelos Arenosos
A L T U R A  D E  C O R T E	Menor de 5,00 m	1:10	1:6 – 1:4	1:1 – 1:3	1:01	2:01
	5,00 – 10,00 m	1:10	1:4 – 1:2	1:01	1:01	*
	Mayor de 10,00 m	1:08	1:02	*	*	*

(\*) Requerimiento de Banquetas y/o Análisis de Estabilidad

Fuente: tabla 304.10 de las Normas DG-2001 del MT



### Condiciones de análisis

Se realizó la evaluación de la estabilidad de taludes en 14 sectores a lo largo de la vía en estudio, de las cuales se analizará a cinco tipos de suelos (I, II, III, IV, y V).

Para el análisis de estabilidad de taludes de los sectores estudiados se utilizó el software SLIDE.

Para el análisis de estabilidad pseudoestático se utilizó un coeficiente sísmico de 0.18g, tomadas de mapa de isoaceleraciones, que corresponde a la mitad de la aceleración con periodo de retorno de 50 años para un 10% de excedencia. Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil – Cismid.

**Cuadro N°4.12: Resultado de análisis para el diseño de talud y banquetas  
(EXPEDIENTE)**

Tipo	Progresivas Km	Talud. Expediente		Cant.(N°) Banqueta	Parámetros de suelo			Expediente	
		H	V		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	C (kPa)	$\Phi$ (°)	Estático	Pseudo. Estático
I	362 + 120 – 362+230	1	2	1	2,0	22	38	0,971	0,771
	370+960 – 370+980	1	2	1	2,0	37	38	1,122	0,899
II	365+520 – 365+550	1	1,5	0	18,5	43	13	1,101	0,886
	366+760 – 366+880	1	1,5	0	18,5	51	13	1,065	0,855
III	362+570 – 362+600	1	3	0	2,0	18	31	0,694	0,583
	372+840 – 372+910	1	3	0	2,0	39	31	0,999	0,821
	375+440 – 375+600	1	3	1	2,0	58	31	1,004	0,857
	380+180 – 380+250	1	3	0	2,0	59	31	1,062	0,960
IV	381+760 – 381+780	1	1.5	0	2,0	15,5	34	0,989	0,777
	381+780 – 382+080	1	1.5	0	2,0	16.5	34	0,999	0,794
	382+150 – 382+300	1	1.5	0	2,0	13.5	34	0,984	0,779
V	371+310 – 371+490	1	4	1	2,4	66	37	1,013	0,863
	373 + 110 – 373+460	1	4	0	2,4	24	37	0,865	0,738
	379+020 – 379+090	1	3	1	2,4	20	37	0,820	0,645

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

**Cuadro N°4.13: Resultado de análisis para el diseño de talud y banquetas  
(REPLANTEADO)**

Tipo	Progresivas Km	Talud. Replanteado		Cant.(N°) Banqueta	Parámetros de suelo			Expediente	
		H	V		γ (kN/m <sup>3</sup> )	C (kPa)	Φ (°)	Estático	Pseudo. Estático
I	362 + 120 – 362+230	1	2	5	2,0	22	38	1,348	1,002
	370+960 – 370+980	1	2	2	2,0	37	38	1,342	1,074
II	365+520 – 365+550	1	1,5	1	18,5	43	13	1,316	1,077
	366+760 – 366+880	1	1,5	1	18,5	51	13	1,127	0,925
III	362+570 – 362+600	1	3	2	2,0	18	31	3,411	2,737
	372+840 – 372+910	1	3	2	2,0	39	31	1,246	1,024
	375+440 – 375+600	1	3	1	2,0	58	31	1,174	1,012
	380+180 – 380+250	1	3	2	2,0	59	31	1,298	1,097
IV	381+760 – 381+780	1	1.5	2	2,0	15,5	34	1,131	0,875
	381+780 – 382+080	1	1.5	3	2,0	16.5	34	1,161	0,880
	382+150 – 382+300	1	1.5	2	2,0	13.5	34	1,106	0,857
V	371+310 – 371+490	1	4	2	2,4	66	37	1,155	0,962
	373 + 110 – 373+460	1	4	1	2,4	24	37	1,001	0,806
	379+020 – 379+090	1	3	2	2,4	20	37	0,936	0,740

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

#### 4.5.2 Relación entre módulo de rigideces y cohesión

Se realizaron ensayos MASW en varios sectores para un mismo tipo de suelo encontrando una correlación directa con la cohesión, el módulo de rigideces al esfuerzo cortante (G), estima el estado de esfuerzo y la cementación natural la cual está representada por la cohesión (C), la cual es coherente con la relación matemática mostradas a continuación:

$$G = \frac{\Delta\tau}{\Delta\gamma}$$

.....(1)

τ=Esfuerzo cortante

γ= Deformación Cortante

Sabemos la relación que existe entre el módulo de rigideces y las ondas de corte mostradas a continuación:

$$G = \rho V_s^2$$

.....(2)

Comparando (1) y (2), observar la relación que existe entre el módulo de rigideces obtenida de las ondas Vs y el esfuerzo de corte de acuerdo a la ecuación mostrada a continuación.

$$\boxed{G\gamma = \tau} \dots\dots\dots (3)$$

Ecuación de Mohr-Coulomb:

$$\boxed{\text{Mohr-Coulomb } \tau = c + \sigma' \cdot \tan \varphi} \dots\dots\dots (4)$$

Para un tipo de suelo las propiedades físicas para este caso el ángulo de fricción se asumirá que tienen el mismo comportamiento en valor ya que depende de la granulometría de las partículas. Asumiremos para un tipo de suelo y a cierta profundidad un esfuerzo efectivo y la tangente del ángulo de fricción constante.

$$\sigma' \cdot \tan \varphi = \text{Cte} = K \dots\dots\dots (5)$$

De las ecuaciones (3), (4) y (5)

$$G = 1/\gamma C + K$$

En este informe se muestran los cinco tipos de suelos las cuales hemos planteado los valores de módulo de rigideces y cohesión, encontrada (G (MPa) vs C (kN/m2)).

La comparación de los módulos de rigideces para un tipo de suelo muestra variación en su rigidez G (MPa), para cierta profundidad, obteniendo una gama de valores, para nuestro caso hemos asumido a ciertas profundidades valores promedios de módulo de rigideces que represente el estado de esfuerzo en un

talud, en nuestro caso hemos tomado desde 10 hasta los 15 metros un valor promedio de rigideces único que represente el sector evaluado.

Para los cálculos de estabilidad hemos asumido para un mismo tipo de suelo un ángulo de fricción interna constante así como la densidad, encontrando el parámetro cohesión en el análisis retrospectivo de falla.

A continuación se apreciará las gráficas entre los módulos de rigideces encontrados a través del ensayo MASW para un mismo tipo de suelo, así también se mostrarán graficas entre los módulos de rigideces de valor único a una cierta profundidad con el valor de cohesión encontrado en el retro análisis de falla.

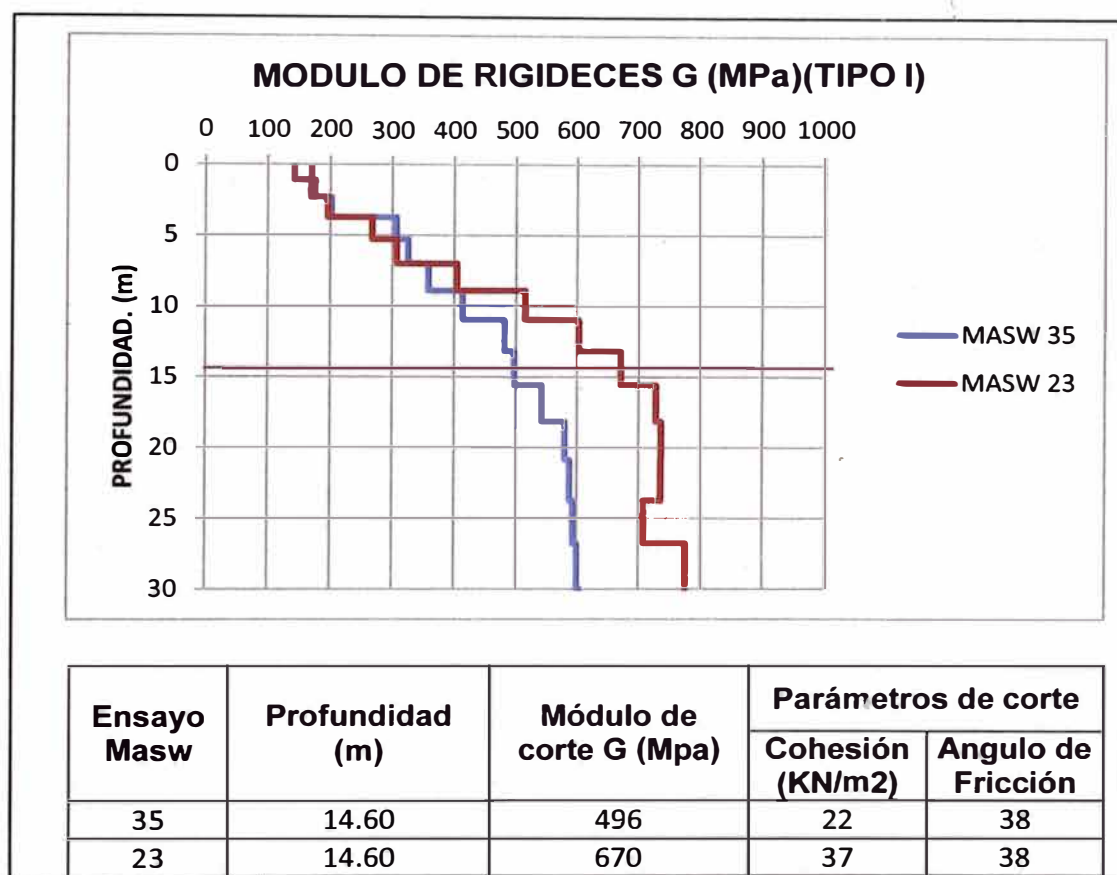
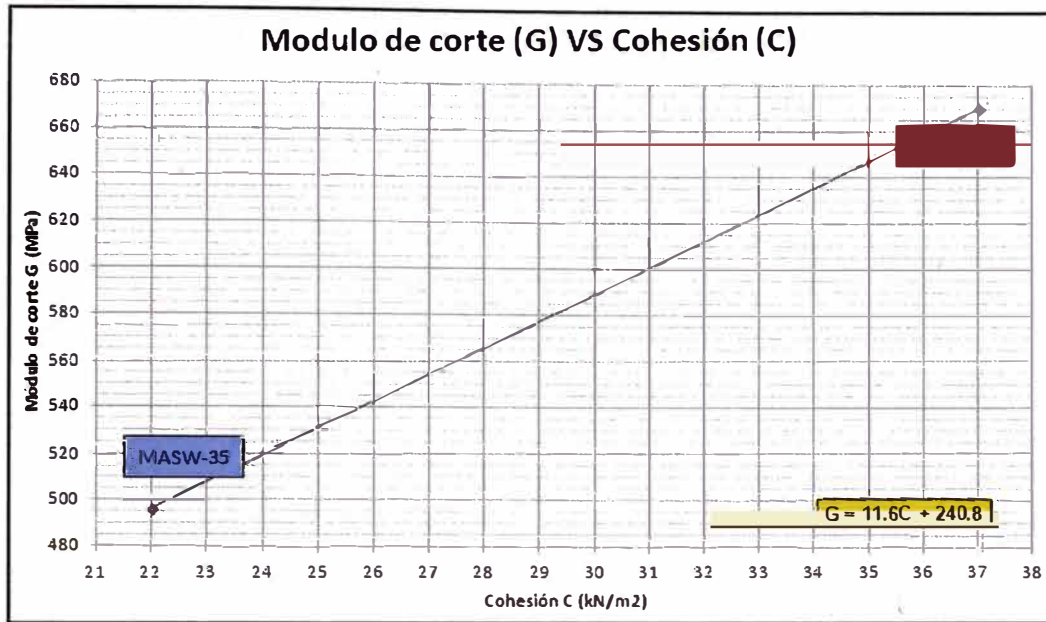


Figura N° 4.02: TIPO I (Grava bien gradada con arena y arcilla)

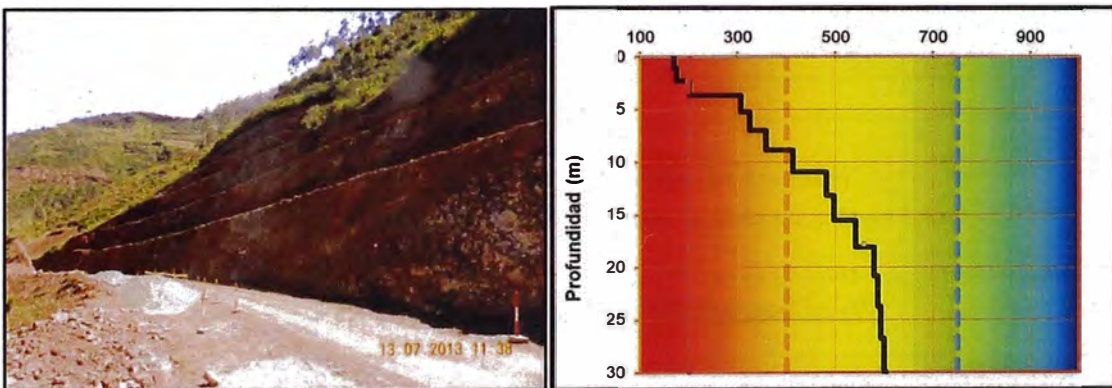
Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C"



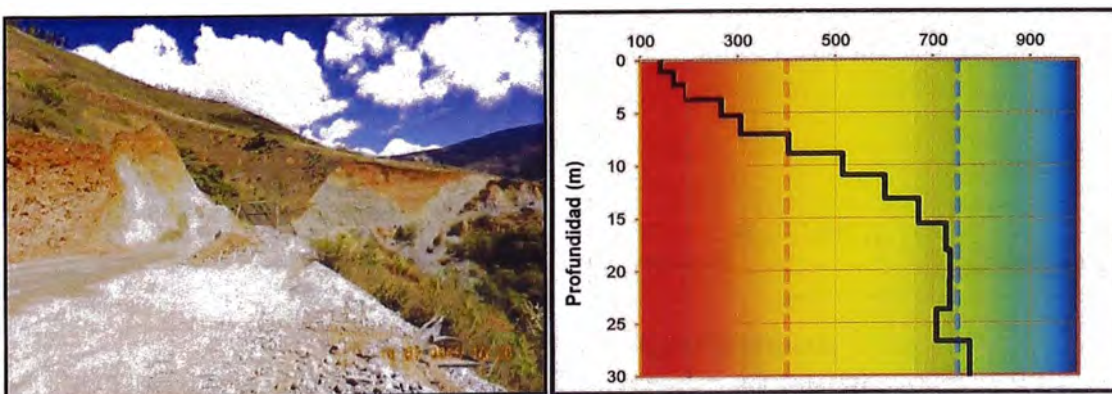


**Figura N° 4.03: G (MPa) Vs C (KN/m2)**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



**Figura N° 4.05: –MASW-23**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C"

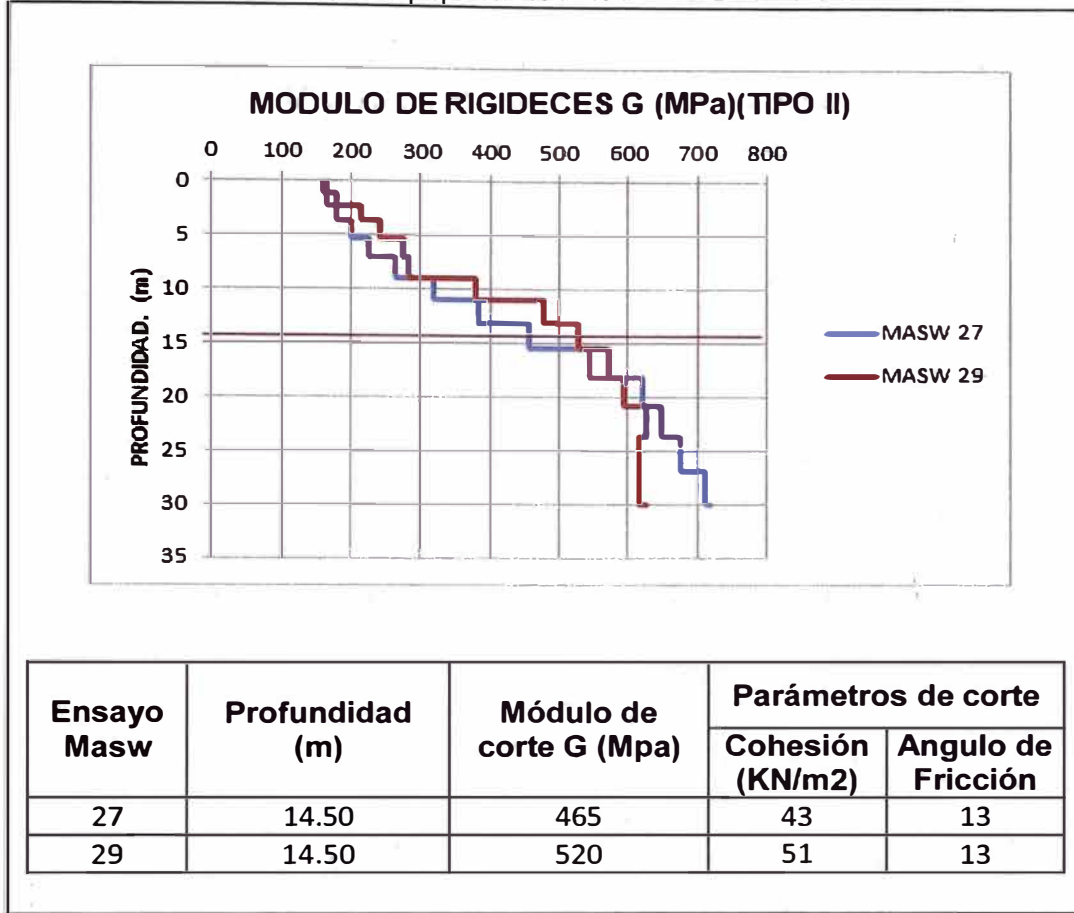


Figura N° 4.06: TIPO II (Arcilla arenosa)

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

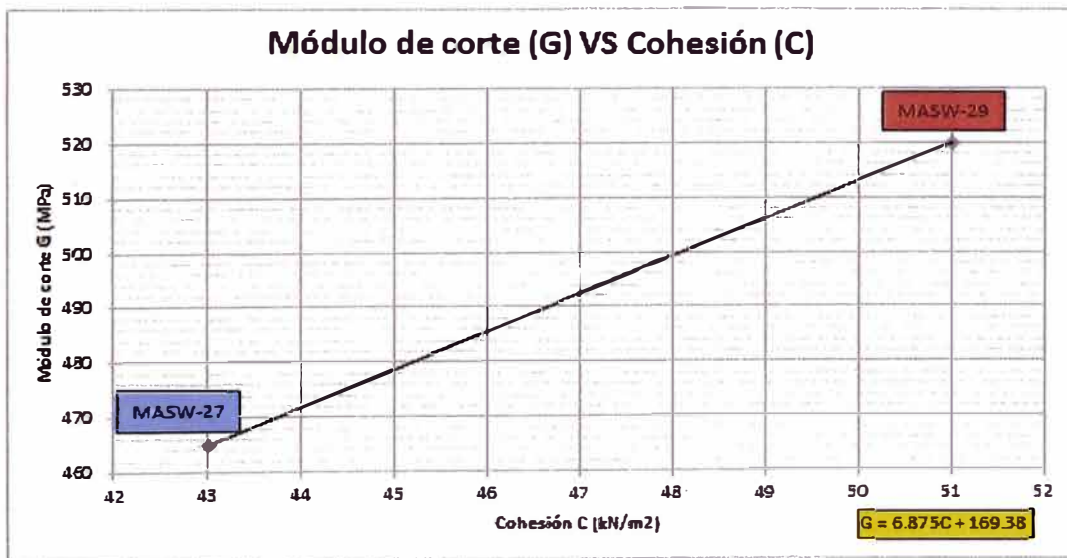


Figura N° 4.07: G (MPa) Vs C (KN/m2)

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

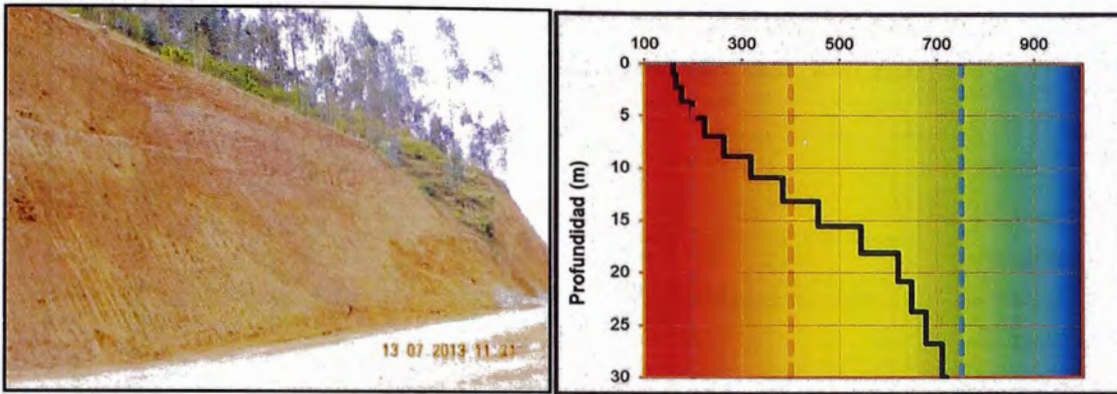


Figura N° 4.08: –MASW-29

Fuente: “Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C”.

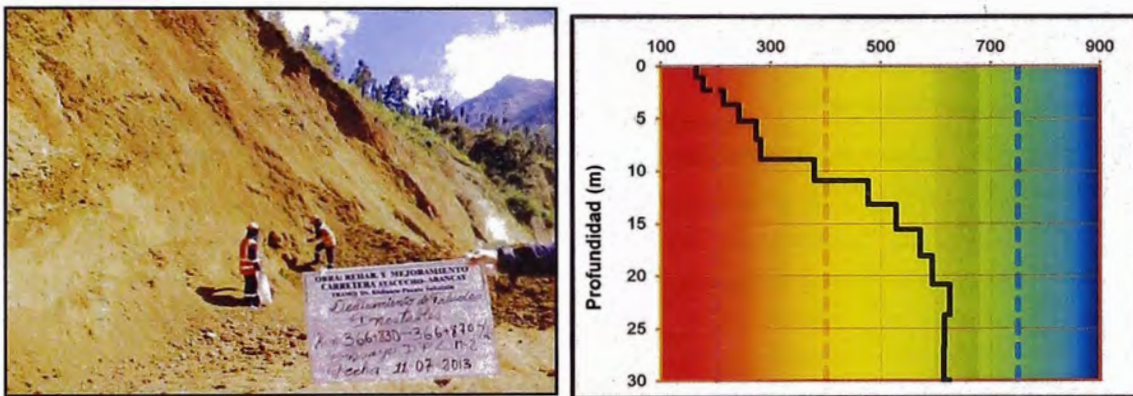
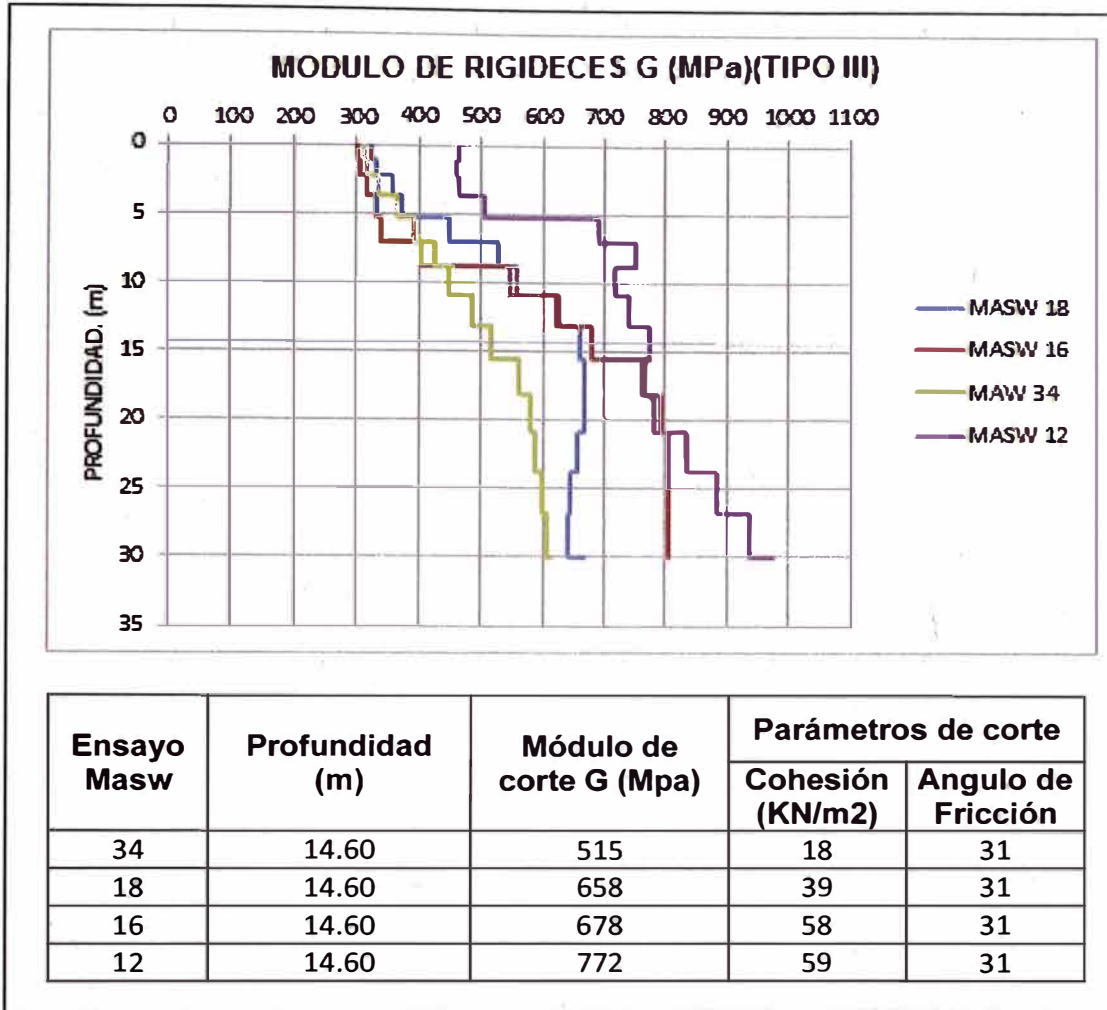


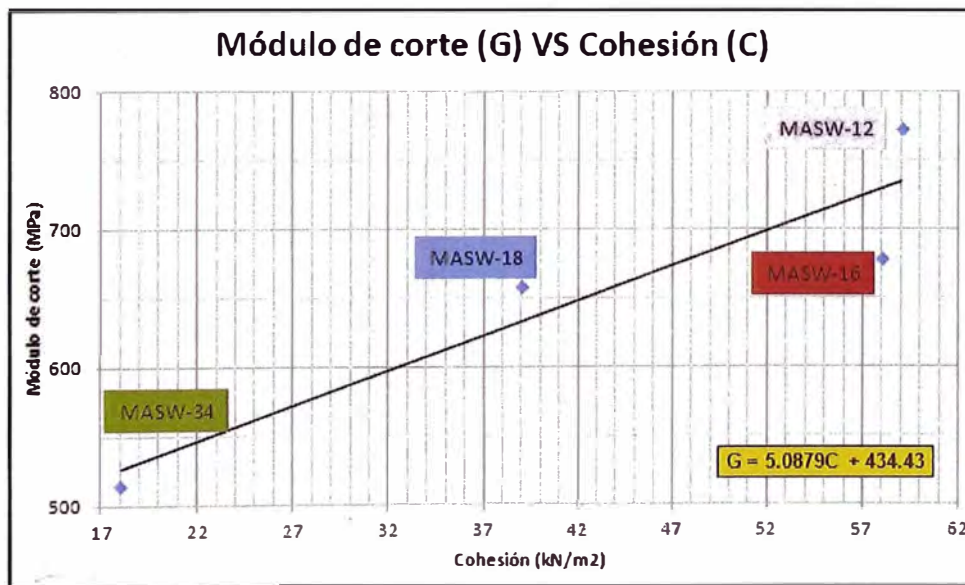
Figura N° 4.09: –MASW-27

Fuente: “Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C”.



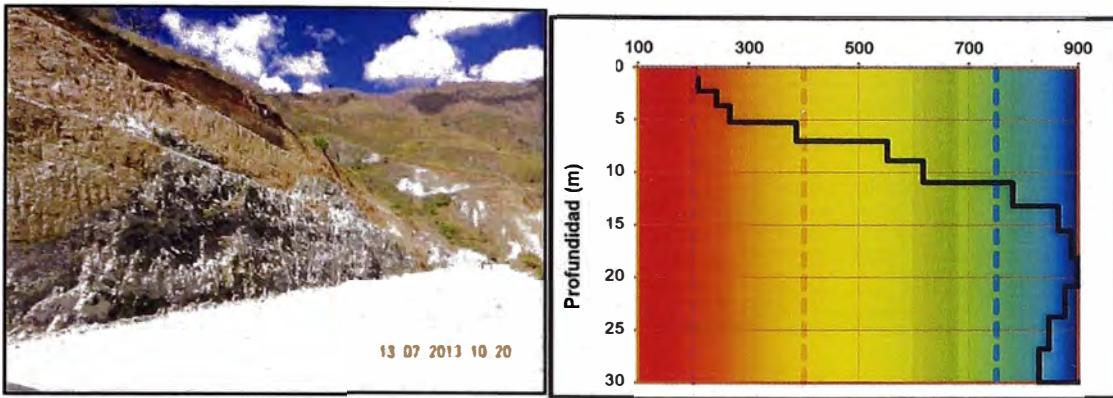


**Figura N° 4.10: TIPO III (Arena arcillosa con grava)**  
Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



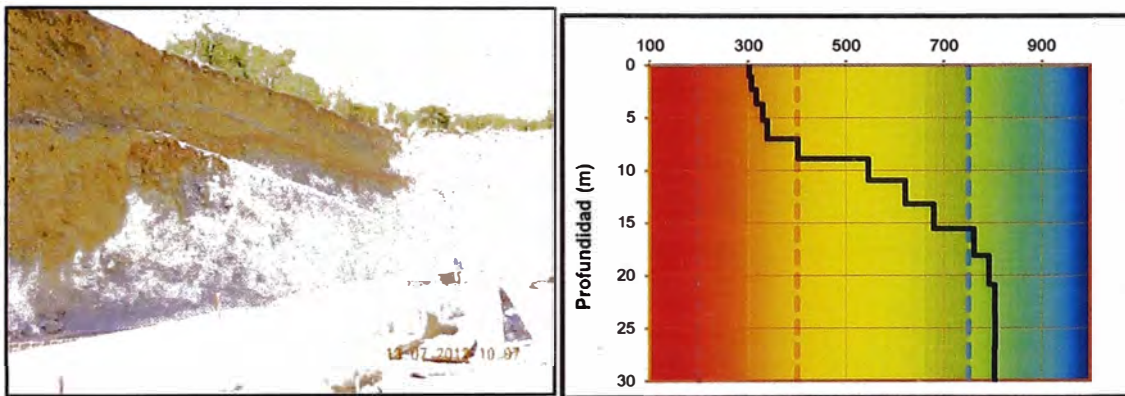
**Figura N° 4.11: G (MPa) Vs C (KN/m2)**  
Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".





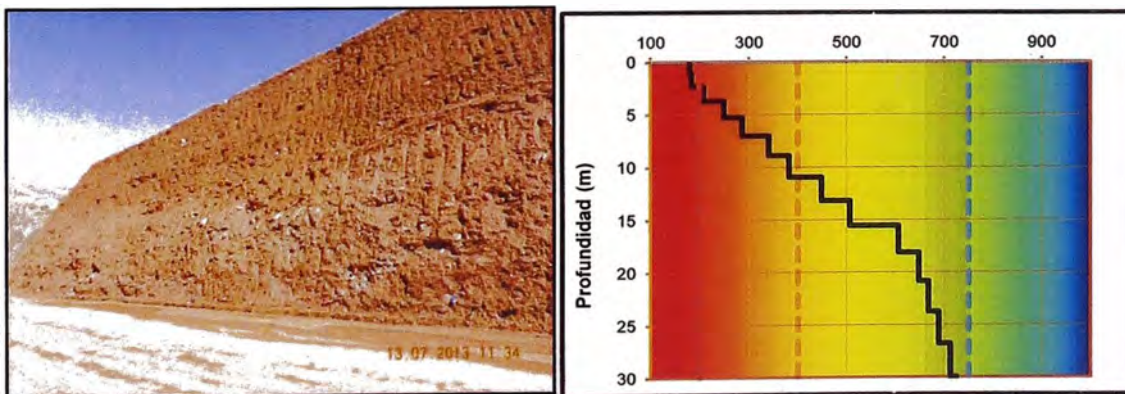
**Figura N° 4.12: –MASW-18**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



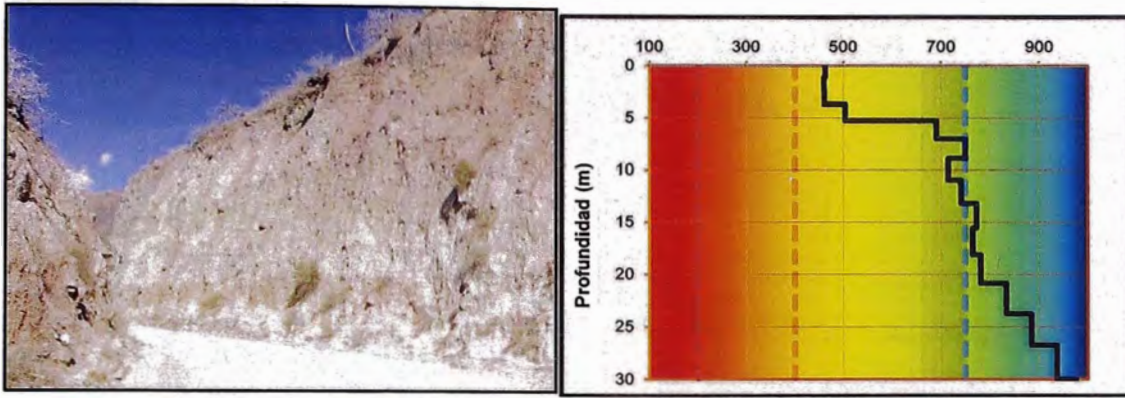
**Figura N° 4.13: –MASW-16**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



**Figura N° 4.14: –MASW-34**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



**Figura N° 4.15: –MASW-12**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

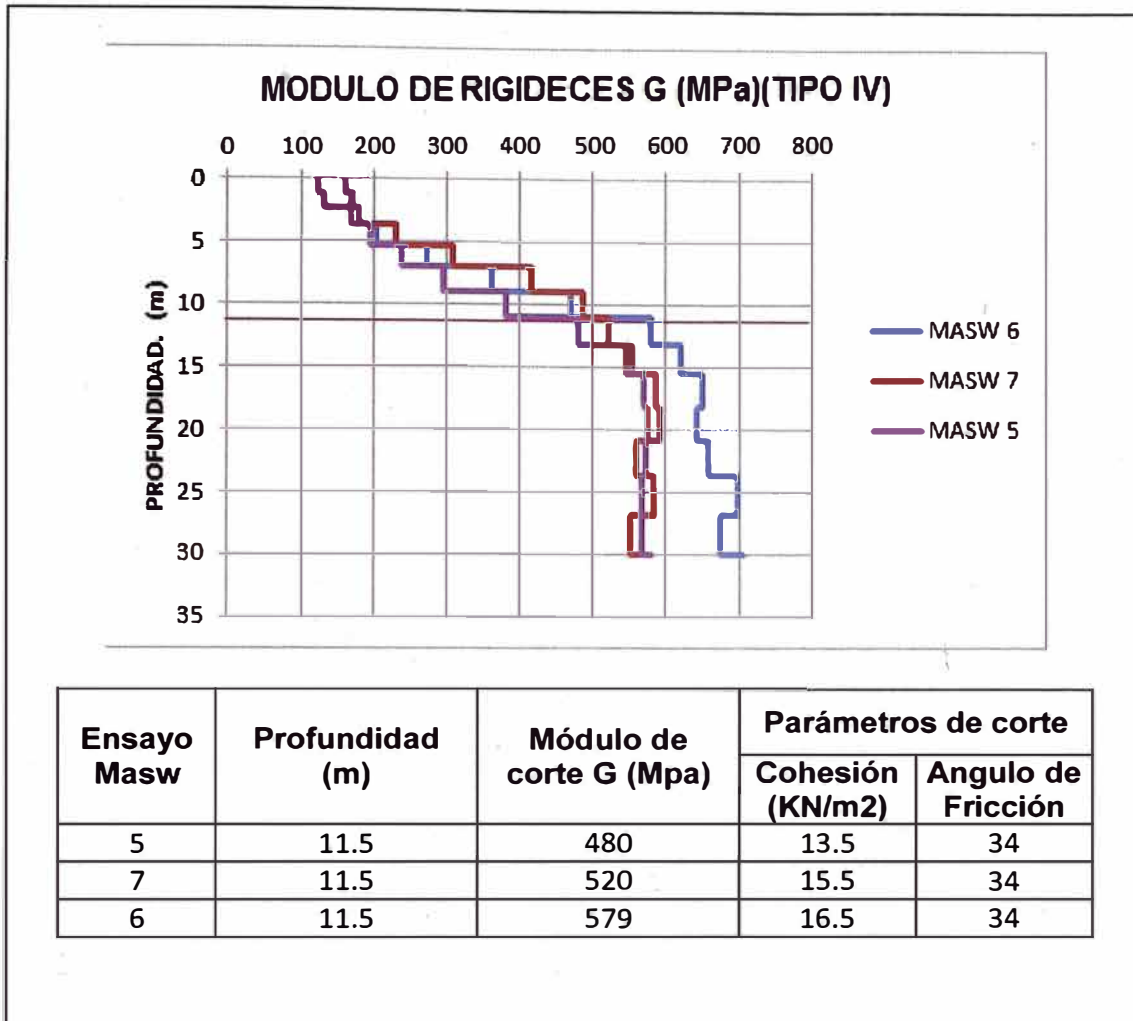


Figura N° 4.16: TIPO IV (Arena pobremente graduada con gravas (Coluvial))

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

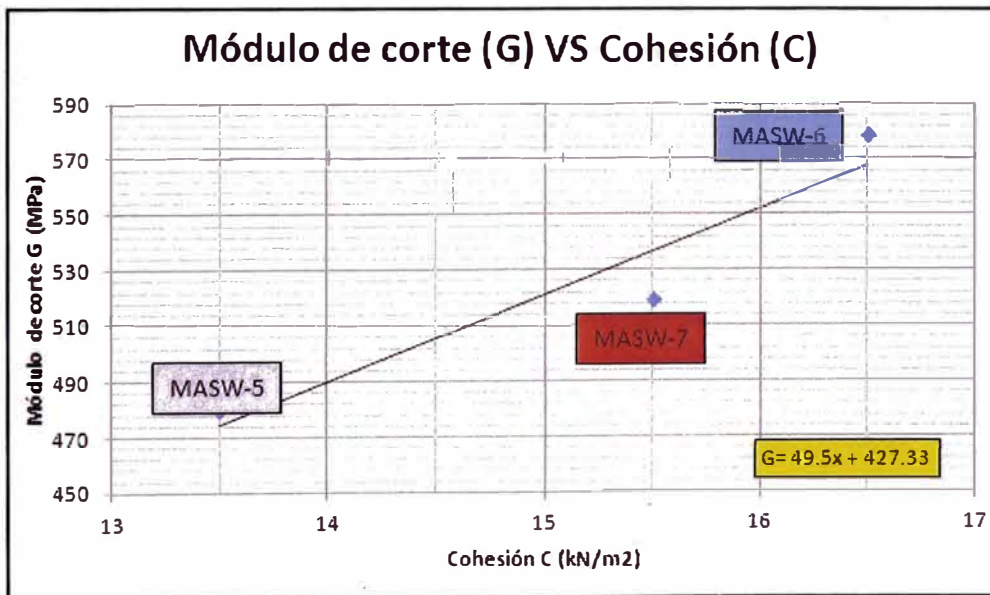


Figura N° 4.17: G (MPa) Vs C (KN/m2)

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



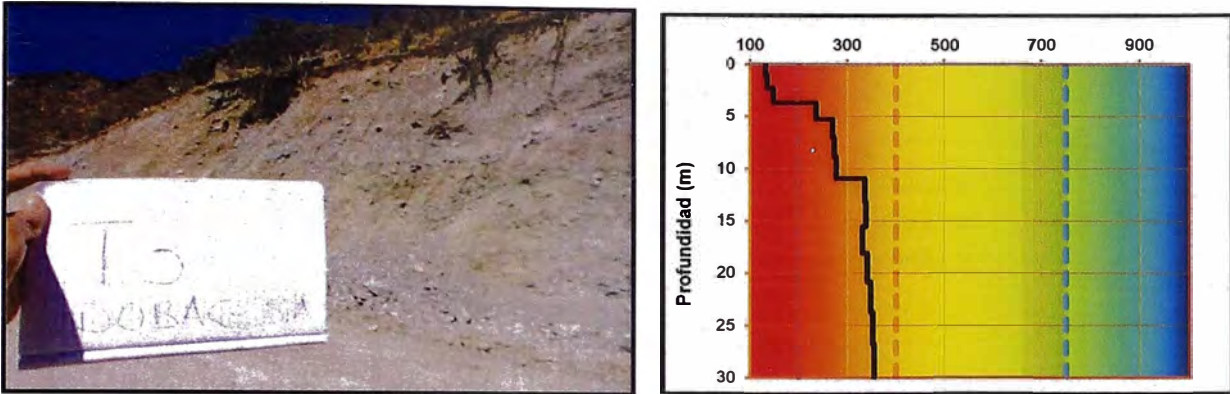


Figura N° 4.18: -MASW-5

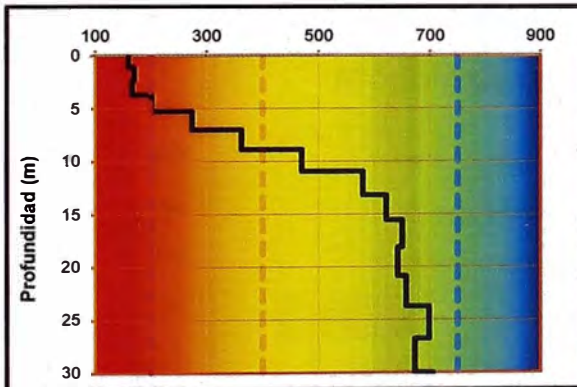


Figura N° 4.19: -MASW-6

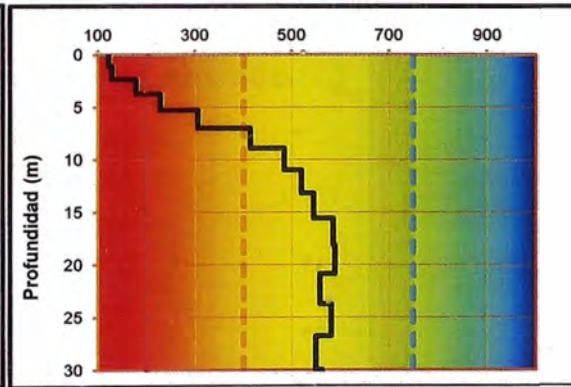


Figura N° 4.20: -MASW-7

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumi Laboratorio S.A.C".

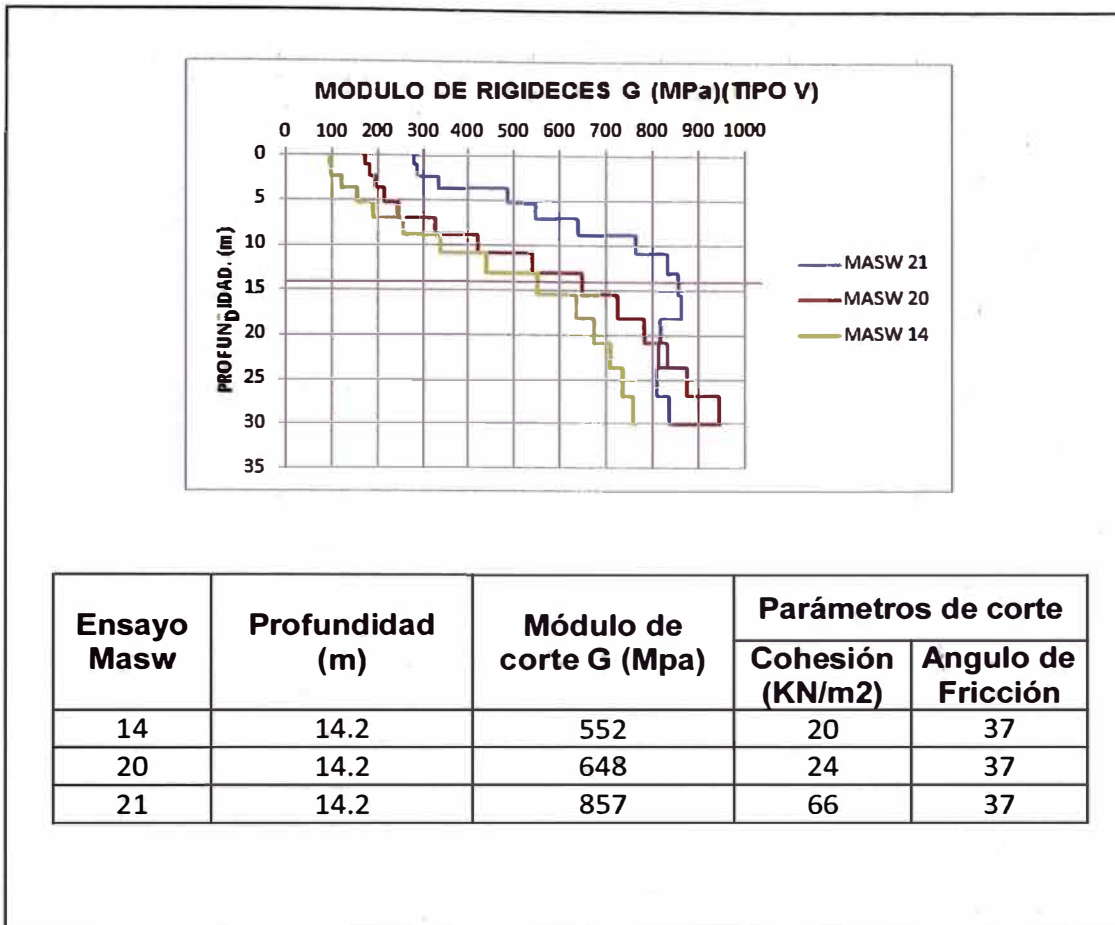


Figura N° 4.21: TIPO V (Roca muy meteorizada considerada como suelo)

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

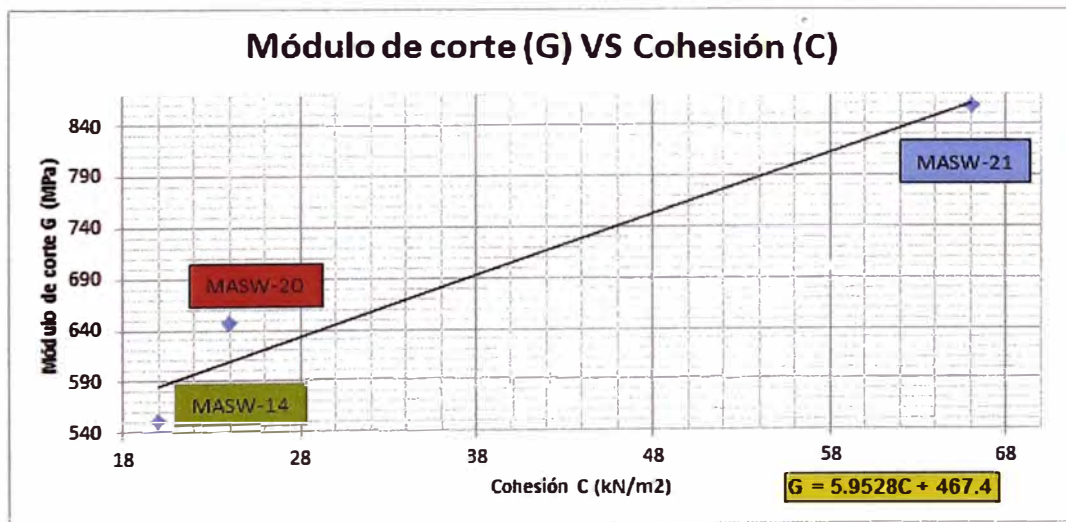
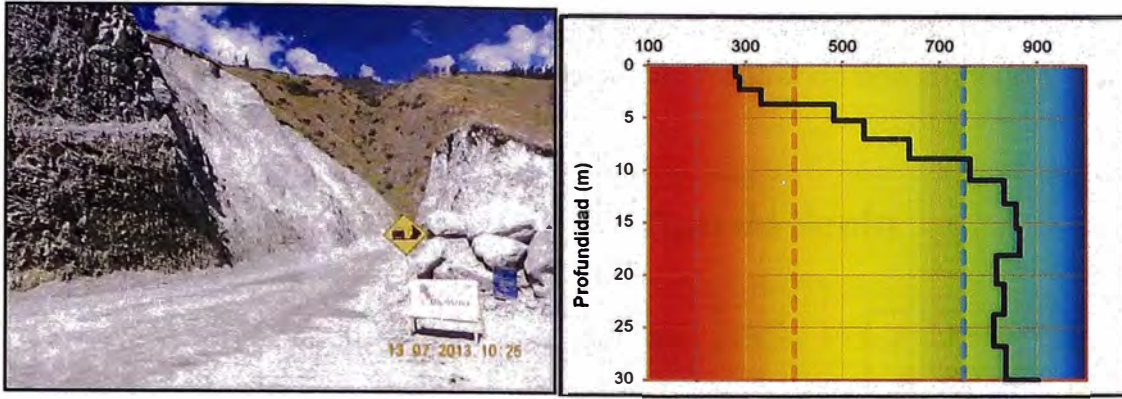


Figura N° 4.22: G (MPa) Vs C (KN/m2)

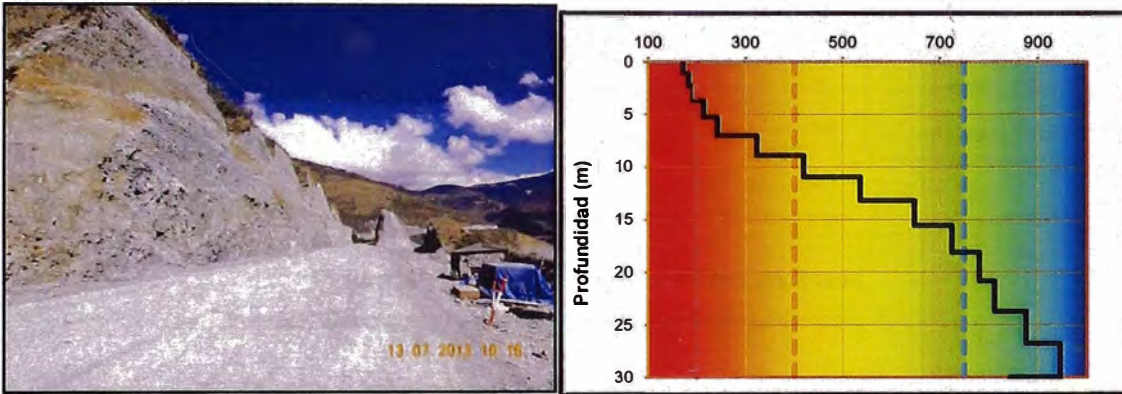
Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".





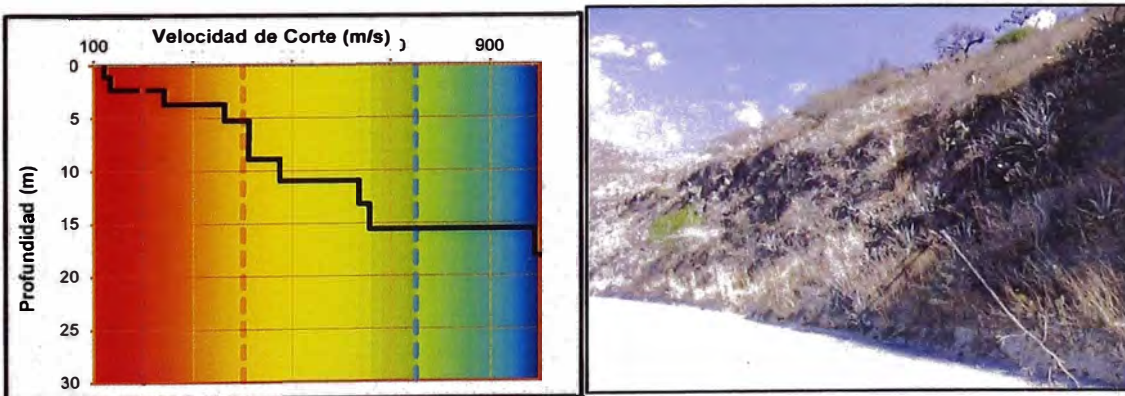
**Figura N° 4.23: –MASW-21**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



**Figura N° 4.24: –MASW-20**

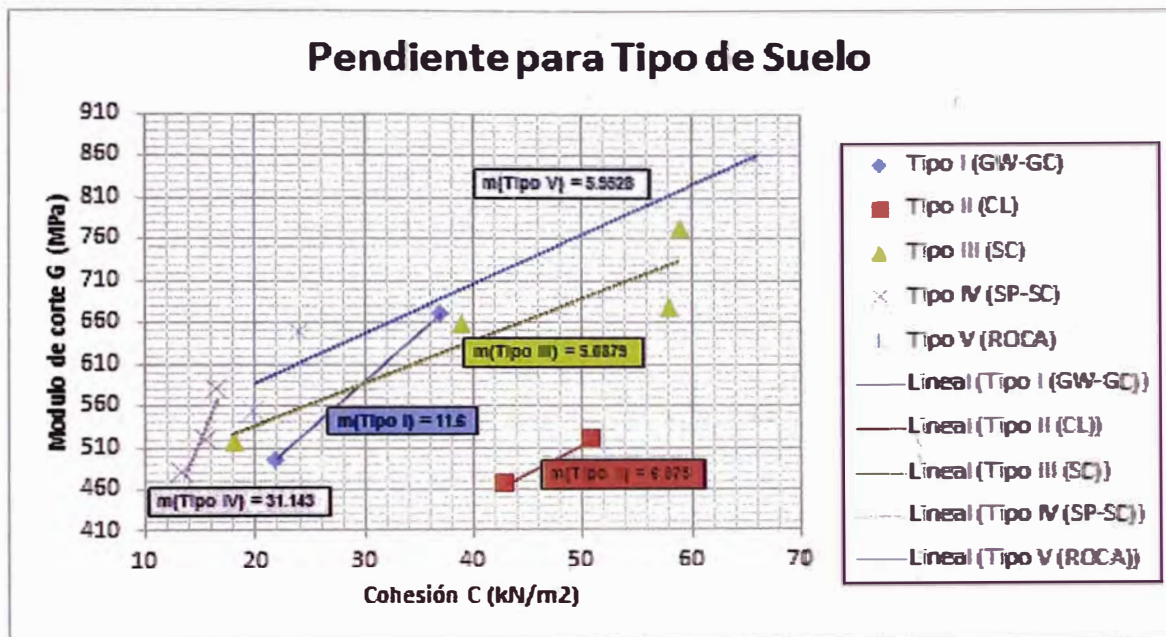
Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".



**Figura N° 4.25: –MASW-13**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumí Laboratorio S.A.C".

Mostramos una gráfica de los 05 tipos de suelos encontrando una relación directa entre el módulo de rigidez y la cohesión mostrando una tendencia lineal para cada tipo según grafico N° 4.26.



**Figura N° 4.26: Pendiente para Tipo de Suelo**

Fuente: "Elaboración propia con los datos de Rumi Laboratorio S.A.C".

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Se identifican cinco tipos de suelos (I, II, III, IV y V), de acuerdo a la clasificación SUCS, a lo largo de la carretera Abancay – Andahuaylas, en catorce (14) sectores, donde se han realizado ensayos con la norma ASTM D-4318 y ensayos MASW.

Para la obtención de los módulos de rigideces, se determina primero las velocidades de ondas de corte  $V_s$  a través del programa Surface Wave Analysis Wizard, con la data del ensayo geofísico MASW.

Para determinar un único modulo que represente la rigidez para un sector de un talud se muestra graficas de perfil unidimensional (módulo de rigideces y profundidad), donde se estimo encontrar dicho módulo a una profundidad que varía desde 10 hasta 15 m.

Para la obtención del parámetro de cohesión se tuvo que recurrir al análisis retrospectivo utilizando para ello el programa Sline 5.0, con el método pseudo-estático con una aceleración igual a la mitad del máximo encontrado del mapa de isoaceleraciones (Fuente Cismid), con un valor de 0,18 g para el análisis, así también se necesita como data el parámetro físicos ángulo de fricción en el que fueron tomados de la tabla (Manual de Ingeniería de taludes, pág., 135), ya que no se realizaron ensayos de corte directo suficientes como para utilizar, por ello la utilización de dicha tabla.

Se demuestra la relación que existe entre la cohesión obtenida a través del análisis retrospectivo y los módulo de rigideces obtenidas del ensayo geofísico para cada tipo de suelo, las cuales muestra la relación directa entre estos dos parámetros. Ver Item 4.5.2, (grafico módulo de corte (G) vs cohesión (C)), para cada tipo de suelo. La relación se ajusta a una recta, muy acorde con la ecuación lineal de Mohr – Coulomb, donde el esfuerzo cortante y la cohesión se relacionan, en este caso la rigidez que es directamente proporcional con el esfuerzo



cortante del suelo, se relaciona con la cohesión encontrada en el análisis retrospectivo.

De los tipos de suelos (I, II, III, IV y V) demostramos en la grafica: Pendiente para tipo de suelo. Figura N° 4.26, la pendiente de la recta donde podemos observar que para el suelo tipo IV, su pendiente es pronunciada el cual guarda relación directa para suelos donde el parámetros de fricción para este tipo de suelos es la que predomina y la cohesión se torna baja, o nula demostrando para suelos coluviales sueltos. Así también demostramos que para los tipos de suelos V, III y B, la pendiente es suave o baja y esto suele suceder en suelos donde la fricción son bajos y la cohesión son mayores en material de roca o suelos arcillosos. En el caso del tipo I, se observa que su pendiente es moderada ósea el parámetro de cohesión y fricción son valores medios, apreciado en suelos de gravas bien gradada con arcillas.

Al verificar la estabilidad en los cinco tipos de suelos a través del programa Sline 5.0, se muestra factores de seguridad menor a uno en condiciones pseudo-estaticas, para los taludes recomendados por el expediente.

Al verificar la estabilidad en los cinco tipos de suelos a través del programa Sline 5.0 se muestra algunos sectores con un factor de seguridad menor a uno en condiciones pseudoestaticas, para los taludes recomendados por la supervisión, y otras tiene un factor de seguridad mayor a uno como en el caso del tipo III.

El análisis de estabilidad para un óptimo talud de corte se necesita óptimos parámetros de resistencia en carretera se debe diseñar con valores que reflejen la realidad en campo y para ello al realizar el análisis retrospectivo en condiciones críticas encontraremos a la cohesión como un factor que limita las condiciones más severas de estabilidad y con su respectivo ensayo geofísico encontraremos la rigidez del suelo, todo esto ayuda a tener un modelo matemático para un tipo de suelo y como sabemos estas tienen varias rigideces o en pocas palabras su cementación o cohesión natural hace que el material

de su estabilidad y al realizar ensayos MASW encontraremos la rigidez para un tipo de suelo y con el modelo matemático encontraremos la cohesión natural insitu.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Recomendamos para taludes de corte a media ladera en carretera zonificar todo el tramo de acuerdo al tipo de suelo, hallar en cada tipo de suelo los parámetros físicos de fricción y densidad.

Realizar un análisis retrospectivo a un tipo de suelo en condición mas critica de estabilidad con altura máxima y pendiente máxima, donde este material en el estado natural soporta la estabilidad dada en un análisis seudo-estatico que corresponde a un sismo de diseño para la zona.

Realizar ensayos MASW en todas las zonas para un tipo de suelo, y así encontrar la rigidez.

Realizar un modelo matemático que corresponda a una gráfica lineal para determinar el parámetro de cohesión a través de la rigidez para un tipo de suelo, para ello el realizar como mínimo tres pruebas en tres condiciones críticas para la obtención de la cohesión con el análisis retrospectivo y al tener ensayos geofísicos en dichos puntos construimos dicha grafica. Este modelo matemático ayuda a encontrar de manera rápida la cohesión optimizando dicho parámetro.

## BIBLIOGRAFÍA

- A. Muñoz Martín y A. Carbó Gorosabel (2006), “Resultados y experiencias de aplicación del método de Refracción por Microtremor (Sísmica Pasiva) para la investigación geofísica de las nuevas líneas de metro en Madrid (España)”. *Geogaceta*, 40, 51-54.
- CONSORCIO VÍAL, KISHUARA, “Estudio Definitivo para la Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay. Tramo Dv. Kishuara-Puente Sahuindo” MTC-Provias Nacional, Enero 201, Lima, Perú.
- GEOMETRICS (2005), “SeisImager / SW Surface Wave Analysis Software”. GEOMETRICS, USA, California.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN (2009), “Boletín Estudiantil”. Universidad Nacional de Ingeniería, Numero 01. Lima, Perú.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEO MINERO DE ESPAÑA (1985-1986), “MANUAL DE INGENIERIA DE TALUDES”, España.
- LUIS I.GONZALES DE VALLEJO “Ingeniería Geológica”. Pearson Educación S.A”. Madrid 2002.
- MTC (2001), “Manual de Carreteras - Suelos – Geología - Geotecnia y Pavimentos”. Perú.
- PARRA MURRUGARRA, DENYS, “Comparación de curvas del módulo de corte con resultados triaxiales cíclicos y análisis de respuesta sísmica”. Curso Dinámica de Suelos. UNI – Facultad de Ingeniería Civil., Lima, Perú.
- PIMENTEL GUERRA, CAROLINA (2010), “Estudio de ondas de corte superficiales a lo largo de la transecta de Guarenas-Guatire”. Informe de pasantía, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela
- PINILLA RAMOS, CAMILO IGNACIO (2012), “correlación entre el perfil de velocidad de propagación de ondas de corte y el espectro de respuesta en

suelos”. Resumen de la memoria para optar al título, Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago, Chile.

- SALVADO LAZCANO DIAZ DEL CASTILLO, “Caracterización de suelos arenosos mediante análisis de ondas superficiales”. Curso de maestro en ciencias, México, Septiembre, 2007.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ROSARIO (2003), “Estabilidad de Taludes”. Curso de estabilidad de taludes FIC-UNI. Lima, Perú, 2003.

## ANEXOS

### ANEXO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

### A. Análisis de estabilidad (TIPO I)

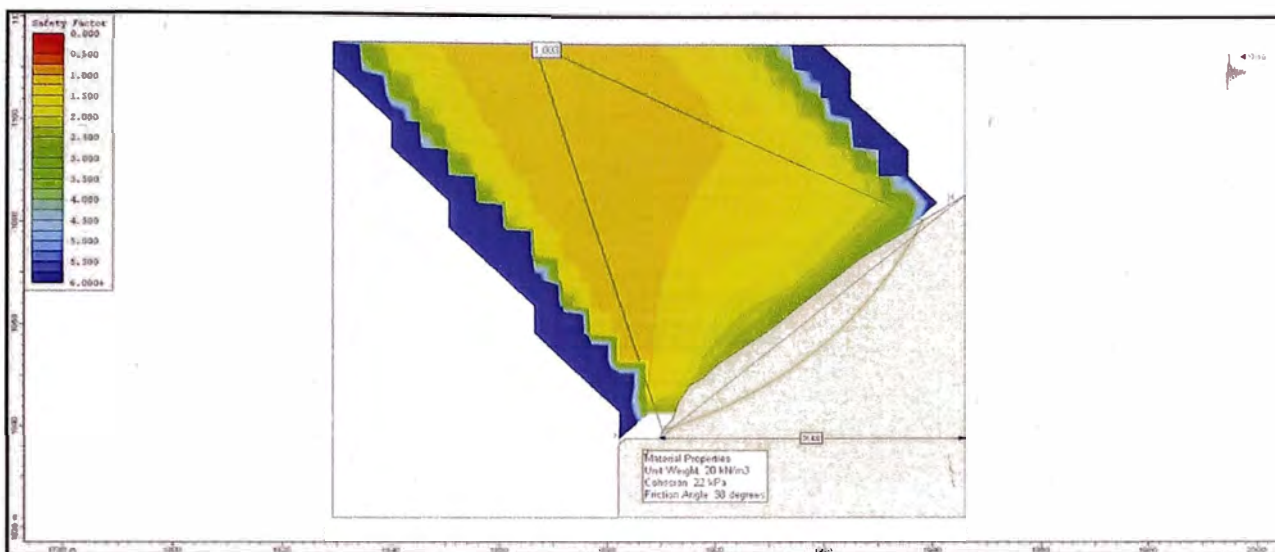


Figura A.1: Análisis de estabilidad – Back Análisis

(362 + 120 – 362+230)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

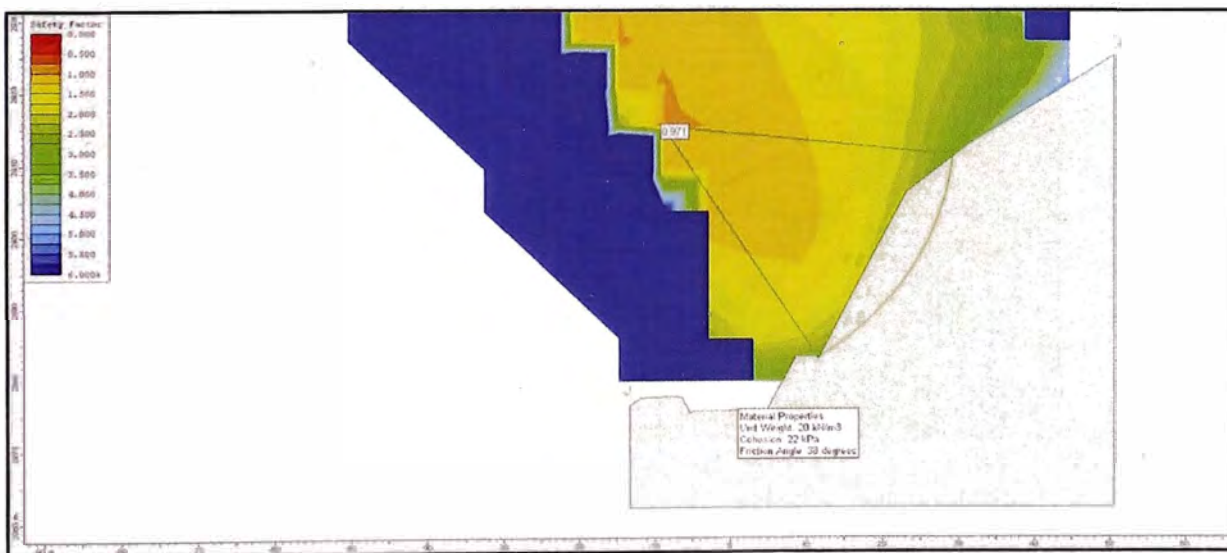


Figura A.2: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático

(362 + 120 – 362+230)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

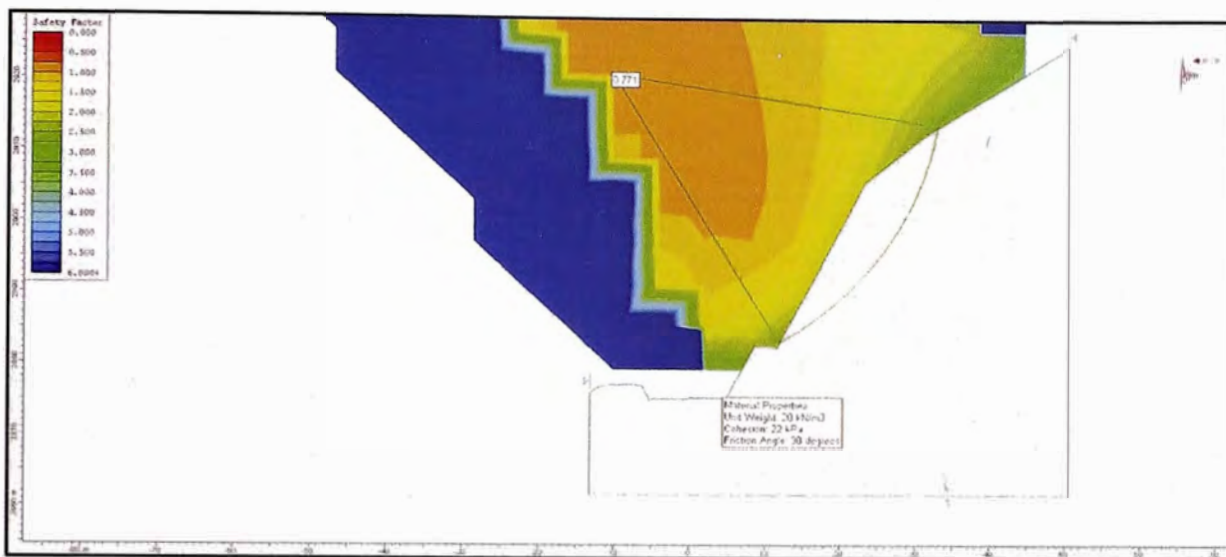


Figura A.3: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático  
(362 + 120 – 362+230)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

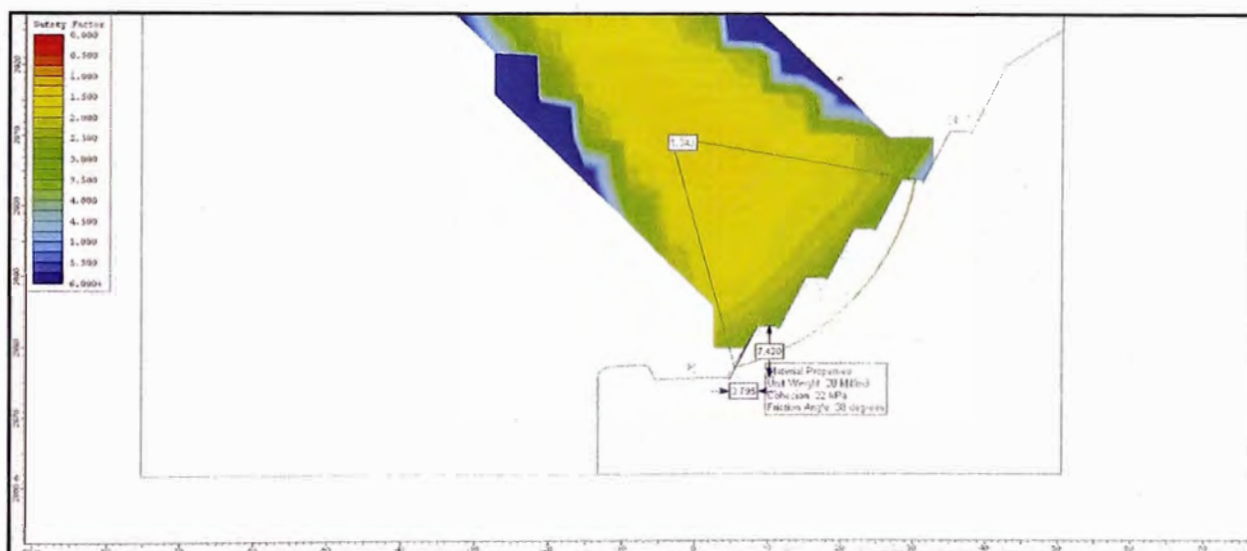


Figura A.4: Análisis de estabilidad – Replanteo-Estático  
(362 + 120 – 362+230)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".



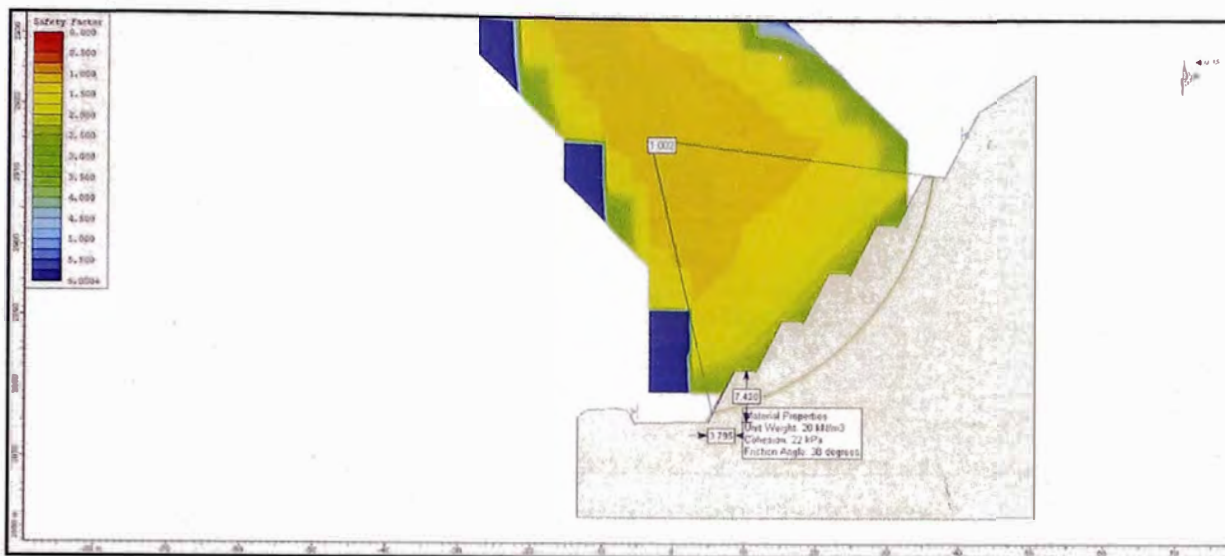


Figura A.5: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-stático

(362 + 120 – 362+230)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

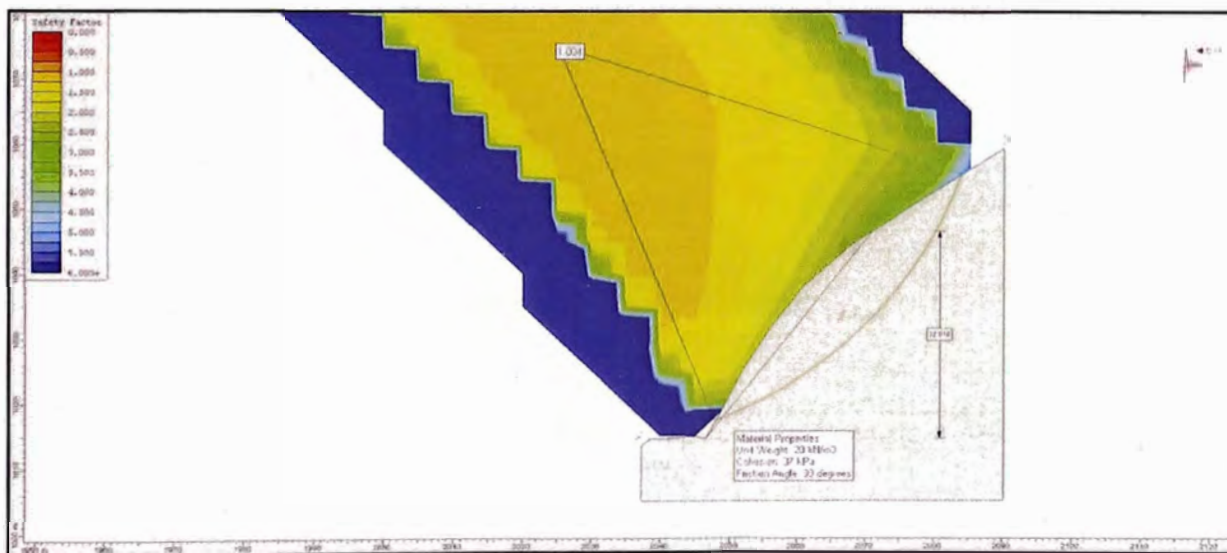


Figura A.6: Análisis de estabilidad – Back Análisis

(370+960 – 370+980)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".



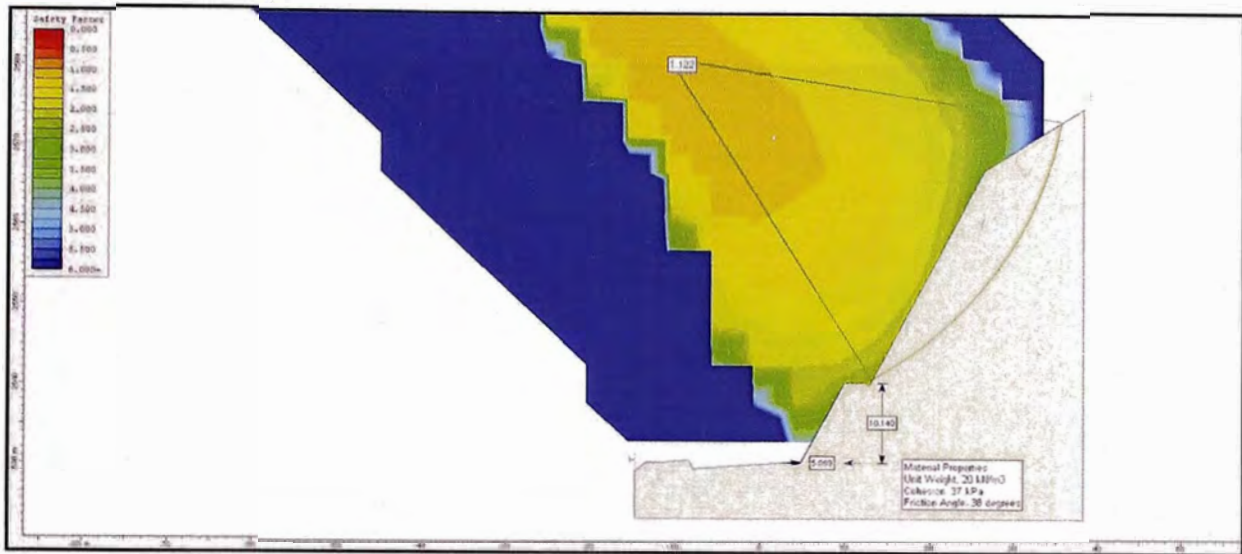


Figura A.7: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático

(370+960 – 370+980)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

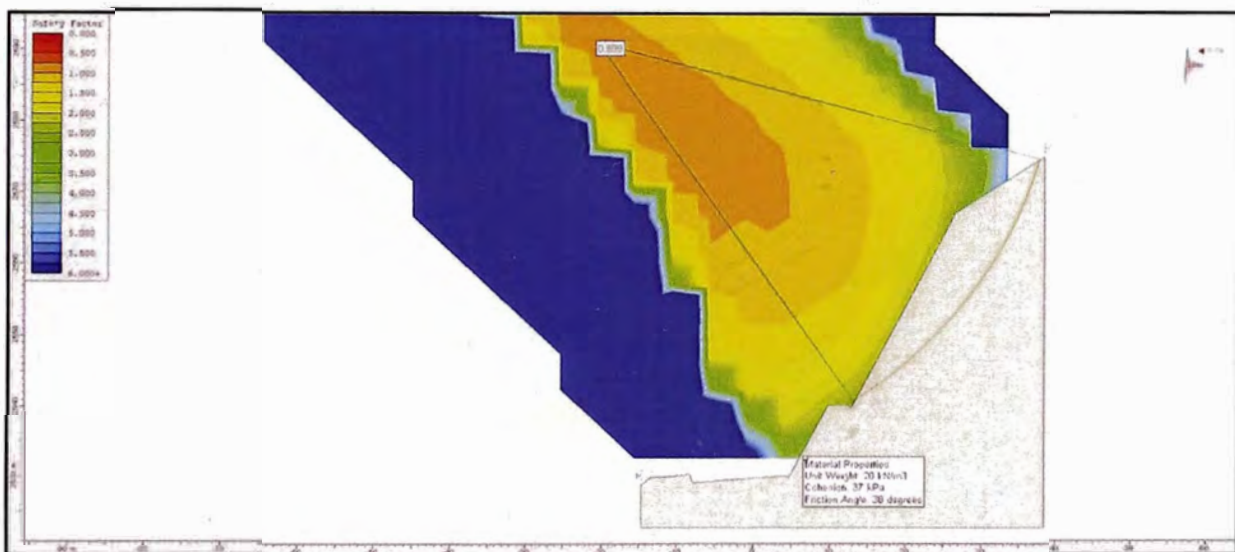


Figura A.8: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático

(370+960 – 370+980)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

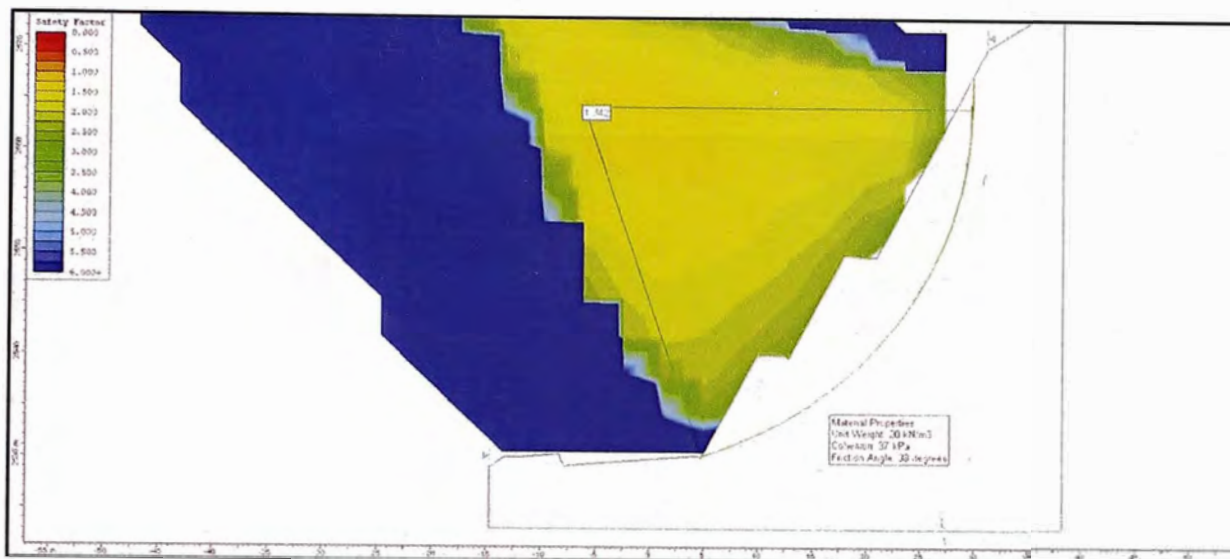


Figura A.9: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático  
(370+960 – 370+980)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

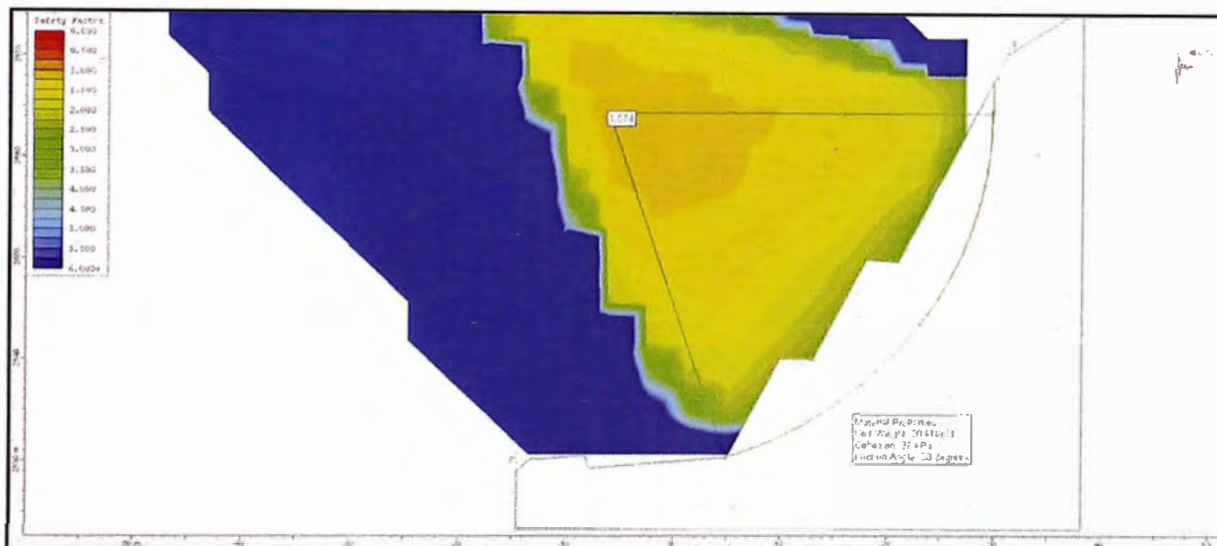


Figura A.10: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático  
(370+960 – 370+980)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

## B. Análisis de estabilidad (TIPO II)

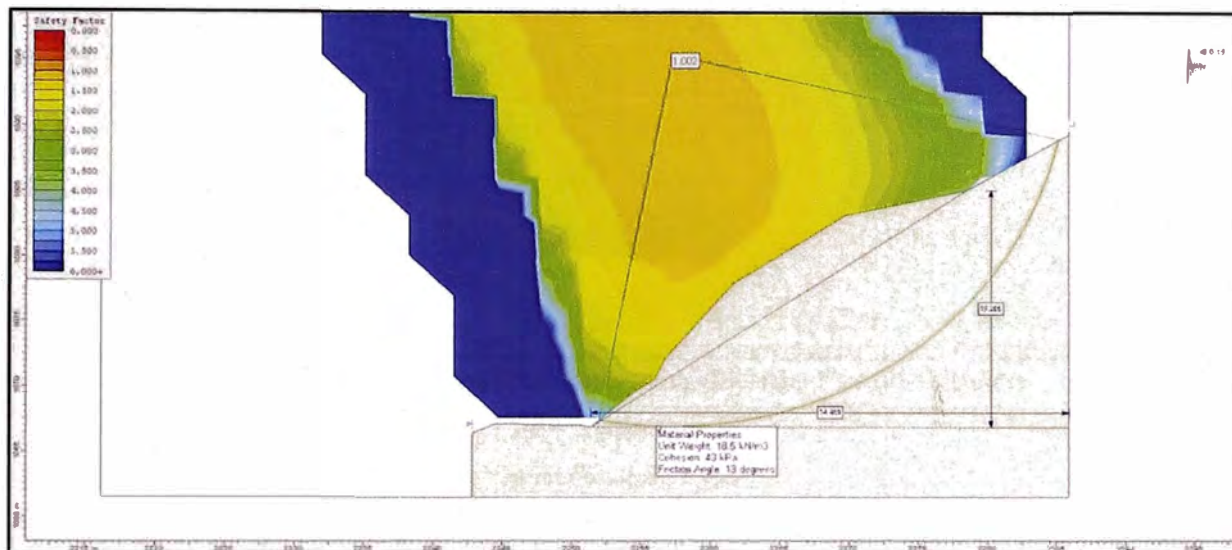


Figura B.1: Análisis de estabilidad – Back Análisis

(365+520 – 365+550)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

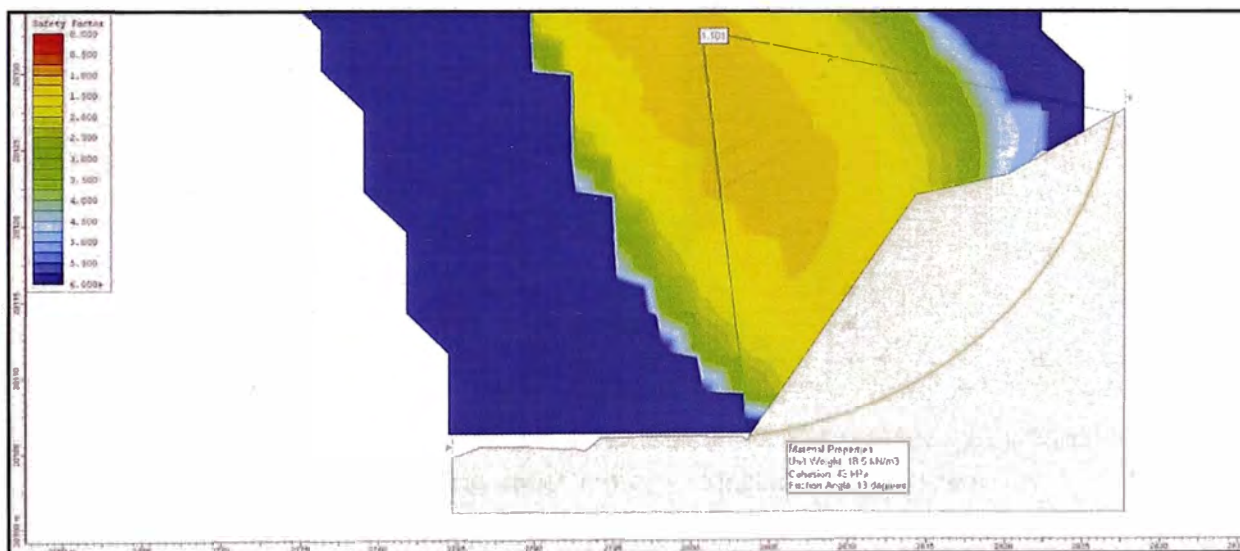


Figura B.2: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático

(365+520 – 365+550)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

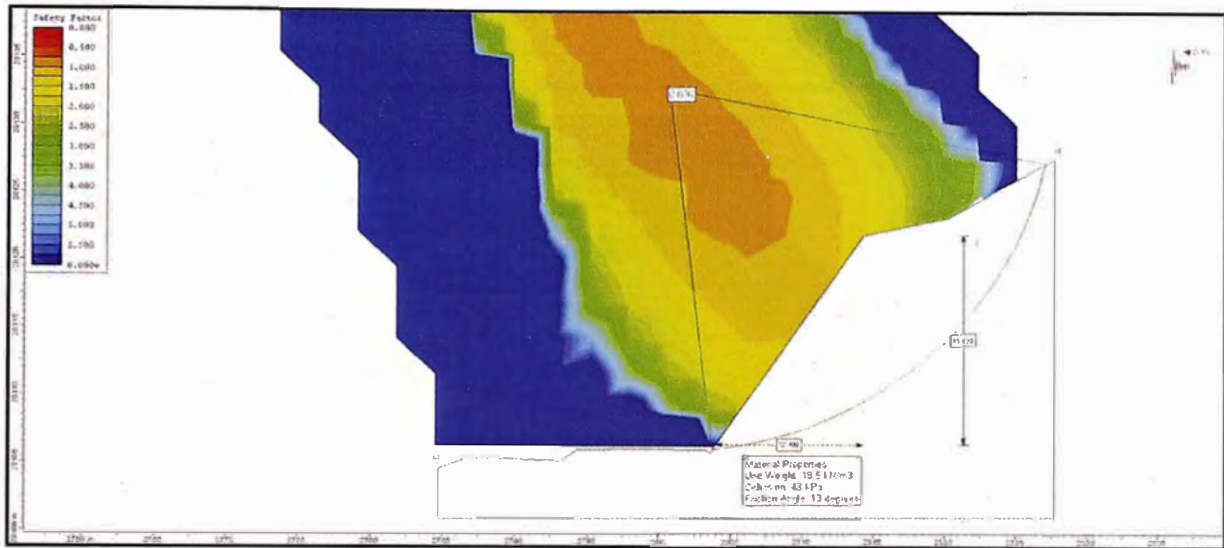


Figura B.3: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático  
(365+520 – 365+550)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

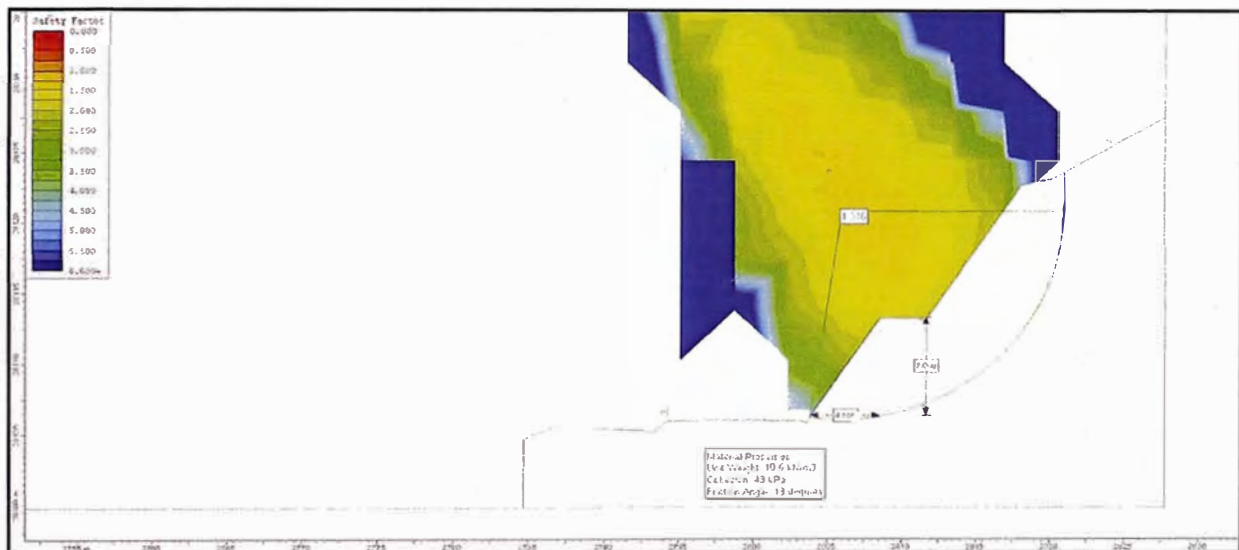


Figura B.4: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático  
(365+520 – 365+550)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".



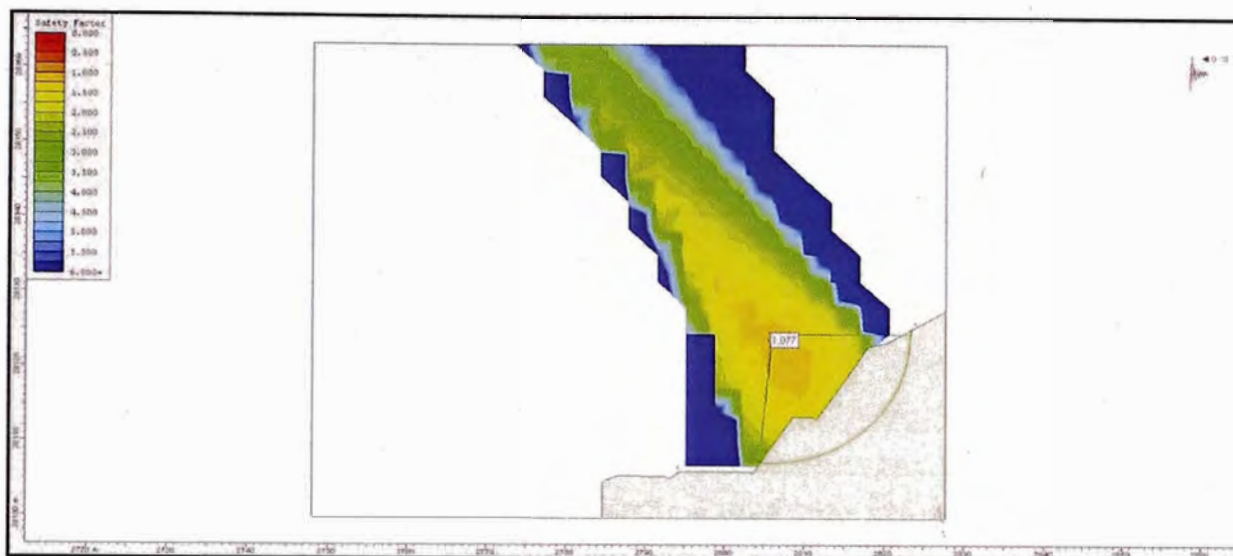


Figura B.5: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-estático  
(365+520 – 365+550)  
Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

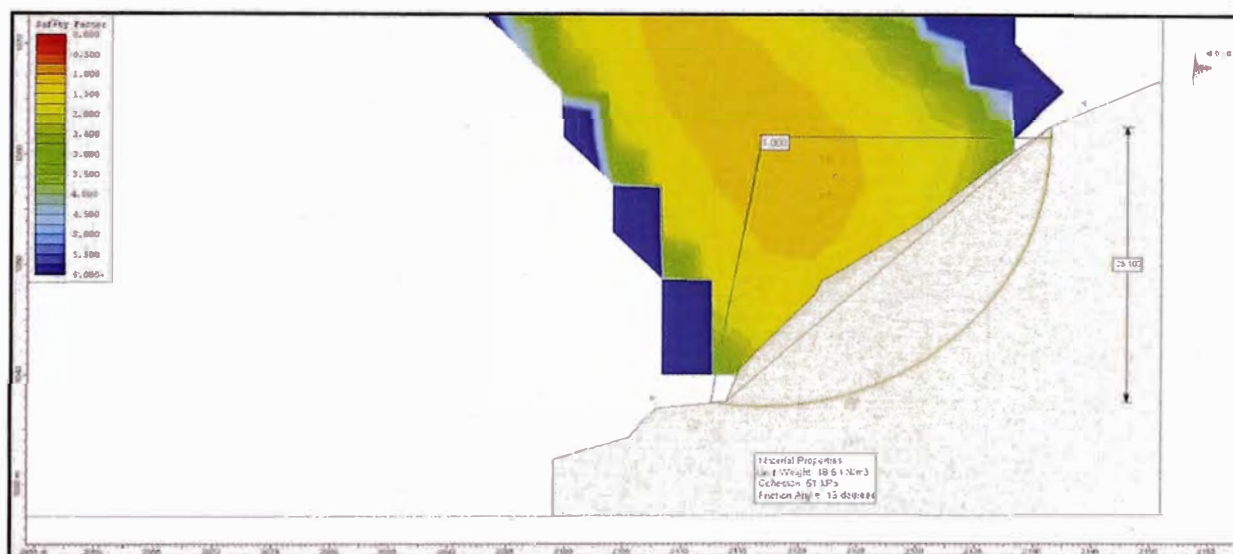


Figura B.6: Análisis de estabilidad – Back Análisis  
(366+760 – 366+880)  
Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

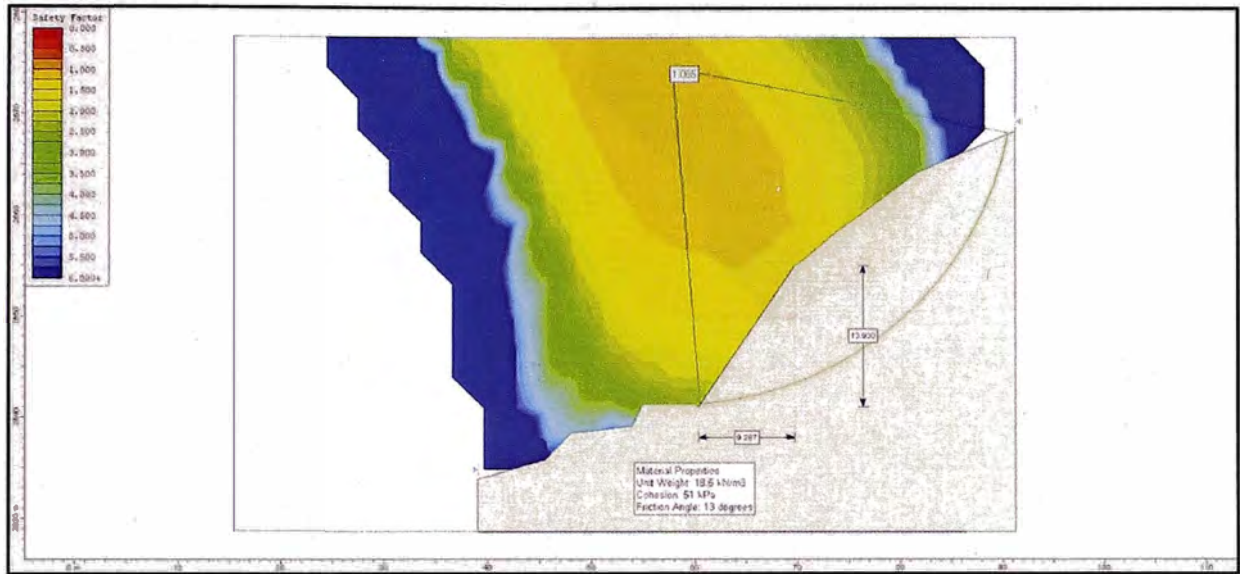


Figura B.7: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático

(366+760 – 366+880)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

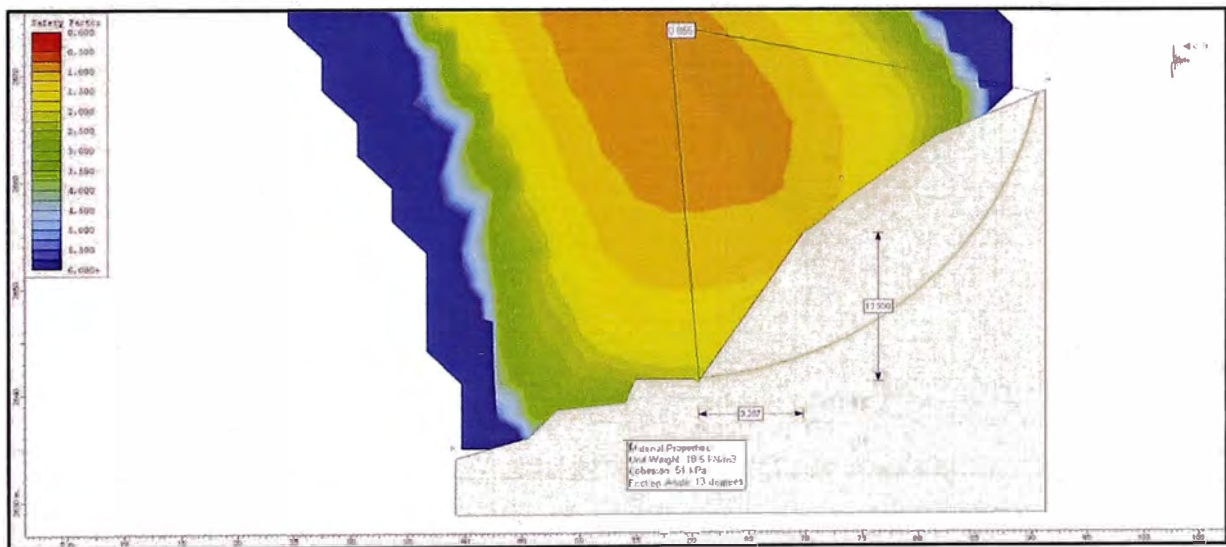


Figura B.8: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático

(366+760 – 366+880)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

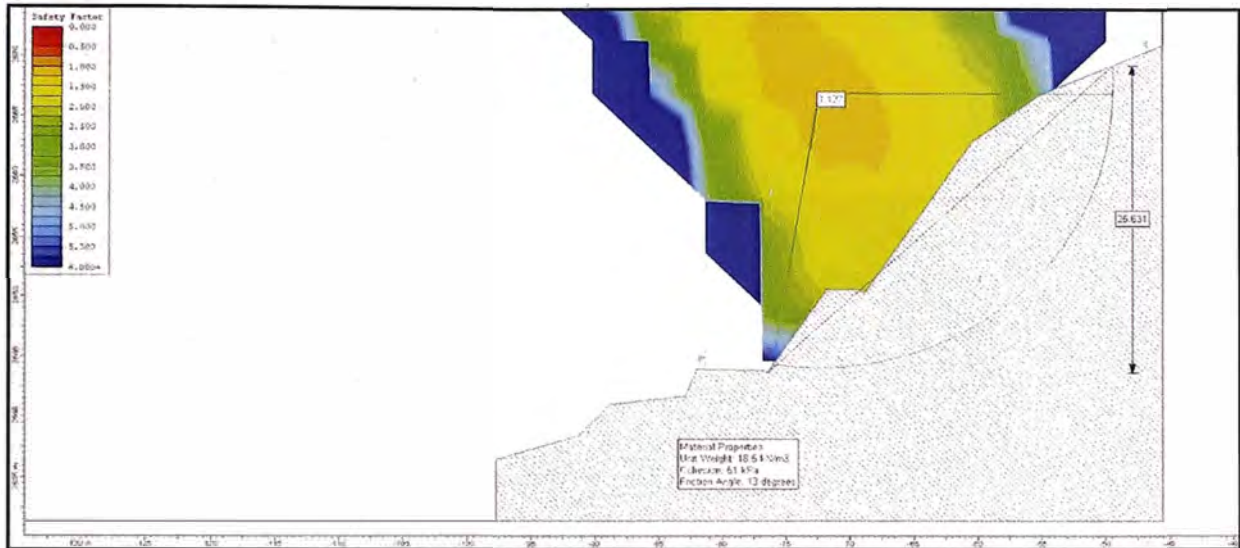


Figura B.9: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático

(366+760 – 366+880)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

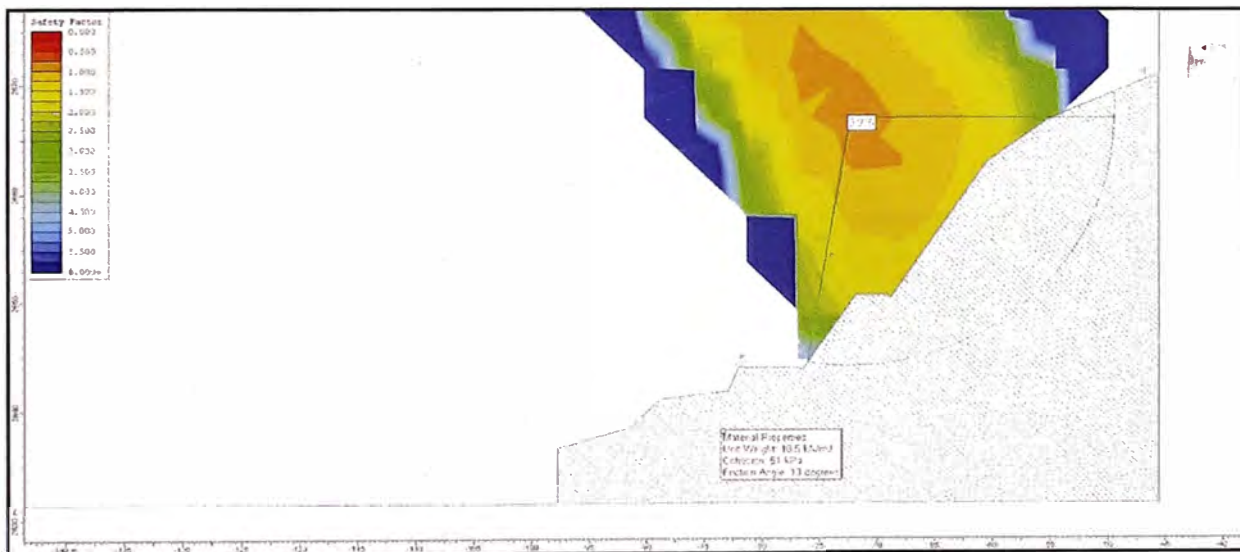


Figura B.10: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-estático

(366+760 – 366+880)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".



### C. Análisis de estabilidad (TIPO III)

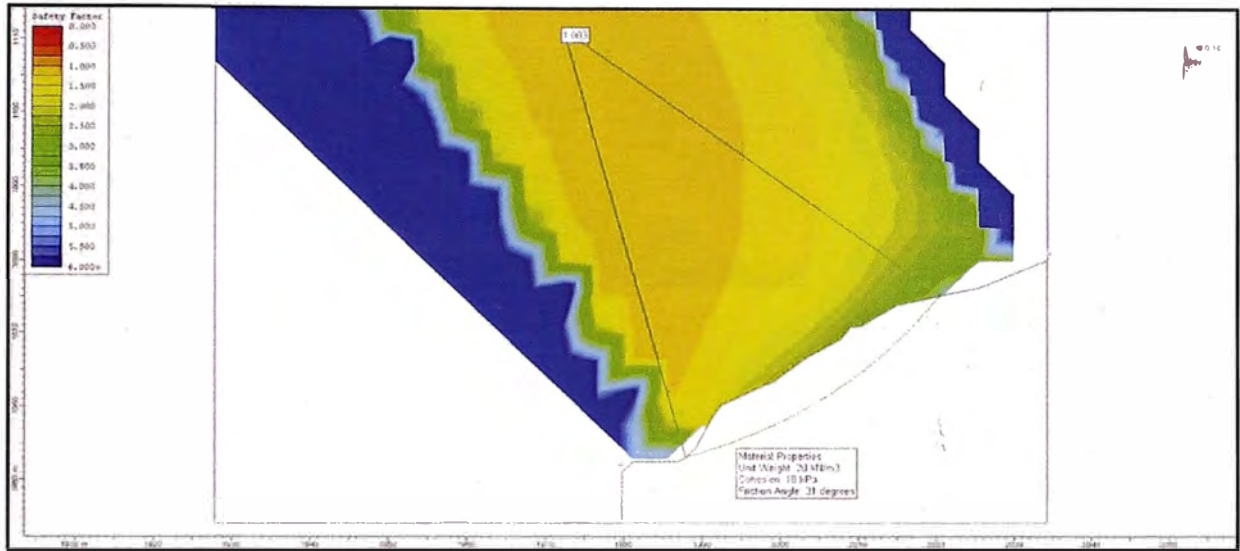


Figura C.1: Análisis de estabilidad – Back Análisis

(362+570 – 362+600)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

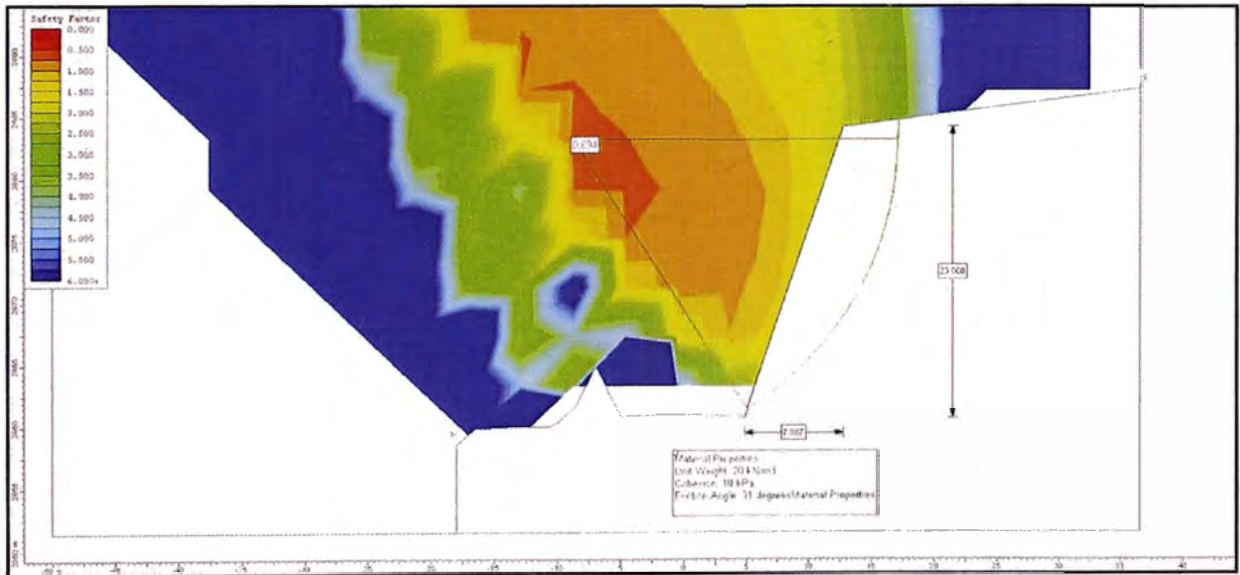


Figura C.2: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático

(362+570 – 362+600)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".



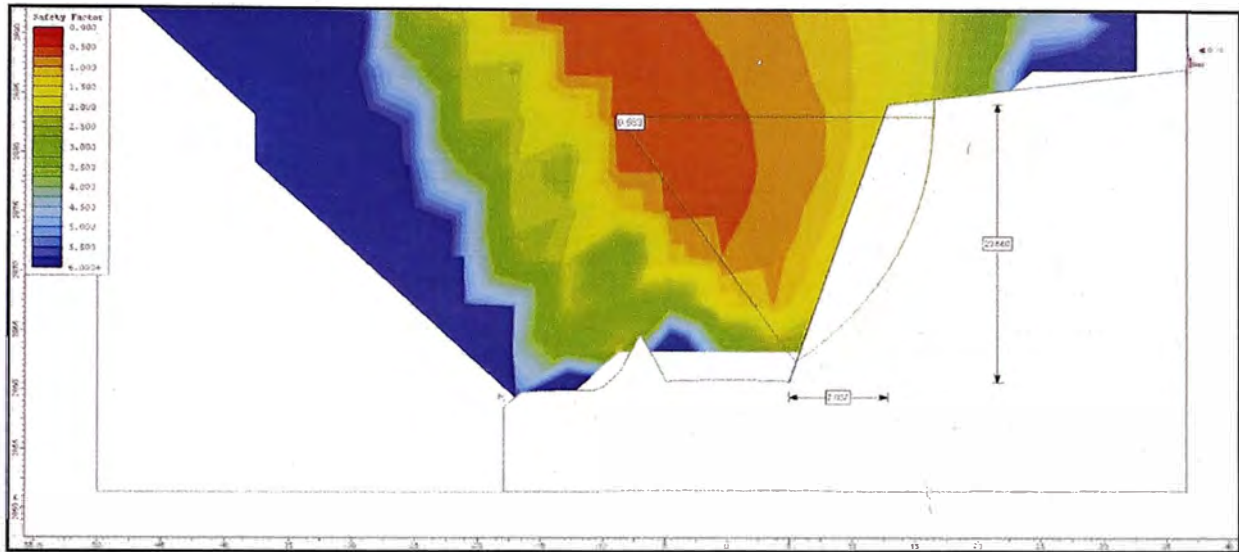


Figura C.3: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático

(362+570 – 362+600)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

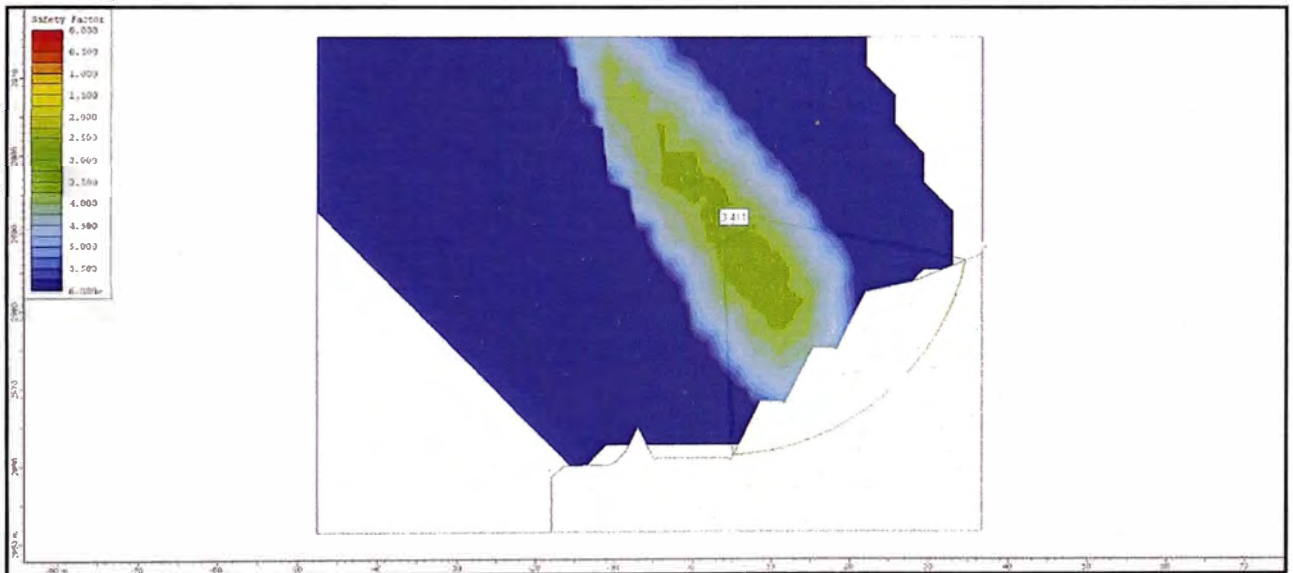


Figura C.4: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático

(362+570 – 362+600)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

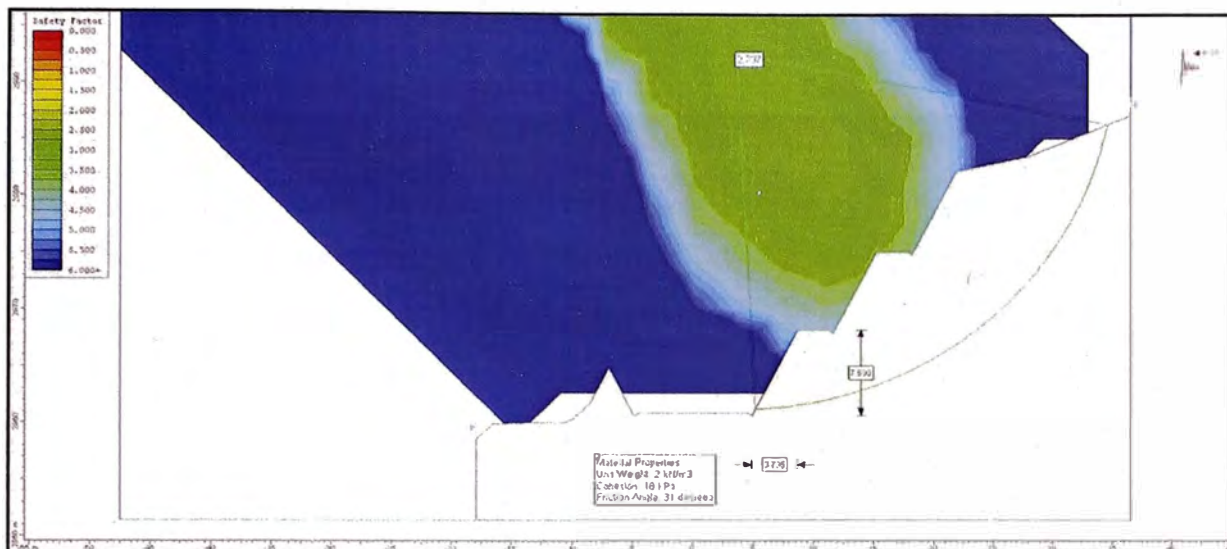


Figura C.5: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-stático  
(362+570 – 362+600)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

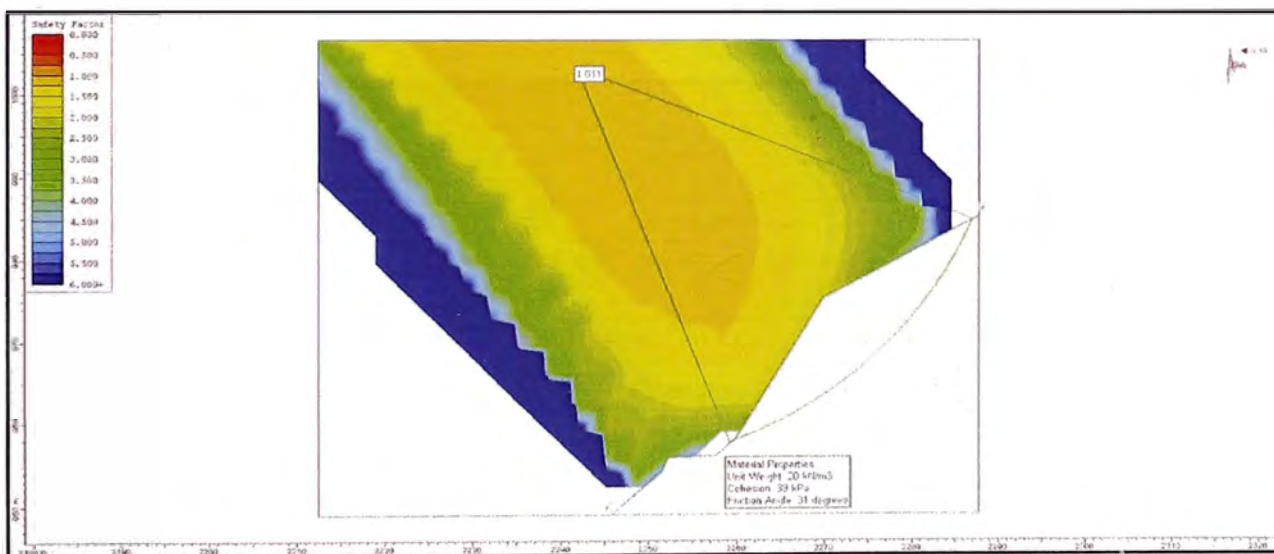


Figura C.6: Análisis de estabilidad – Back Análisis  
(372+840 – 372+910)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

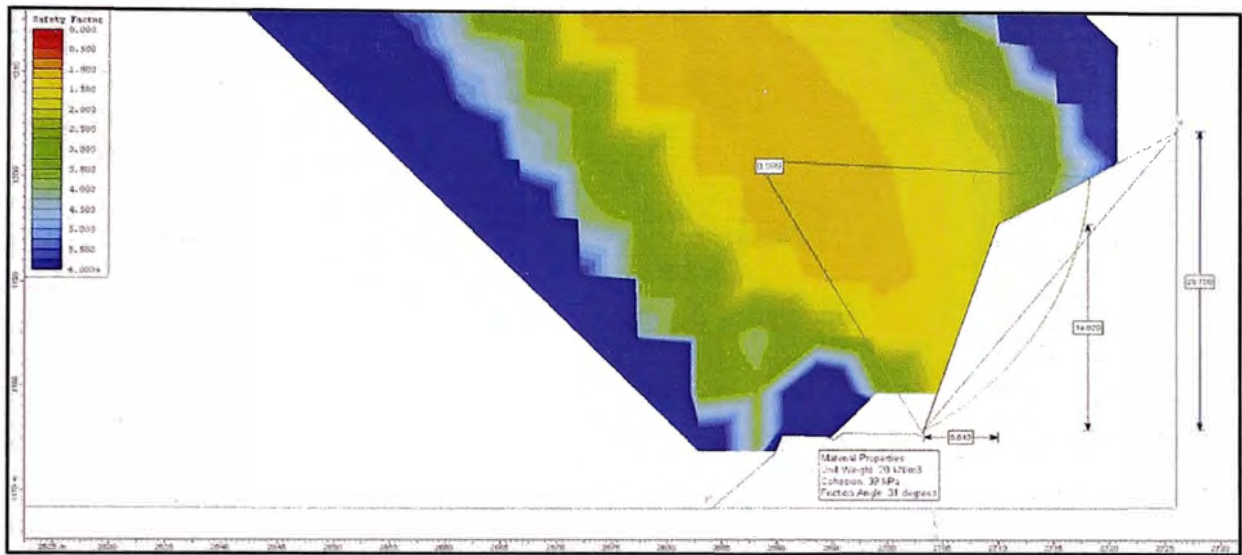


Figura C.7: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático  
(372+840 – 372+910)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

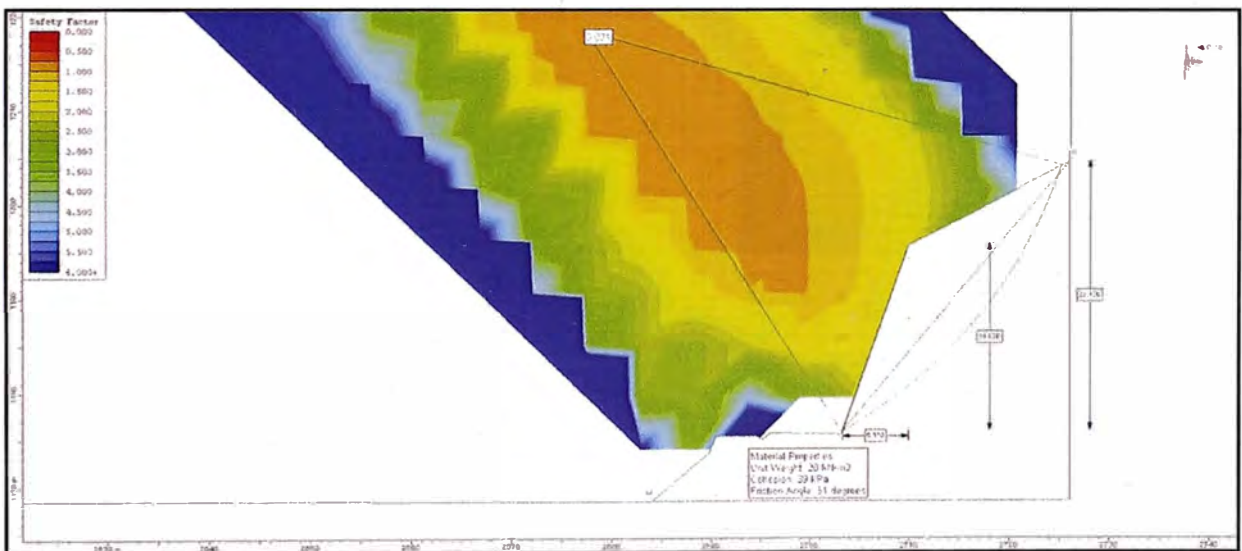


Figura C.8: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático  
(372+840 – 372+910)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

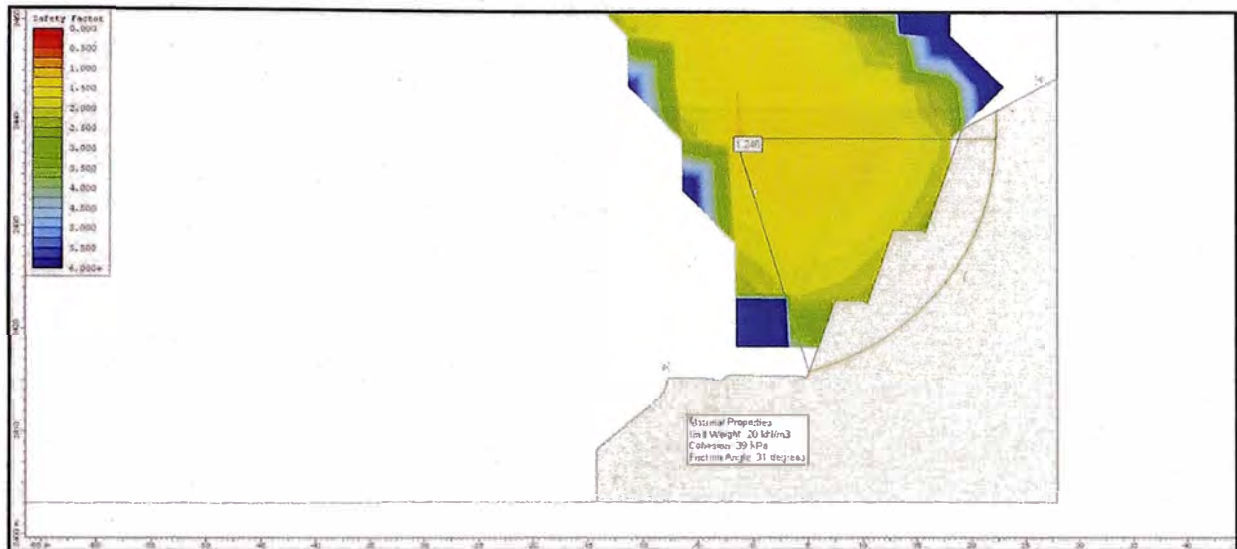


Figura C.9: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático  
(372+840 – 372+910)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

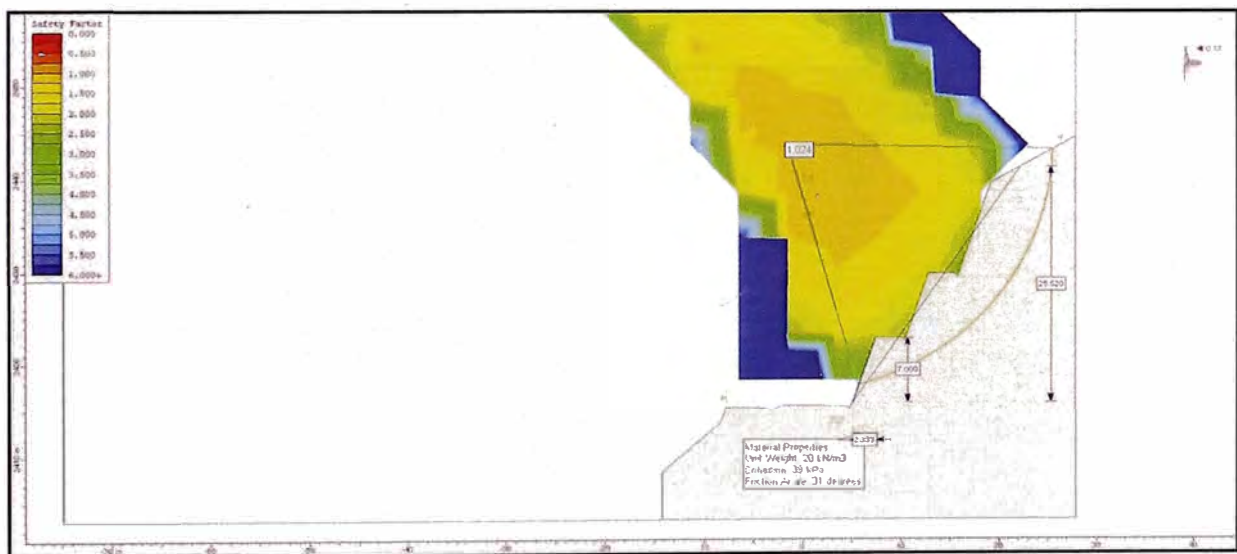


Figura C.10: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-estático  
(372+840 – 372+910)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".



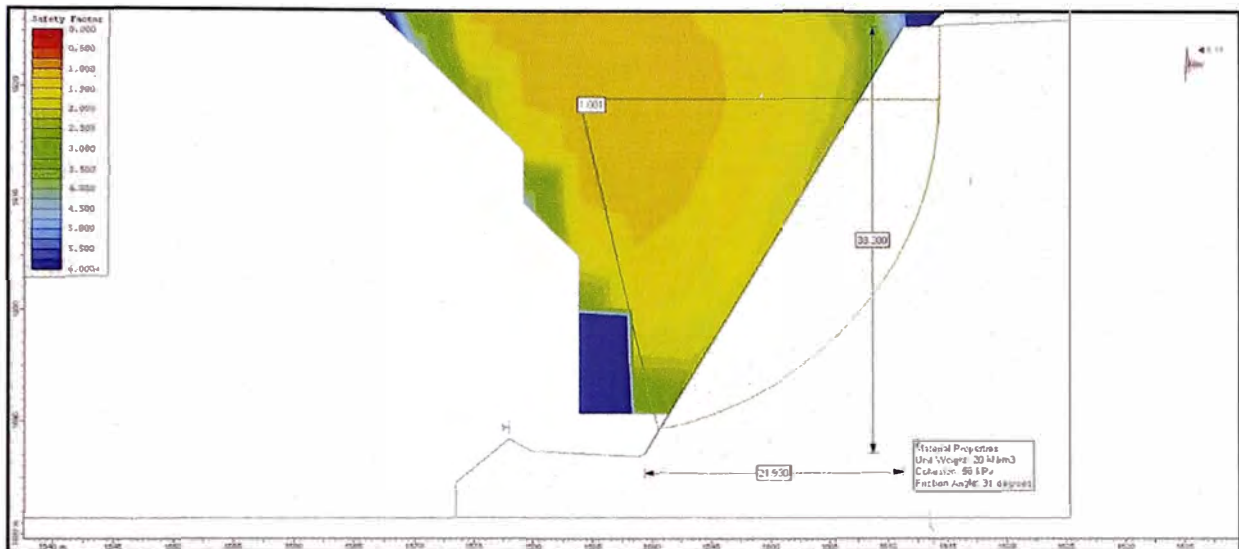


Figura C.11: Análisis de estabilidad – Back Análisis  
(375+440 – 375+600)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".



Figura C.12: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático  
(375+440 – 375+600)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

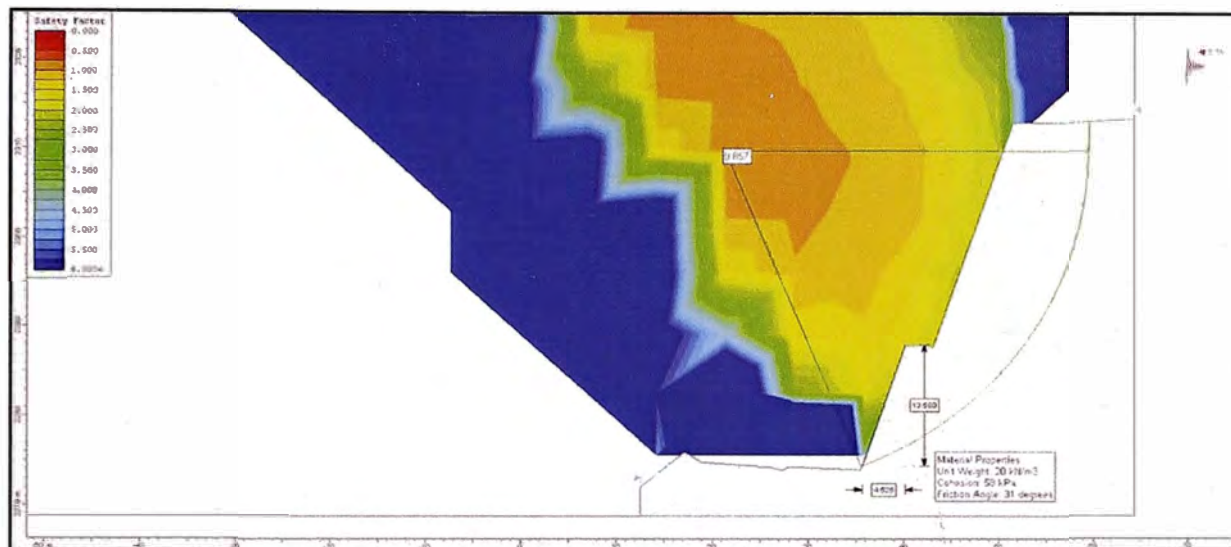


Figura C.13 : Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático  
(375+440 – 375+600)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

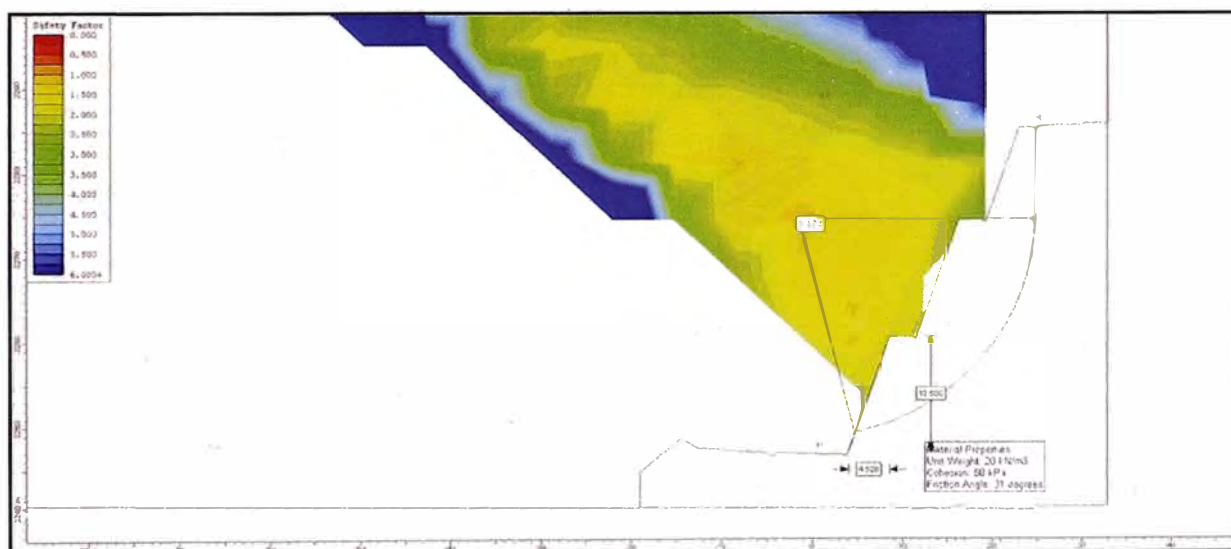


Figura C.14: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático  
(375+440 – 375+600)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

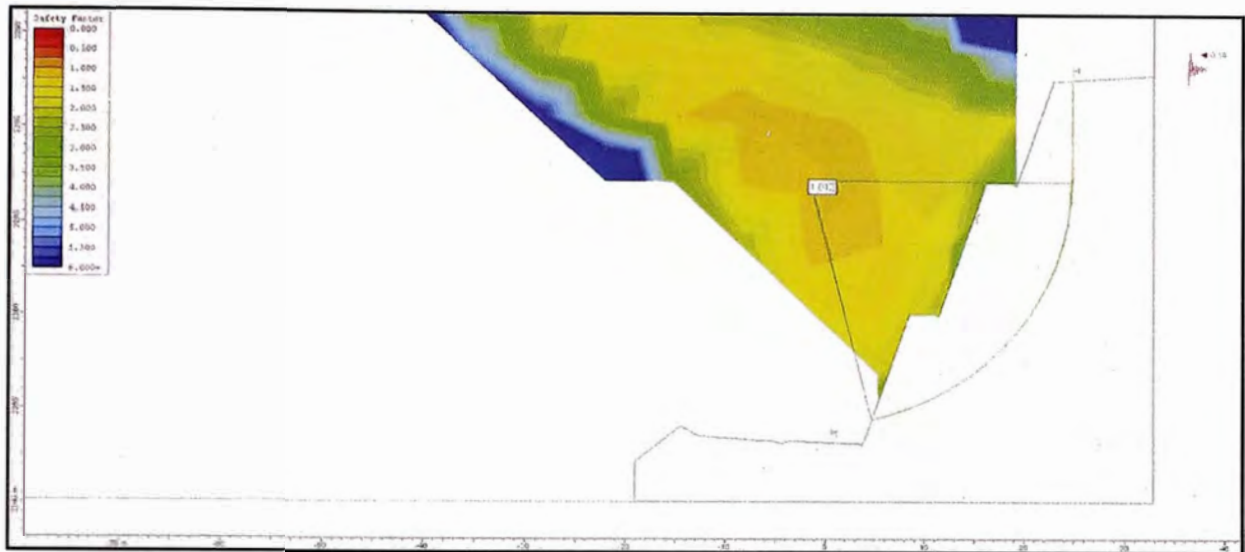


Figura C.15: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-estático  
(375+440 – 375+600)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

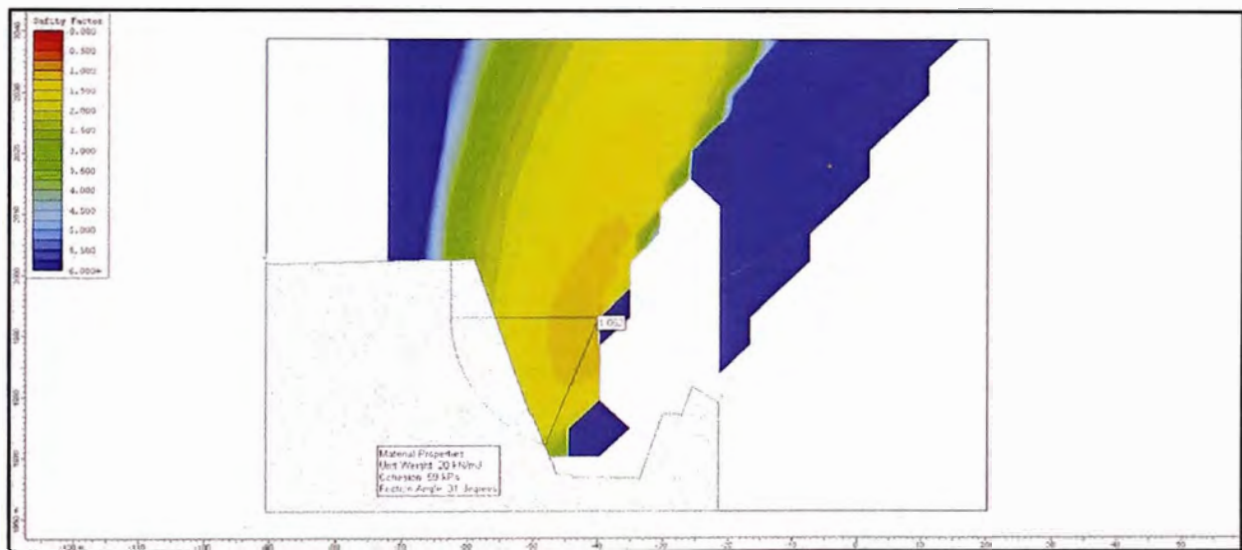


Figura C.16: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático  
(380+180 – 380+250)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

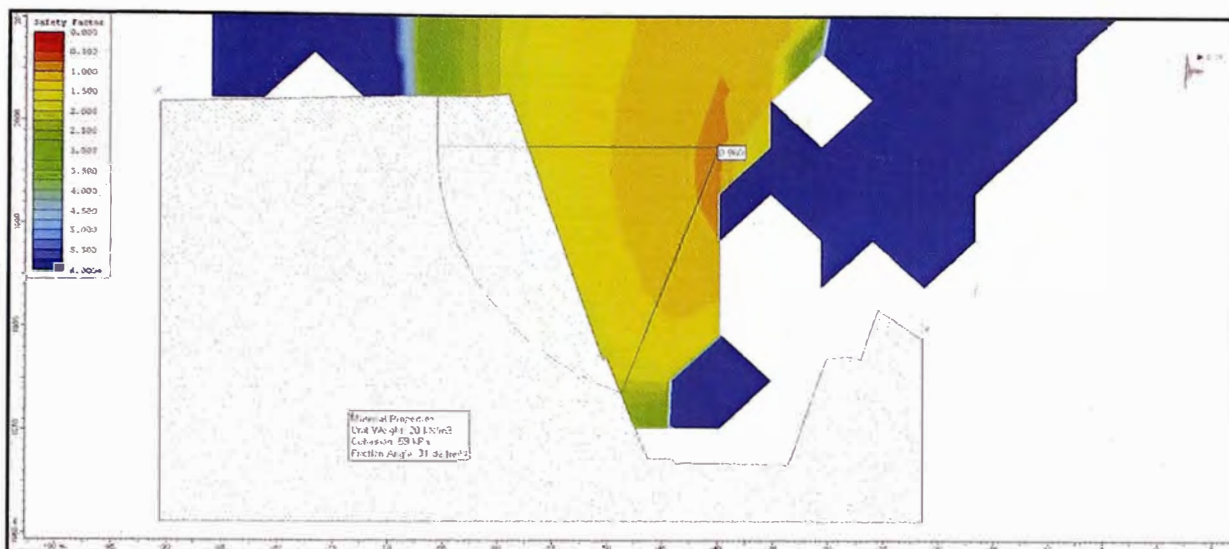


Figura C.17: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático

(380+180 – 380+250)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

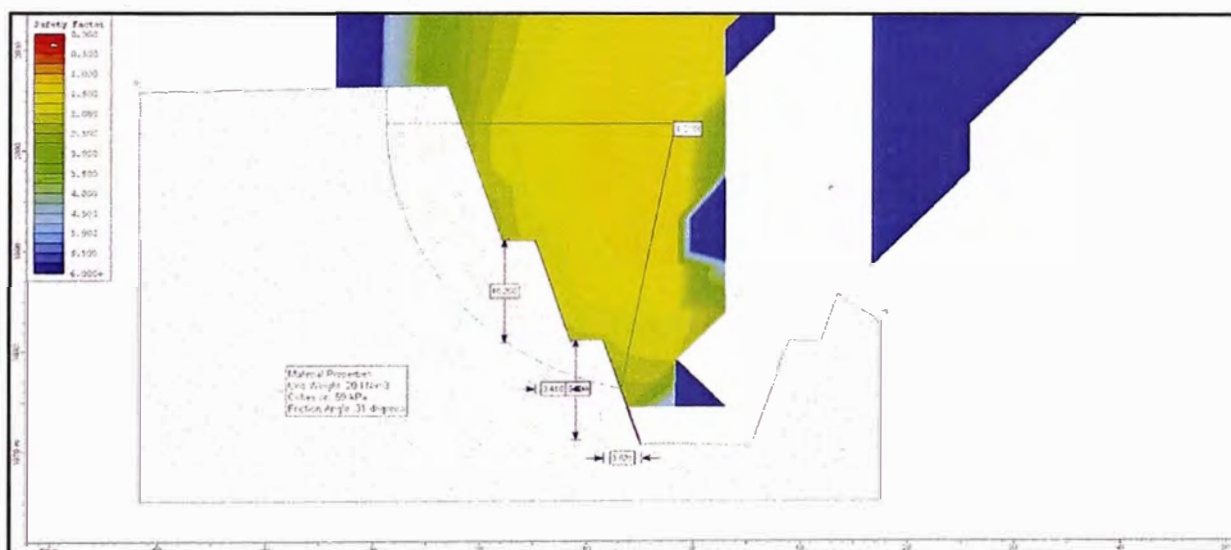


Figura C.18: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático

(380+180 – 380+250)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".



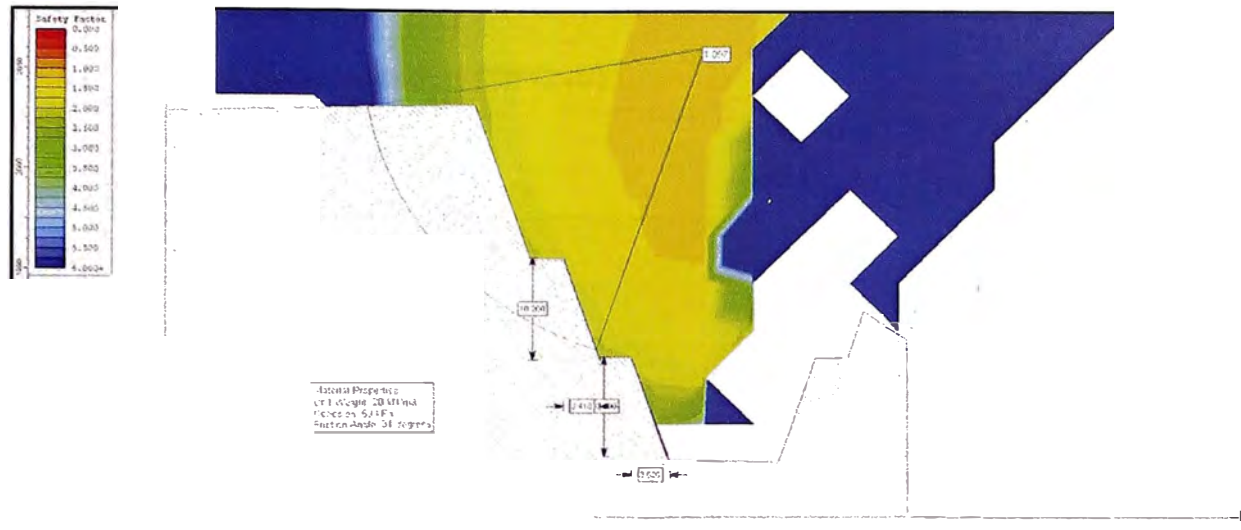


Figura C.19: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-stático  
(380+180 – 380+250)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

### D. Análisis de estabilidad (TIPO IV)

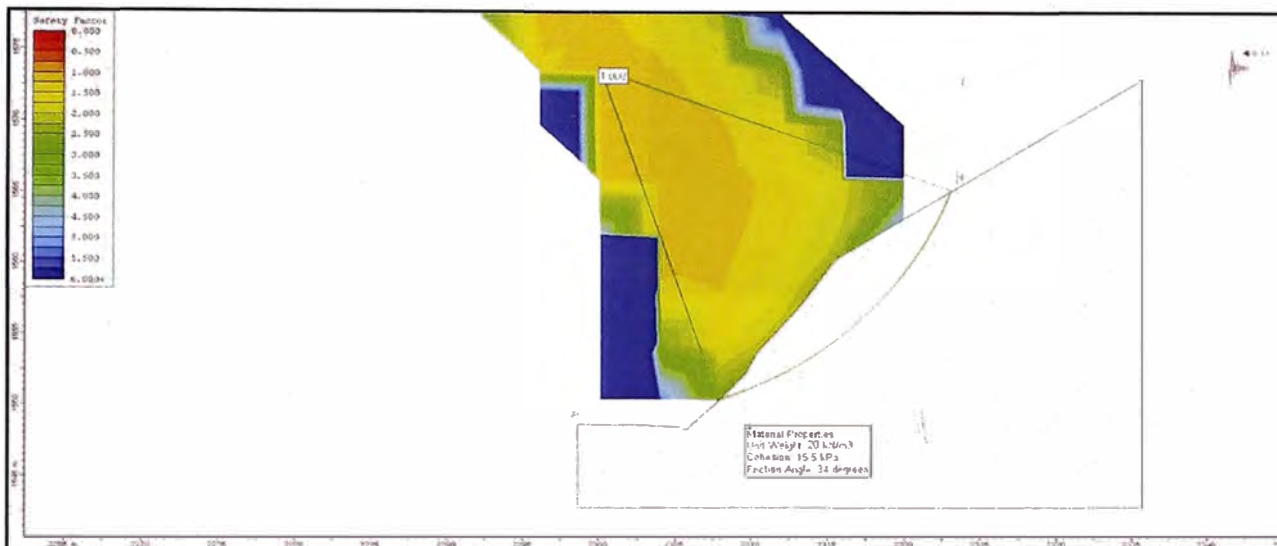


Figura D.1: Análisis de estabilidad – Back Análisis

(381+760 – 381+780)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

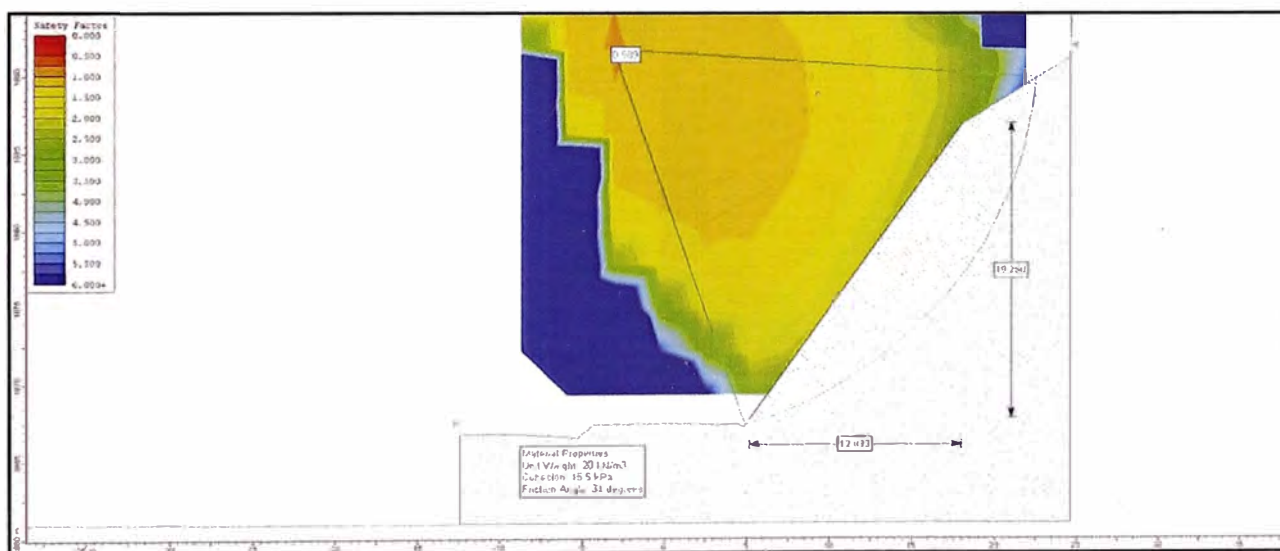


Figura D.2: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático

(381+760 – 381+780)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

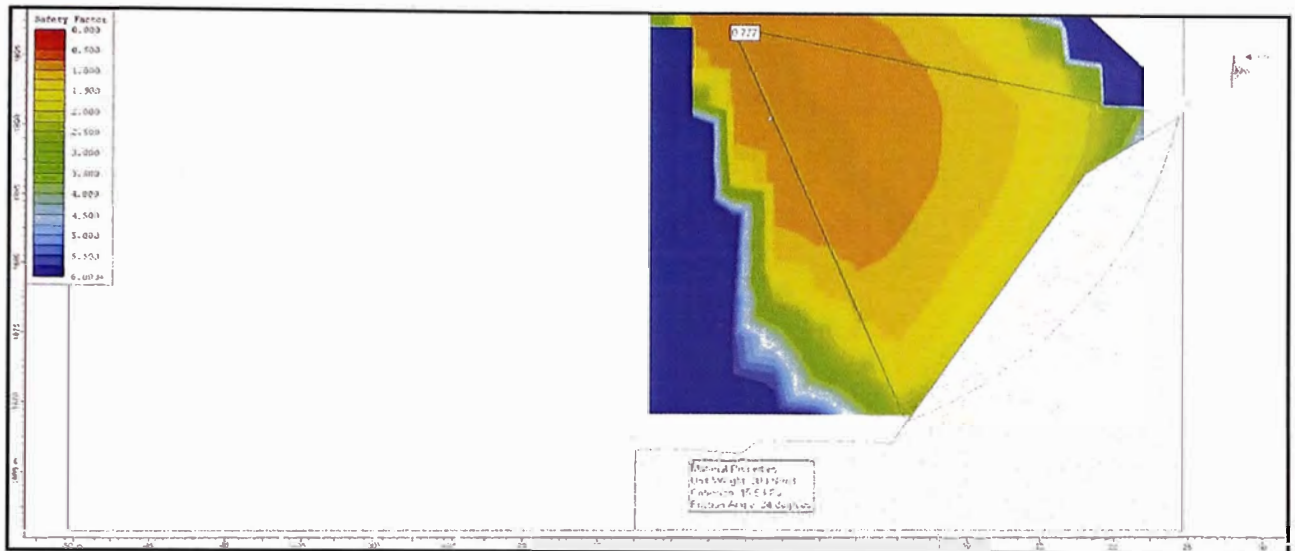


Figura D.3: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-stático  
(381+760 – 381+780)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

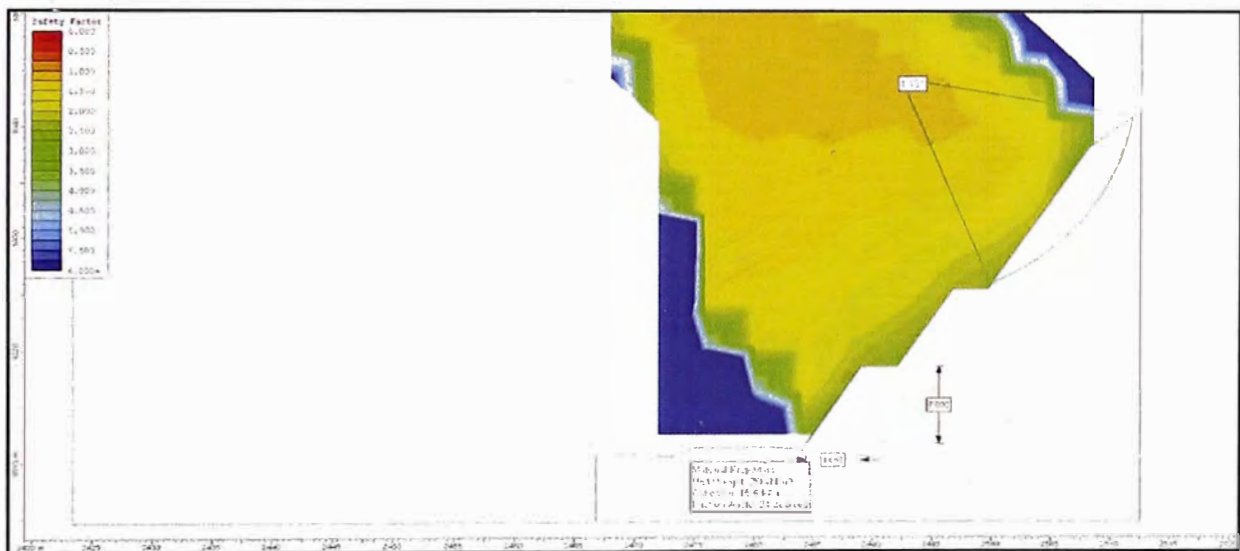


Figura D.4: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático  
(381+760 – 381+780)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

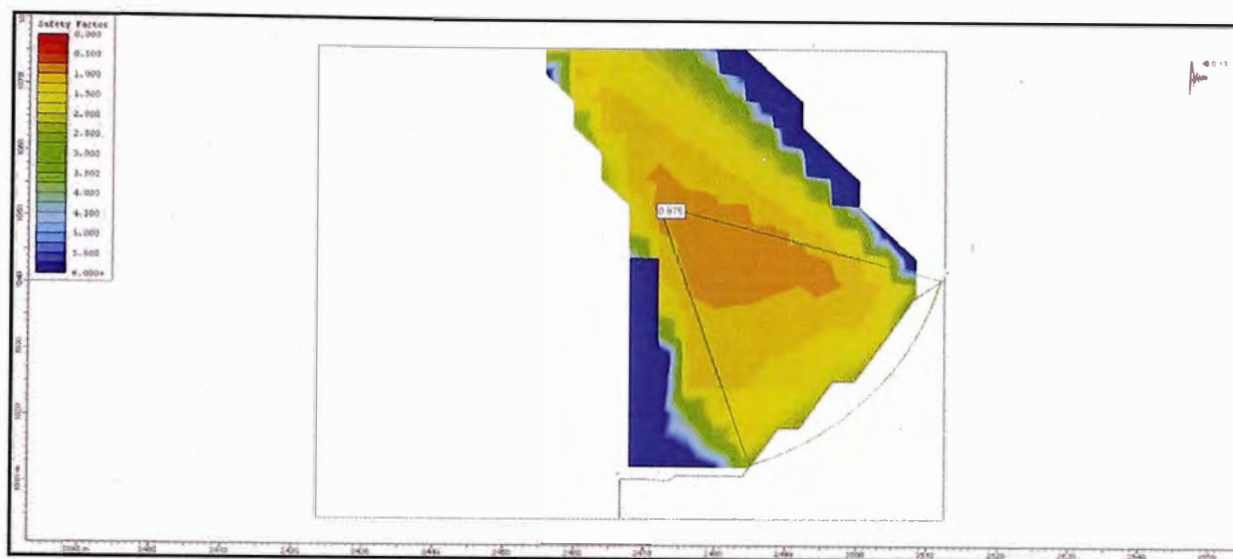


Figura D.5: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-stático  
(381+760 – 381+780)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

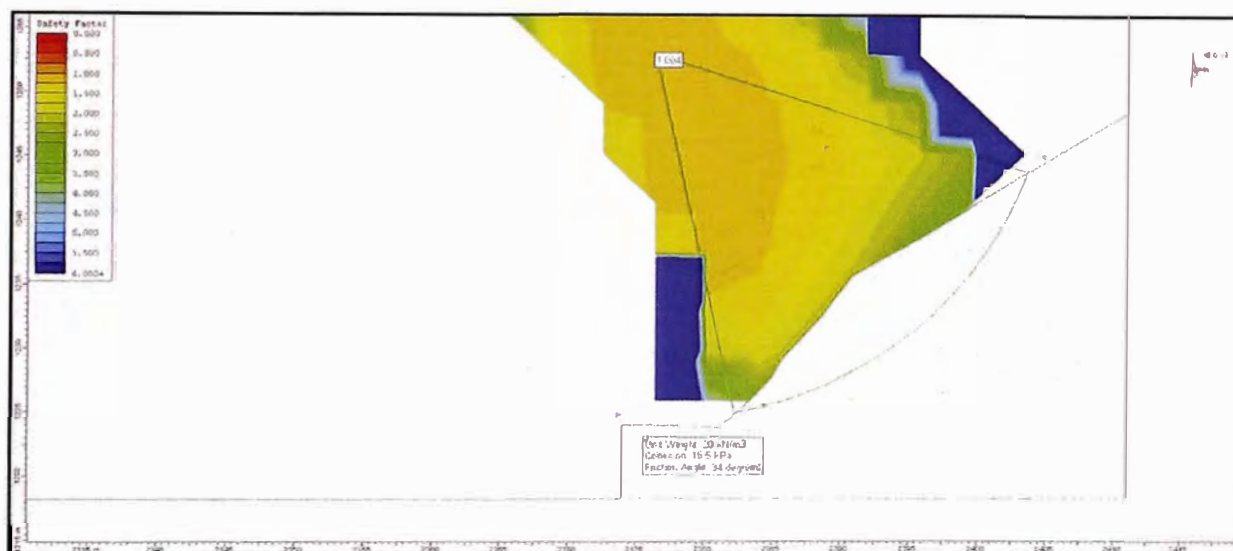


Figura D.6: Análisis de estabilidad – Back Análisis  
(381+780 – 382+080)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

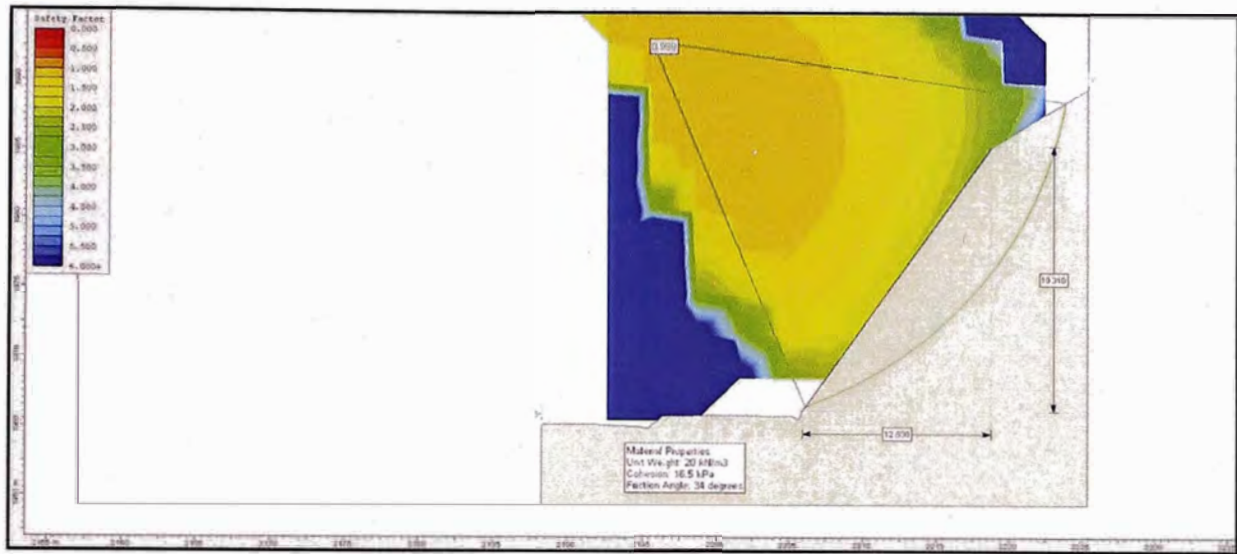


Figura D.7: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático

(381+780 – 382+080)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

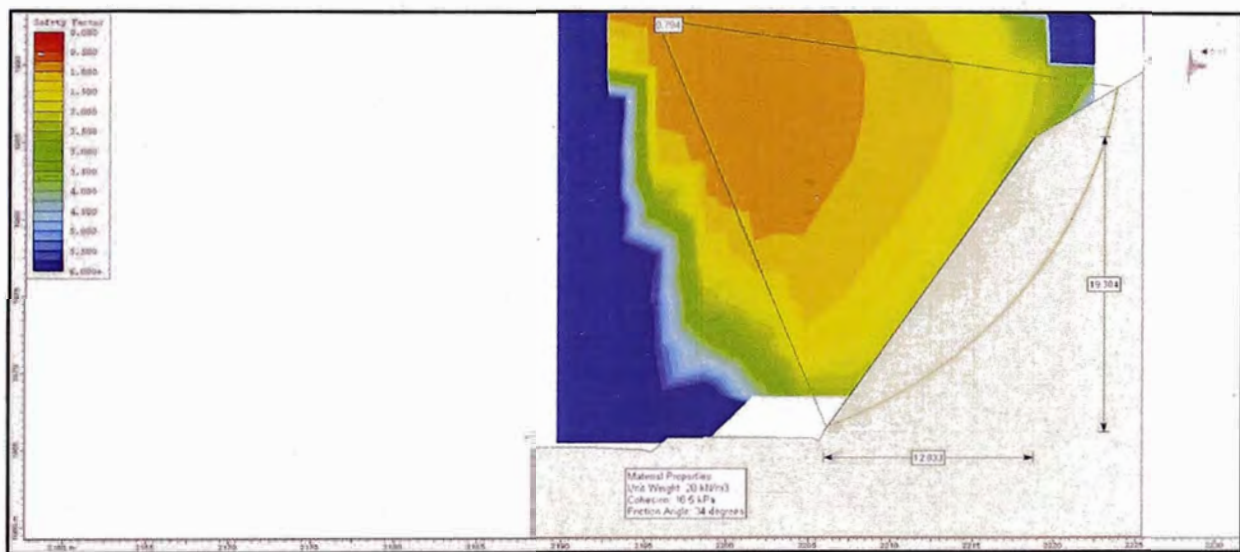


Figura D.8: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático

(381+780 – 382+080)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".



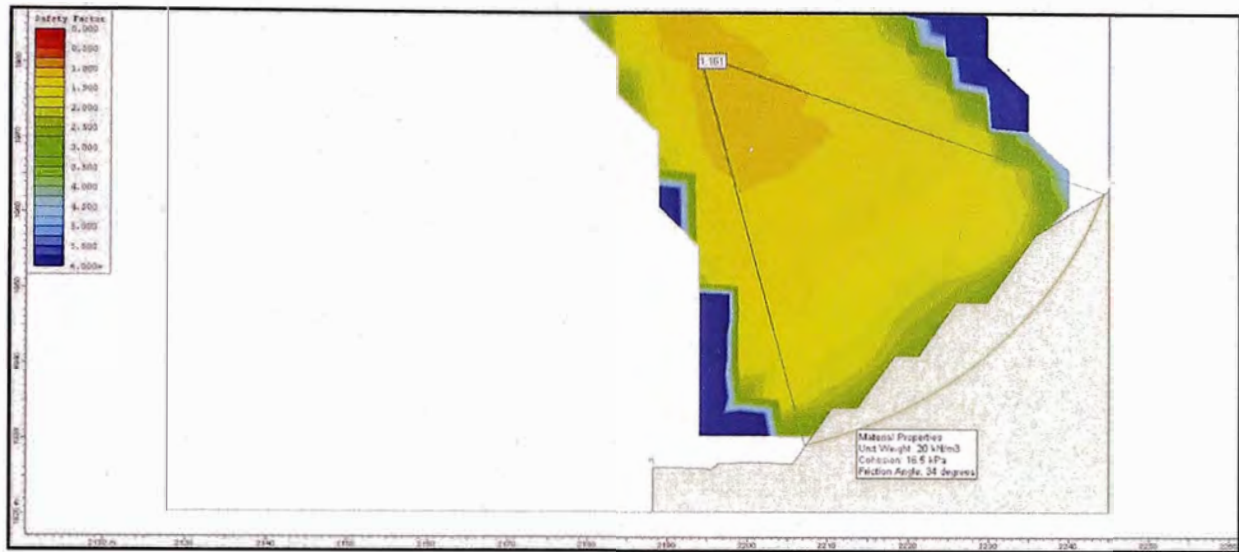


Figura D.9: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático

(381+780 – 382+080)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

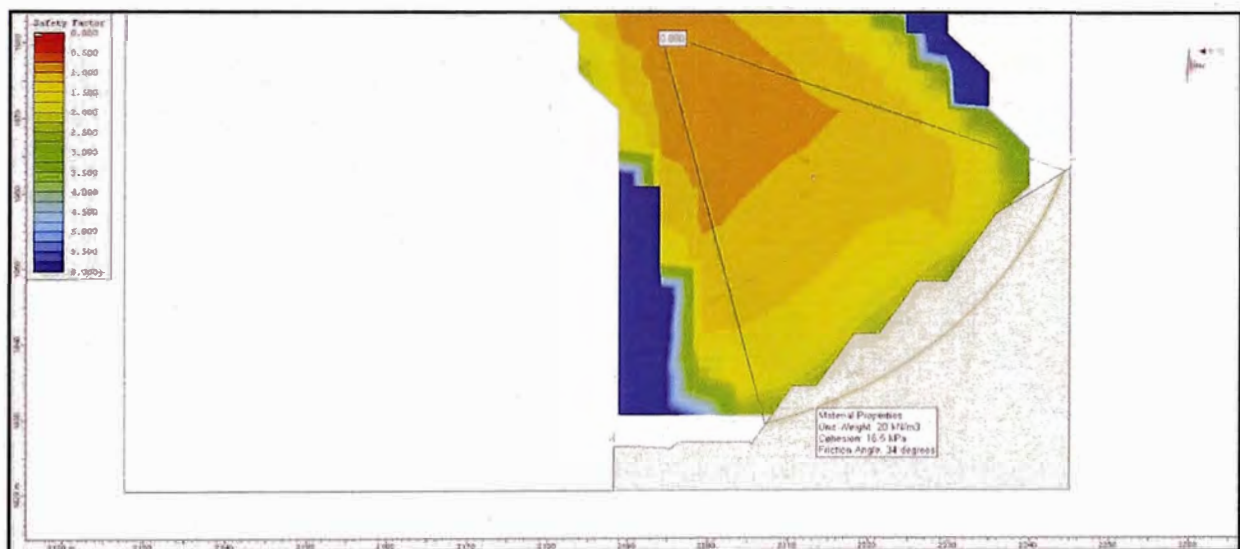


Figura D.10: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-estático

(381+780 – 382+080)

Fuente: "Rumí Laboratorio S. .A.C".

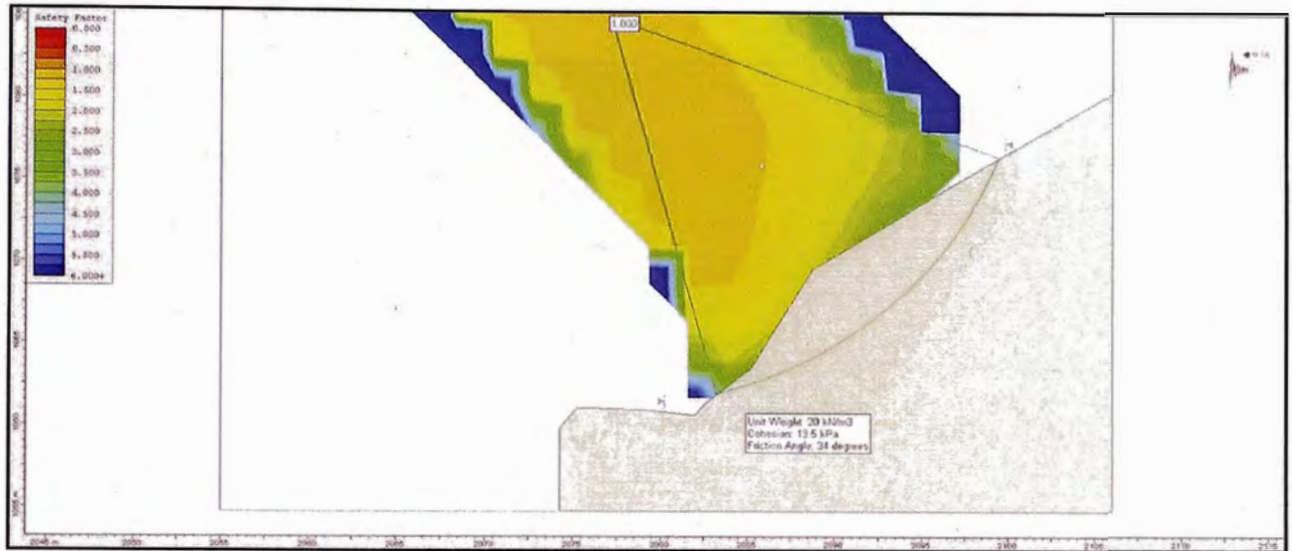


Figura D.11: Análisis de estabilidad – Back Análisis  
(382+150 – 382+300)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

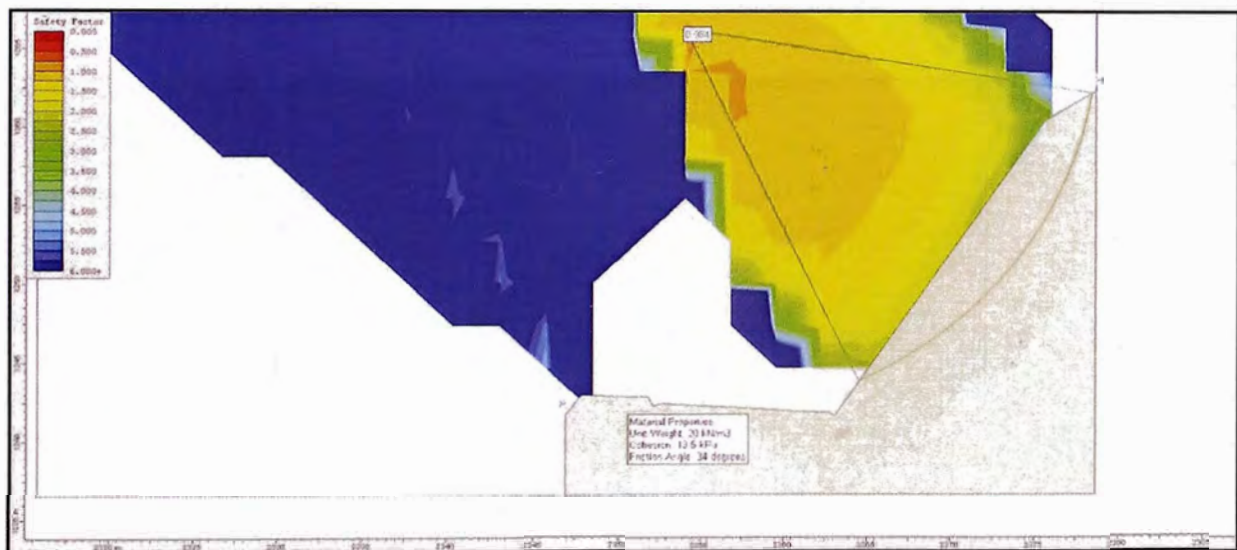


Figura D.12: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático  
(382+150 – 382+300)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".



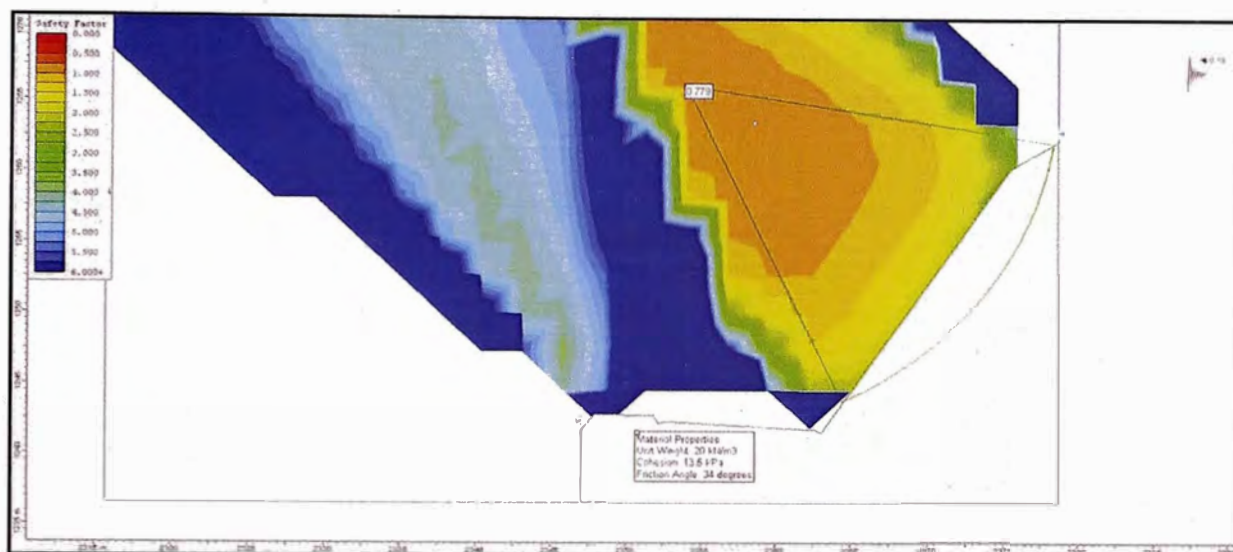


Figura D.13: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático  
(382+150 – 382+300)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

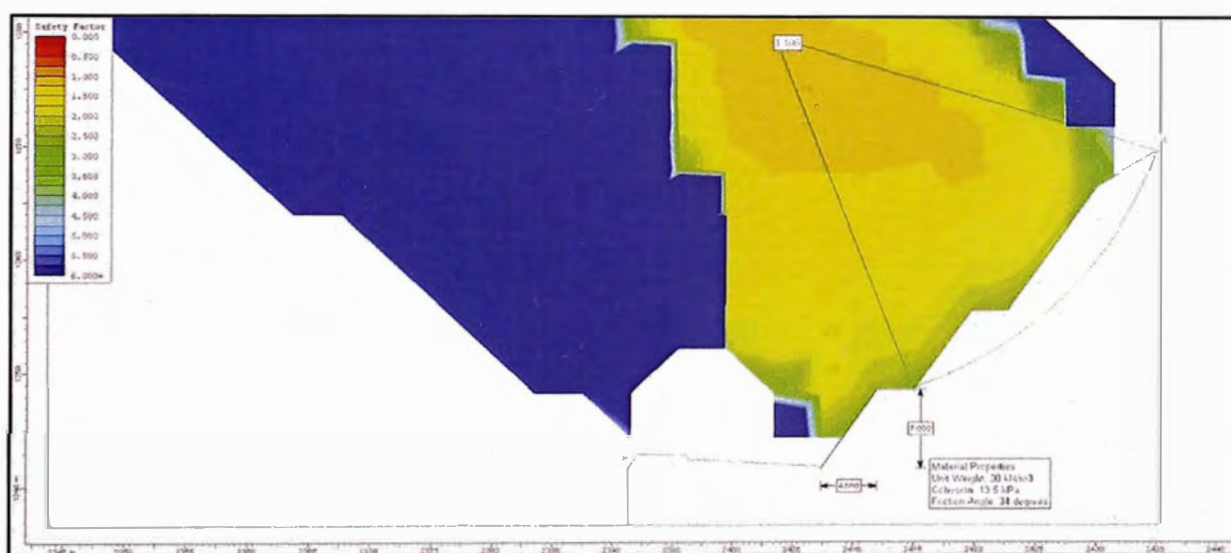


Figura D.14: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático  
(382+150 – 382+300)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

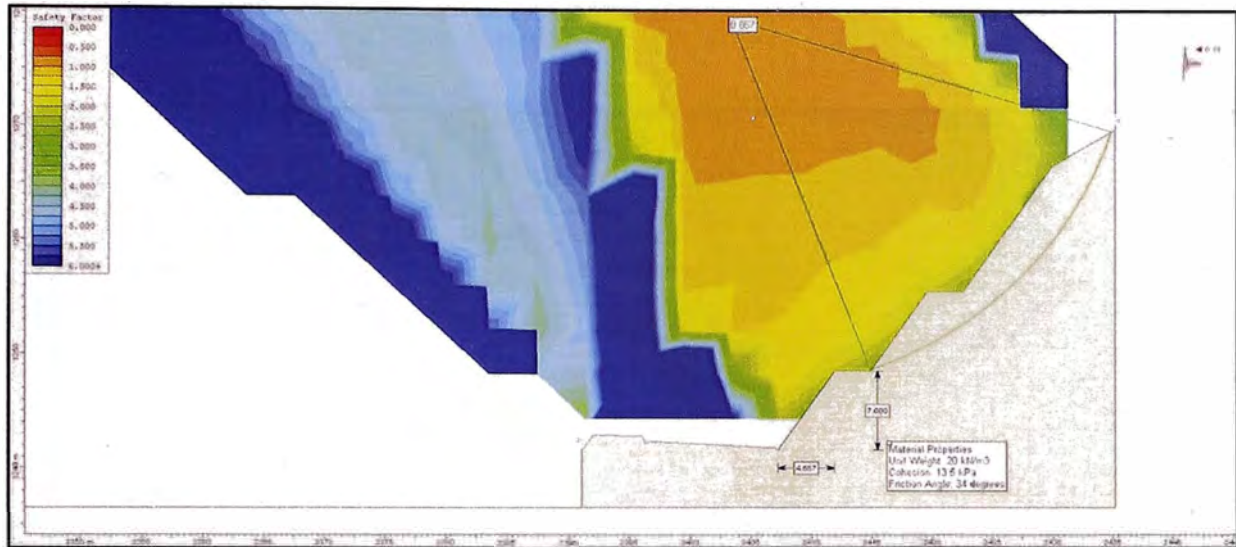


Figura D.15: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-stático  
(382+150 – 382+300)

Fuente: "Rumi Laboratorio S.A.C".

### E. Análisis de estabilidad (TIPO V)

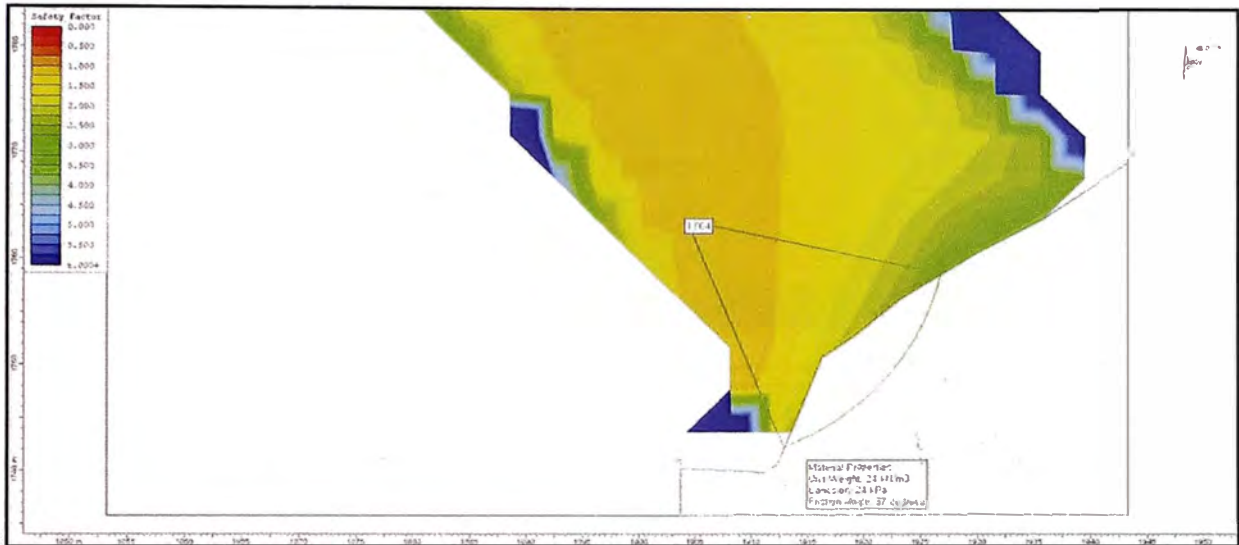


Figura E.1: Análisis de estabilidad – Back Análisis  
(371+310 – 371+490)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

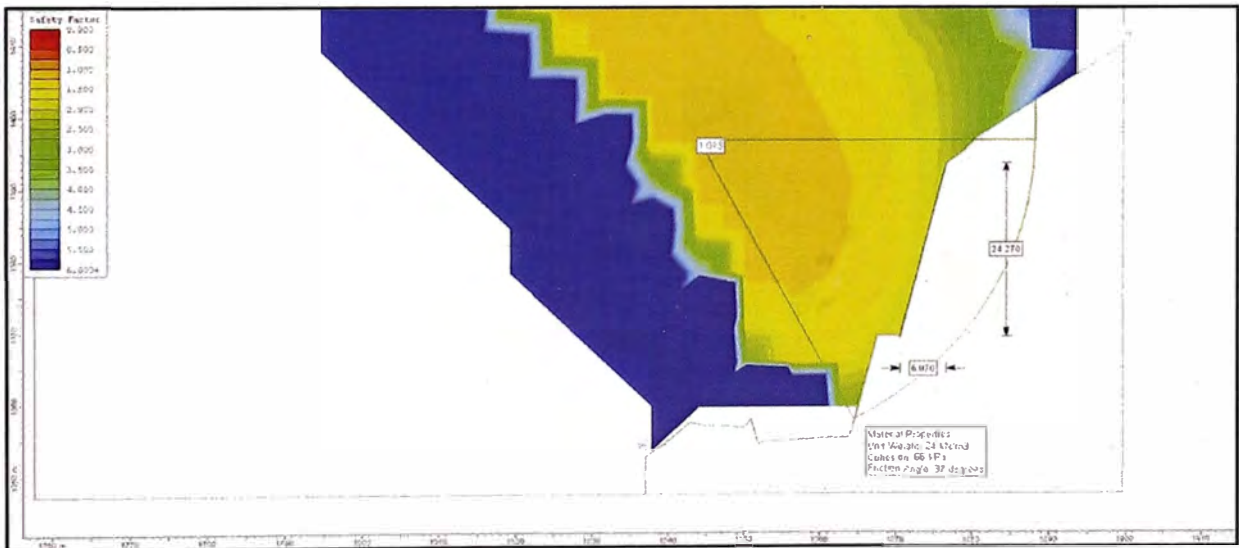


Figura E.2: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático  
(371+310 – 371+490)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

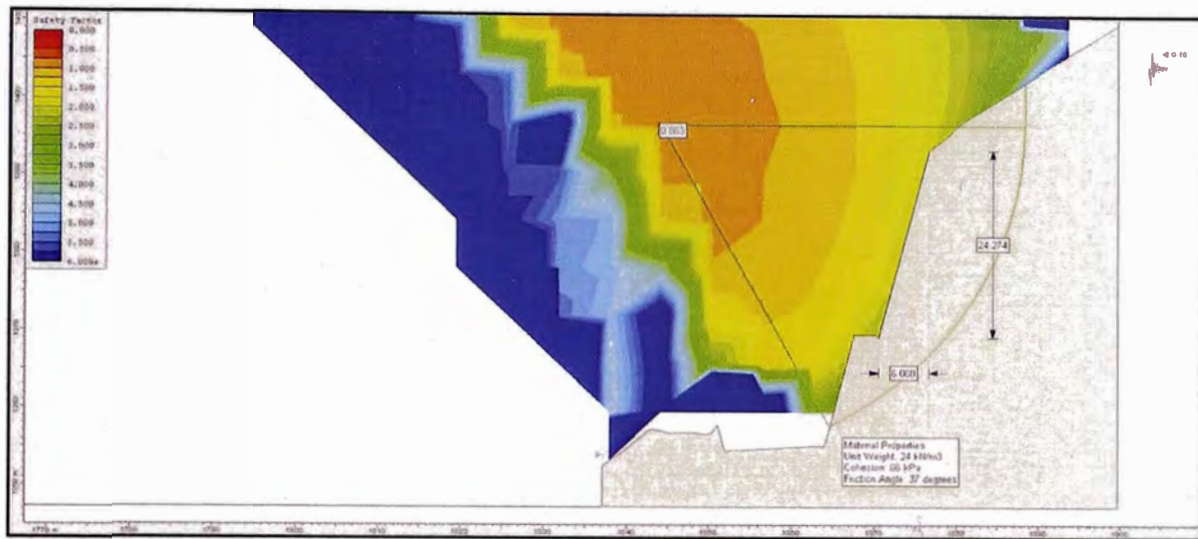


Figura E.3: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático  
(371+310 – 371+490)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".



Figura E.4: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático  
(371+310 – 371+490)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".



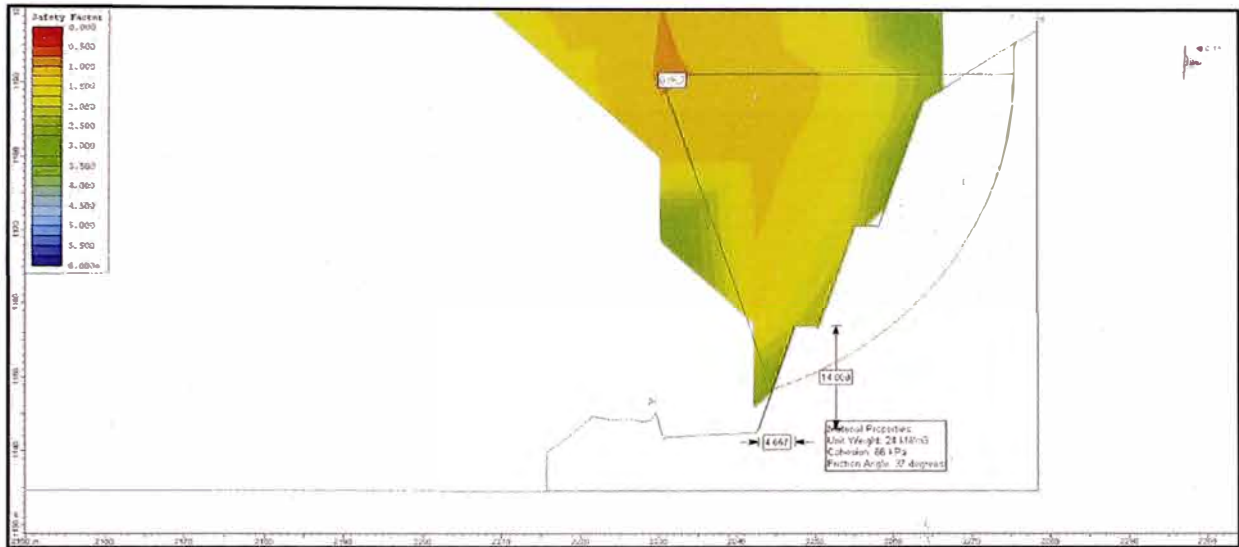


Figura E.5: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-estático  
(371+310 – 371+490)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

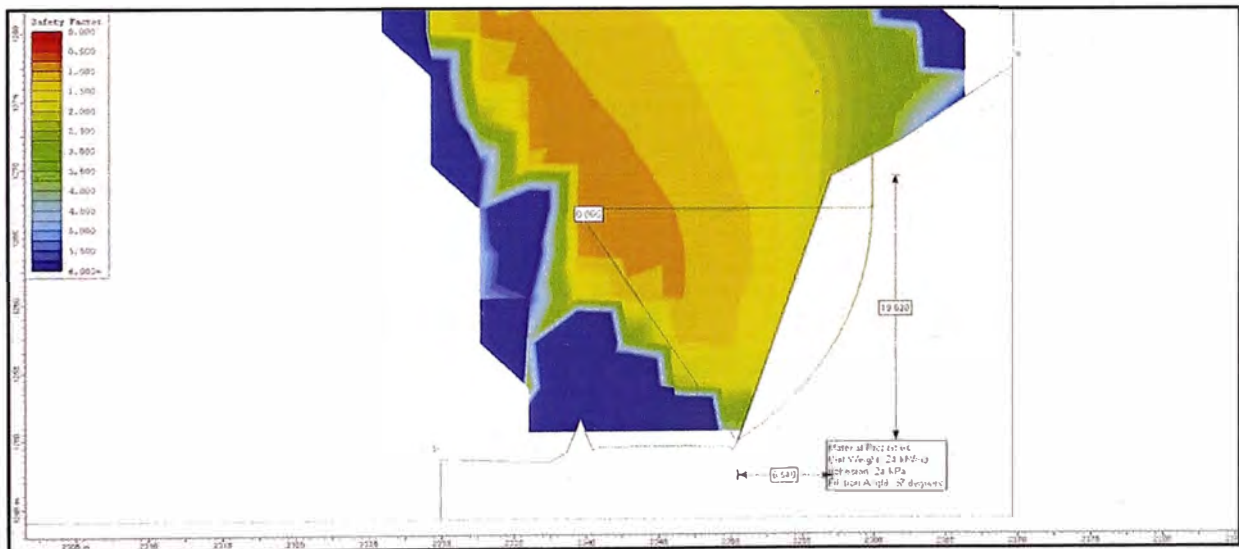


Figura E.6: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático  
(373 + 110 – 373+460)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

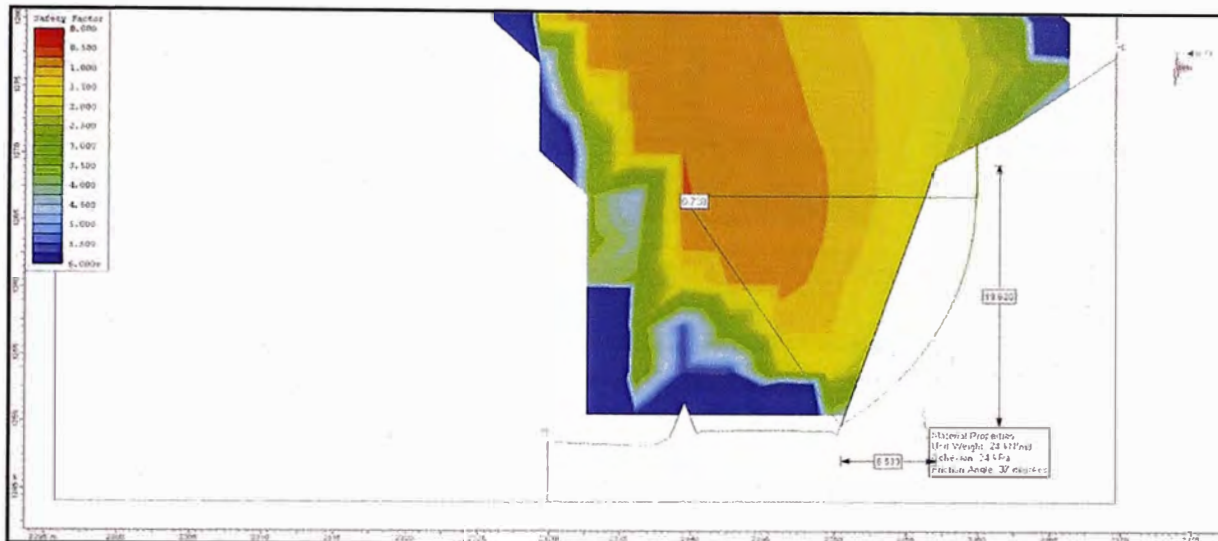


Figura E.7: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático

(373 + 110 – 373+460)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

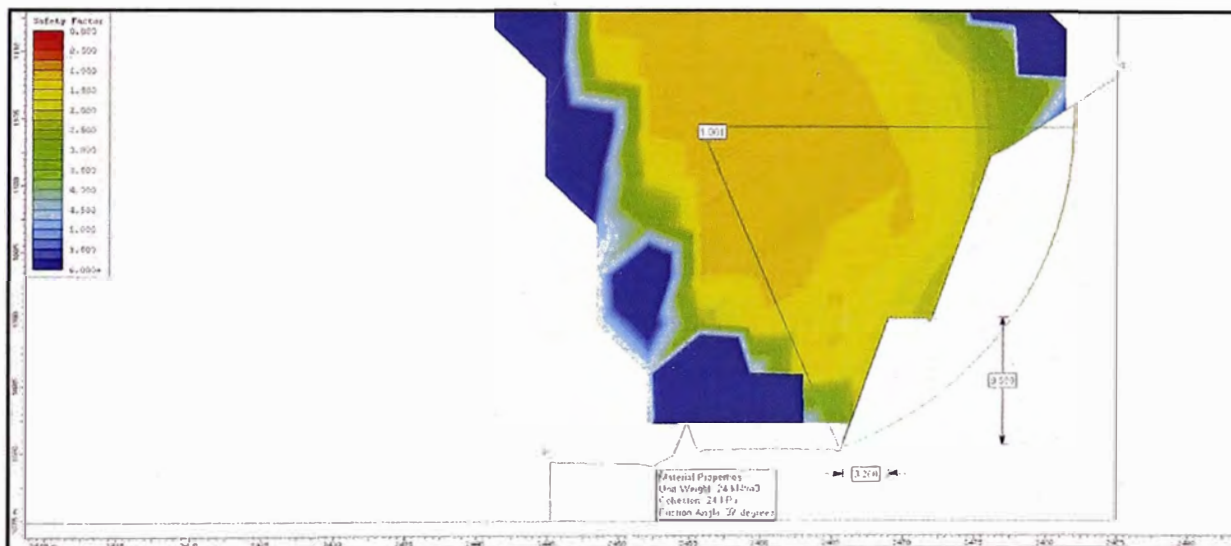


Figura E.8: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático

(373 + 110 – 373+460)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".



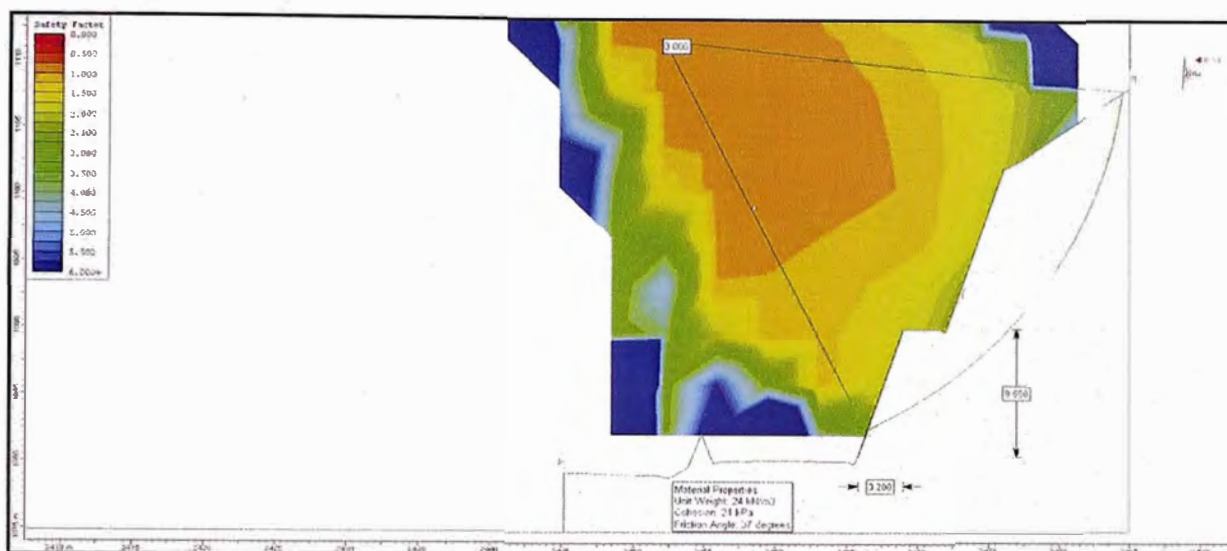


Figura E.9: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-stático

(373 + 110 – 373+460)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

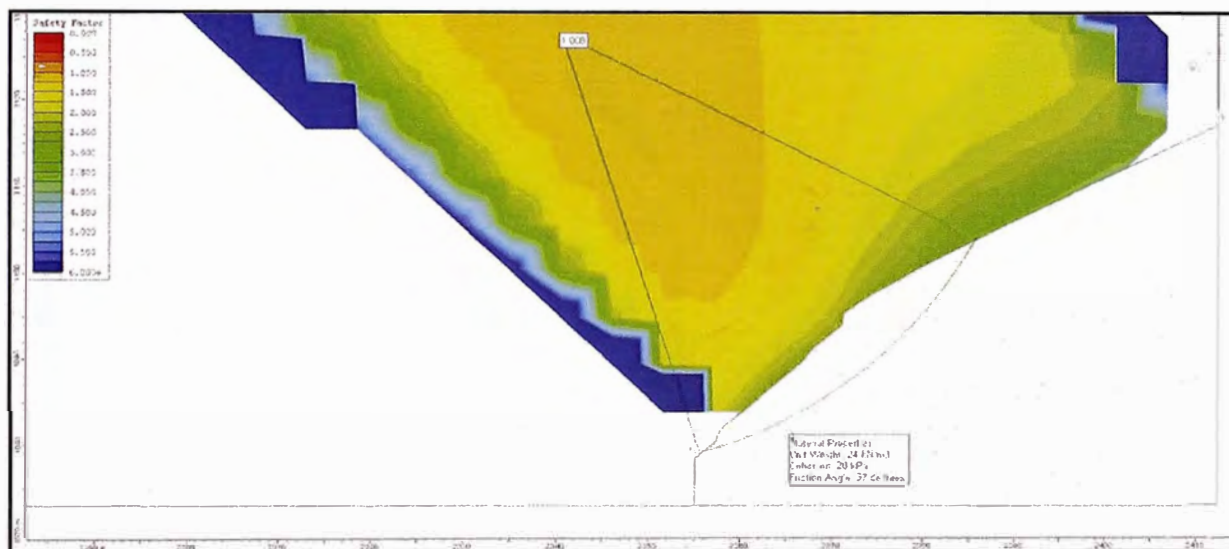


Figura E.10: Análisis de estabilidad – Back Análisis

(379+020 – 379+090)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

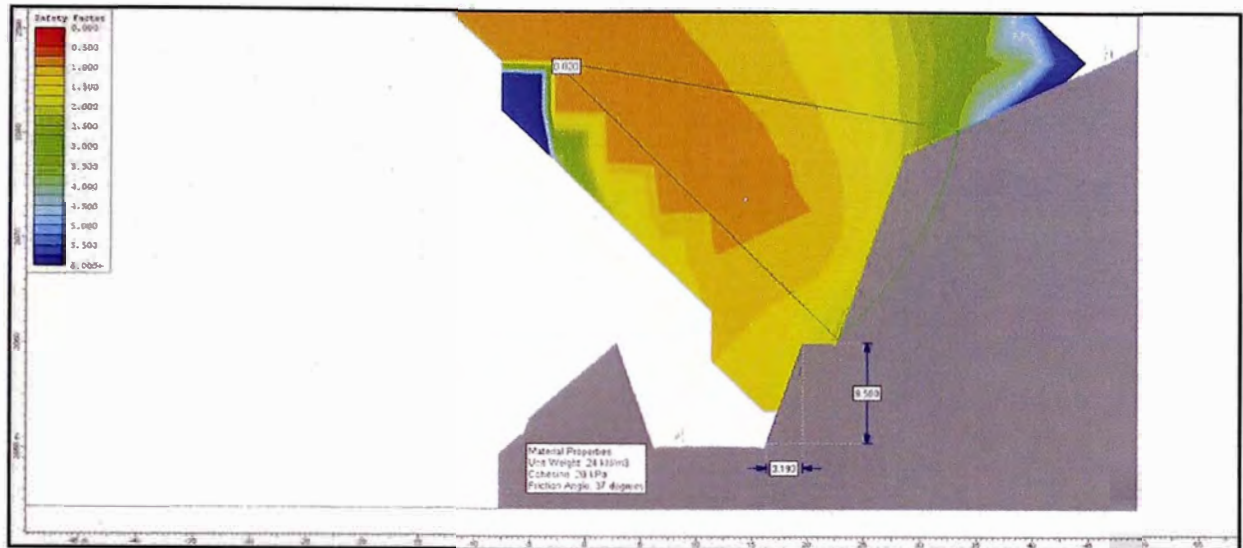


Figura E.11: Análisis de estabilidad – Expediente-Estático

(379+020 – 379+090)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

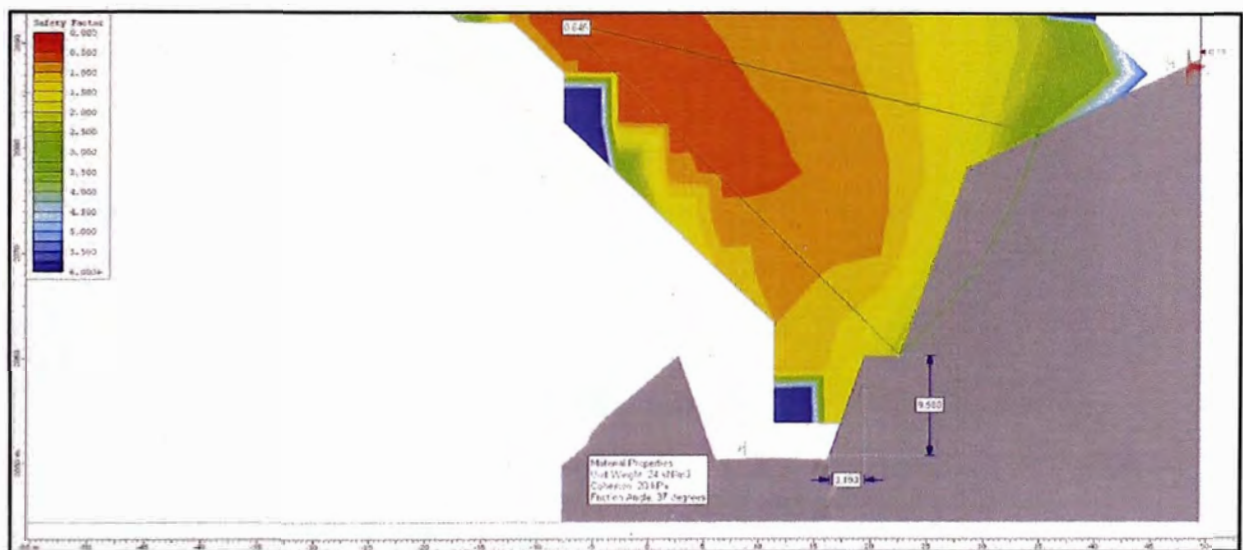


Figura E.12: Análisis de estabilidad – Expediente-Pseudo-estático

(379+020 – 379+090)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

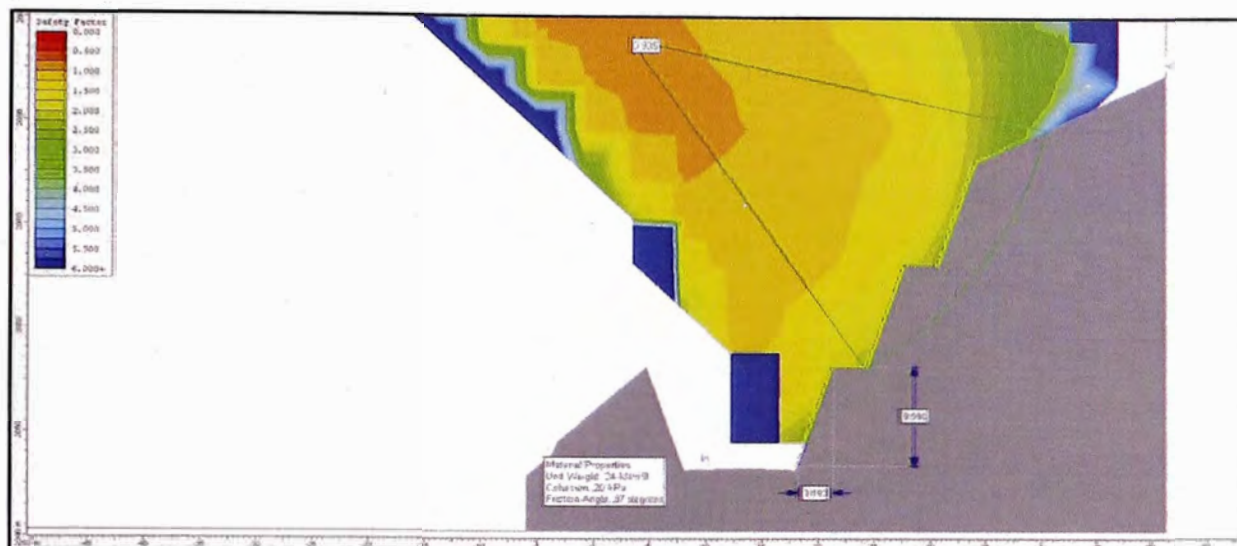


Figura E.13: Análisis de estabilidad – Replanteado-Estático

(379+020 – 379+090)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

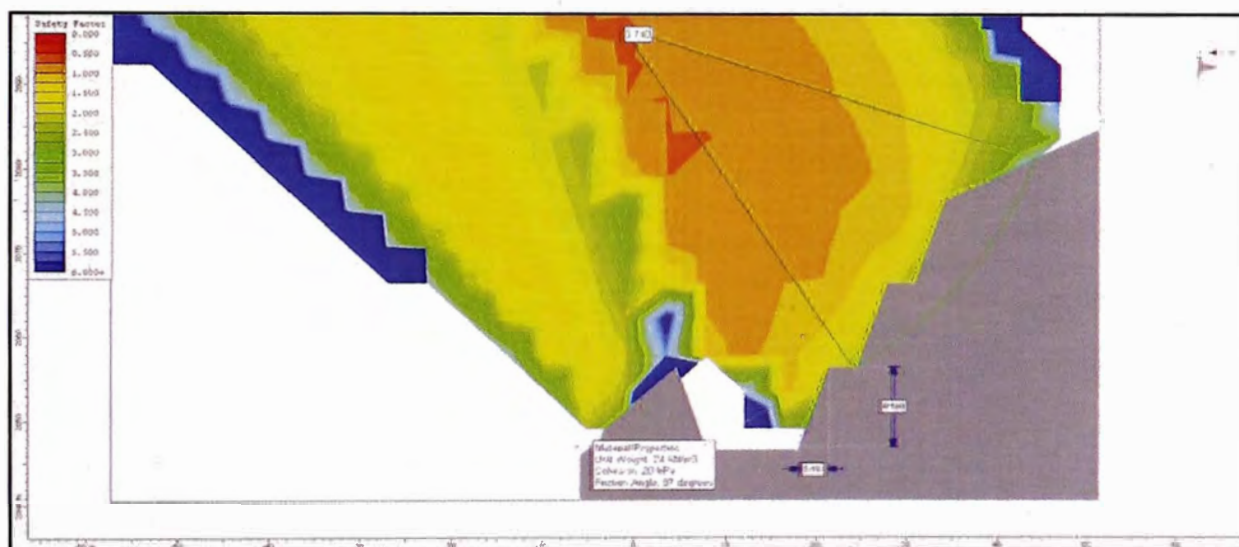


Figura E.14: Análisis de estabilidad – Replanteado -Pseudo-estático

(379+020 – 379+090)

Fuente: "Rumí Laboratorio S.A.C".

## ANEXOS

### ANEXO : ENSAYO MASW



## ENSAYO MASW 05

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

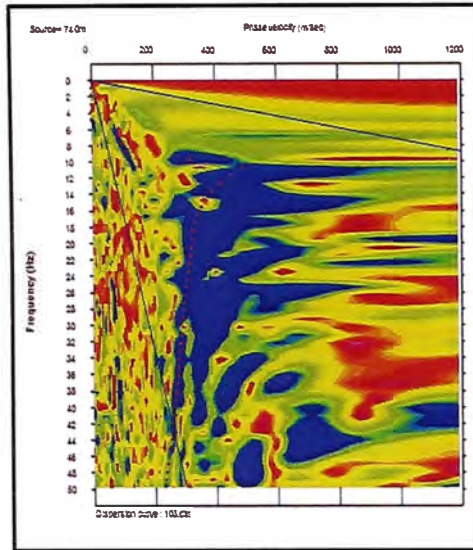
UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

REALIZADO : K.T.P.

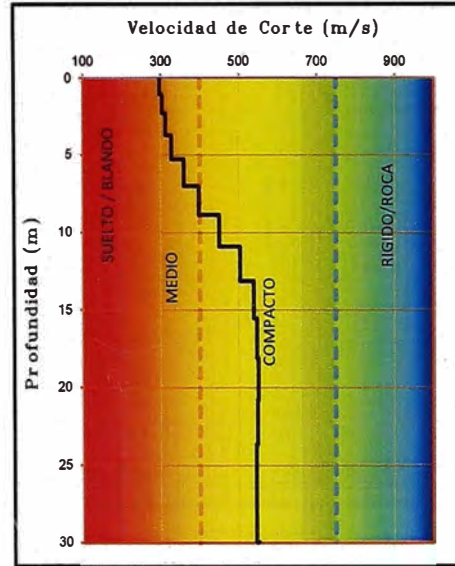
REVISADO : H.S.A

FECHA : Mayo 2013

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	296.2
1.1	303.8
2.3	311.5
3.7	326.7
5.3	359.2
7.0	396.5
8.9	449.2
11.0	502.5
13.2	537.7
15.6	545.6
18.1	548.6
20.9	547.4
23.7	544.7
26.8	544.1
30.0	551.0

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS	
		Velocidad de onda de corte, $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estandar, $N$
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$N > 50$
D	Suelo rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq N \leq 50$
E	Suelo blando	$V_s \leq 180$	$N < 15$



## ENSAYO MASW 12

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

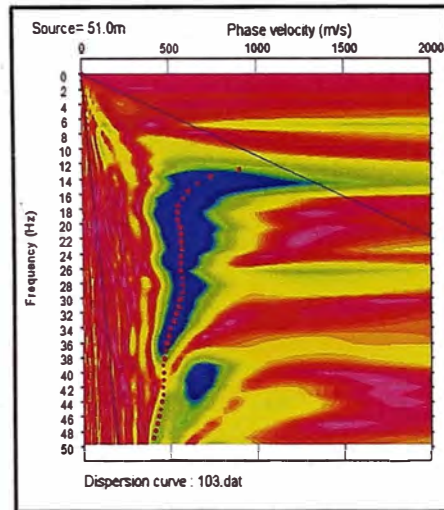
UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

REALIZADO : K.T.P.

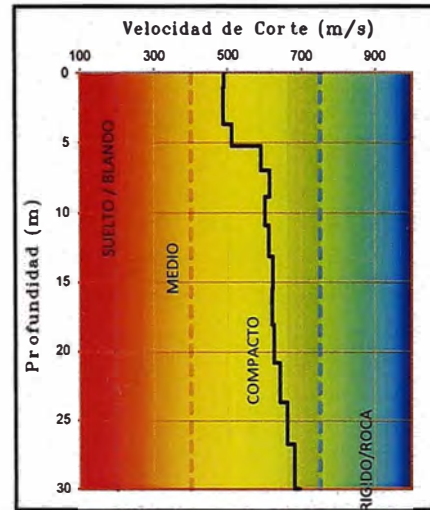
REVISADO : H.S.A

FECHA : Marzo 2013

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	489.7
1.1	487.9
2.3	488.5
3.7	510.4
5.3	590.0
7.0	614.1
8.9	600.6
11.0	610.7
13.2	622.6
15.6	619.5
18.1	626.1
20.9	641.2
23.7	660.7
26.8	679.8
30.0	694.0

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS	
		Velocidad de onda de corte, $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, $\bar{N}$
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$
D	Suelo rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$\bar{N} < 15$

## ENSAYO MASW 14

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

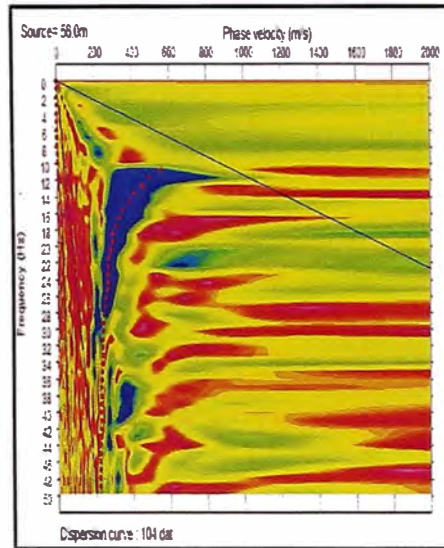
REALIZADO : K.T.P.

UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

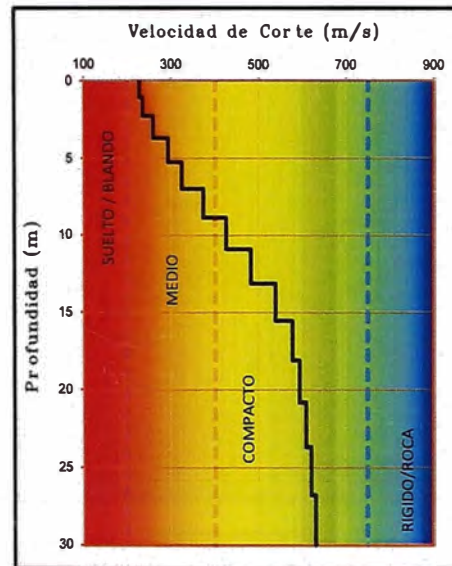
REVISADO : H.S.A

FECHA : Marzo 2013

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	227.9
1.1	234.4
2.3	258.7
3.7	292.6
5.3	323.6
7.0	372.8
8.9	424.8
11.0	481.3
13.2	538.2
15.6	576.4
18.1	593.8
20.9	608.7
23.7	620.6
26.8	630.1
30.0	632.2

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS	
		Velocidad de onda de corte, $\bar{V}_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, $\bar{N}$
A	Roca muy dura	$\bar{V}_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < \bar{V}_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < \bar{V}_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$
D	Suelo rígido	$180 \leq \bar{V}_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$
E	Suelo blando	$\bar{V}_s < 180$	$\bar{N} < 15$

## ENSAYO MASW 16

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

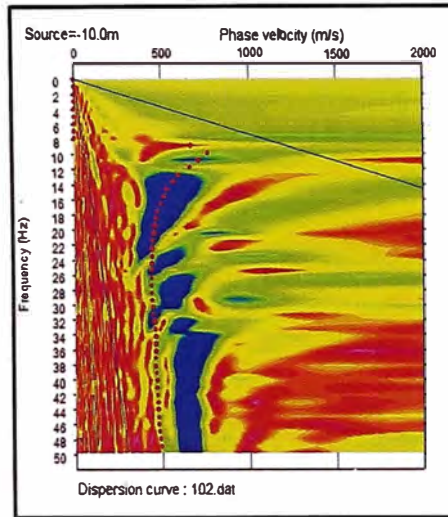
UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

REALIZADO : K.T.P.

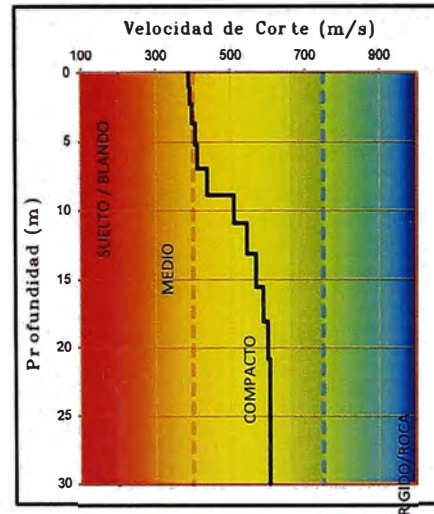
REVISADO : H.S.A

FECHA : Marzo 2013

**Curva de Dispersión**



**Perfil Unidimensional**



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	388.9
1.1	391.5
2.3	397.7
3.7	406.2
5.3	412.0
7.0	437.6
8.9	509.6
11.0	543.7
13.2	568.6
15.6	588.4
18.1	600.3
20.9	604.9
23.7	605.0
26.8	604.5
30.0	605.0

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS.	
		Velocidad de onda de corte. $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estandar, $\bar{N}$
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$
D	Suelo rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$\bar{N} < 15$



## ENSAYO MASW 18

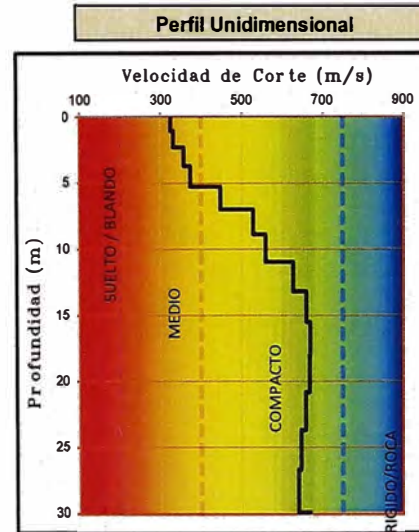
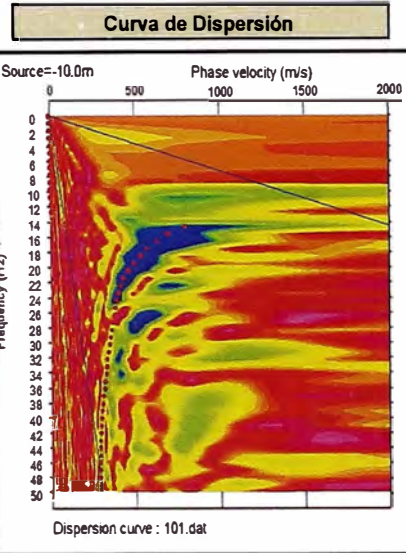
PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

REALIZADO : K.T.P.

REVISADO : H.S.A

FECHA : Marzo 2013



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	324.7
1.1	331.5
2.3	356.4
3.7	373.0
5.3	447.6
7.0	528.4
8.9	558.4
11.0	626.7
13.2	658.9
15.6	667.9
18.1	666.6
20.9	657.8
23.7	646.7
26.8	639.8
30.0	667.9

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS,	
		Velocidad de onda de corte, $\bar{V}_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estandar, $\bar{N}$
A	Roca muy dura	$\bar{V}_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < \bar{V}_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < \bar{V}_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$
D	Suelo rígido	$180 \leq \bar{V}_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$
E	Suelo blando	$\bar{V}_s < 180$	$\bar{N} < 15$





## ENSAYO MASW 20

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

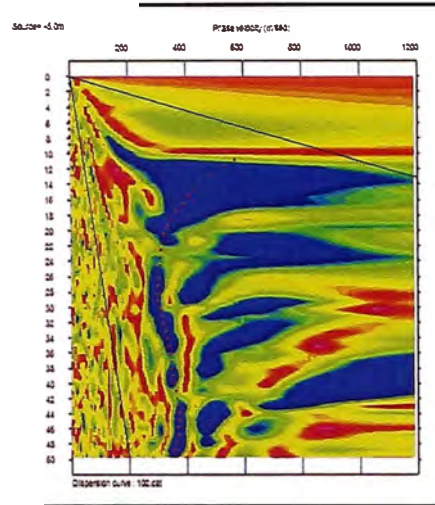
REALIZADO : K.T.P.

UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

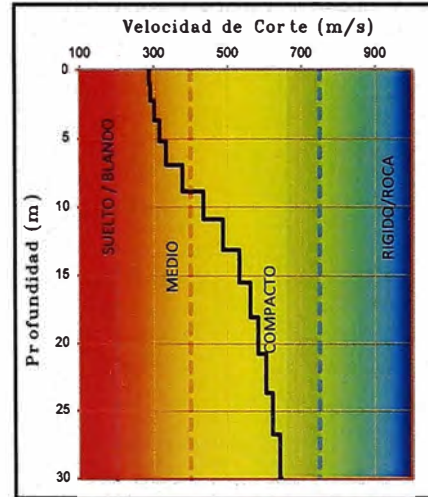
REVISADO : H.S.A

FECHA : Mayo 2013

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	287.3
1.1	291.5
2.3	301.6
3.7	315.2
5.3	332.8
7.0	378.5
8.9	433.8
11.0	486.9
13.2	531.0
15.6	561.5
18.1	582.8
20.9	603.1
23.7	622.0
26.8	641.2
30.0	643.8

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS	
		Velocidad de onda de corte, $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, $\bar{N}$
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$
D	Suelo rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$\bar{N} < 15$





## ENSAYO MASW 21

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

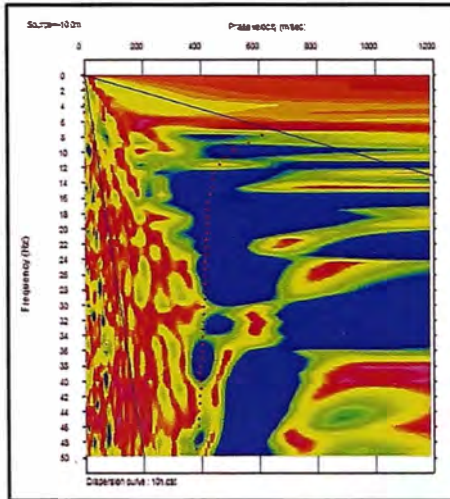
UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

REALIZADO : K.T.P.

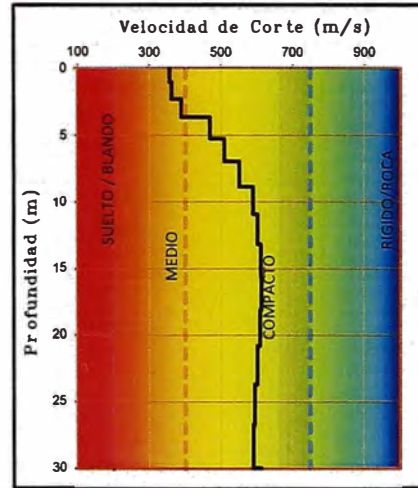
REVISADO : H.S.A

FECHA : Mayo 2013

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional

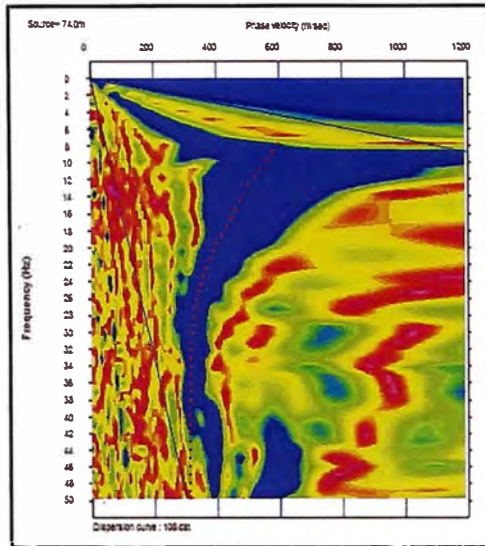


Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	356.8
1.1	362.2
2.3	388.9
3.7	468.7
5.3	509.7
7.0	551.4
8.9	588.9
11.0	601.9
13.2	610.7
15.6	613.1
18.1	609.5
20.9	601.9
23.7	594.0
26.8	590.4
30.0	613.1

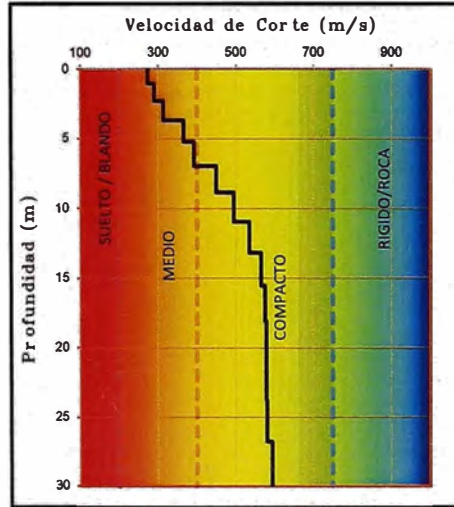
TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS.	
		Velocidad de onda de corte, $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, $N$
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$N > 50$
D	Suelo rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq N \leq 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$N < 15$

FECHA : Mayo 2013

**Curva de Dispersión**



**Perfil Unidimensional**



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	273.6
1.1	290.5
2.3	312.7
3.7	365.3
5.3	391.4
7.0	449.3
8.9	494.8
11.0	535.1
13.2	565.0
15.6	574.7
18.1	578.0
20.9	577.8
23.7	580.1
26.8	593.5
30.0	593.5

PROFUNDIDADES MEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS.

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	Velocidad de onda de corte, $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, $\bar{N}$
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$
D	Suelo rigido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$\bar{N} < 15$

## ENSAYO MASW 27

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

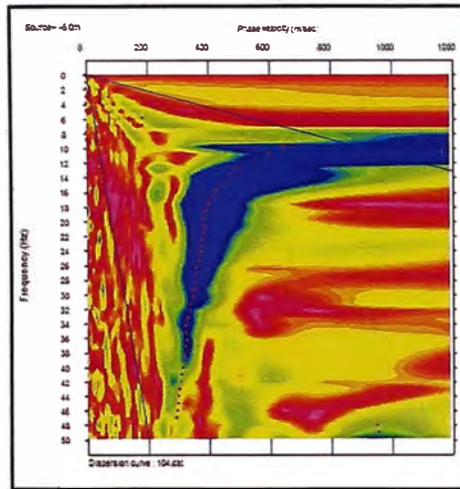
UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

REALIZADO : K.T.P.

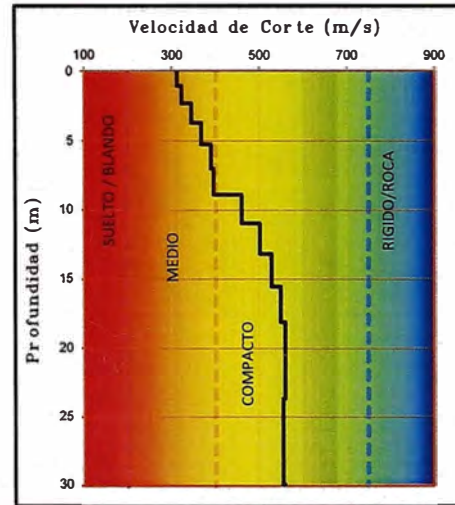
REVISADO : H.S.A

FECHA : Mayo 2013

**Curva de Dispersión**



**Perfil Unidimensional**



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	311.6
1.1	323.2
2.3	345.2
3.7	367.1
5.3	389.9
7.0	396.0
8.9	459.2
11.0	501.6
13.2	527.5
15.6	548.8
18.1	559.2
20.9	559.3
23.7	554.9
26.8	554.4
30.0	559.3

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS	
		Velocidad de onda de corte, $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, $\bar{N}$
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$
D	Suelo rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$\bar{N} < 15$

## ENSAYO MASW 29

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

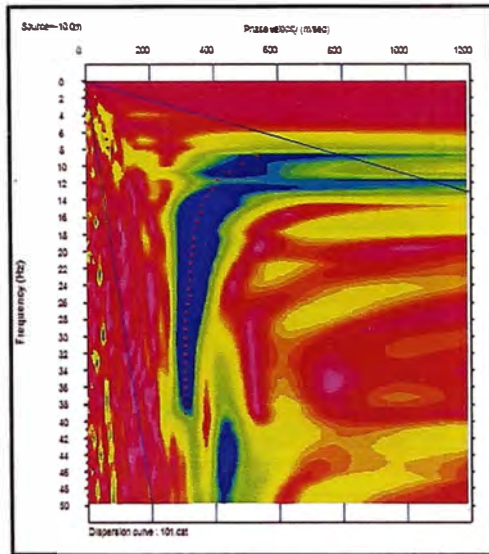
UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

REALIZADO : K.T.P.

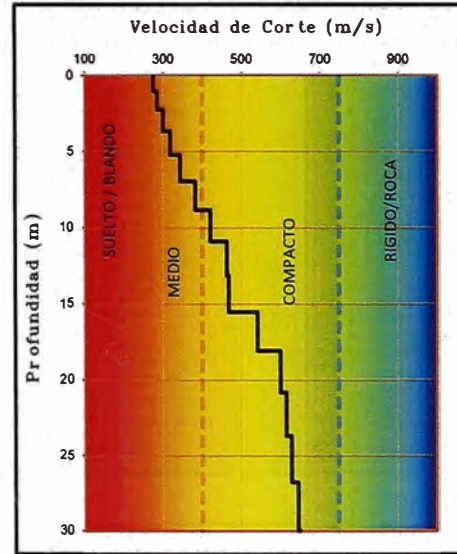
REVISADO : H.S.A

FECHA : Mayo 2013

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. (m)	G(m/s)
0.0	274.9
1.1	284.6
2.3	299.7
3.7	317.7
5.3	342.9
7.0	382.6
8.9	419.8
11.0	462.3
13.2	467.5
15.6	541.0
18.1	600.4
20.9	613.9
23.7	627.7
26.8	644.7
30.0	649.7

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS.	
		Velocidad de onda de corte. $\bar{V}_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estandar, $\bar{N}$
A	Roca muy dura	$\bar{V}_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < \bar{V}_s \leq 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < \bar{V}_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$
D	Suelo rigido	$180 \leq \bar{V}_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$
E	Suelo blando	$\bar{V}_s < 180$	$\bar{N} < 15$



## ENSAYO MASW 35

PROYECTO : CONSORCIO KISHUARA III

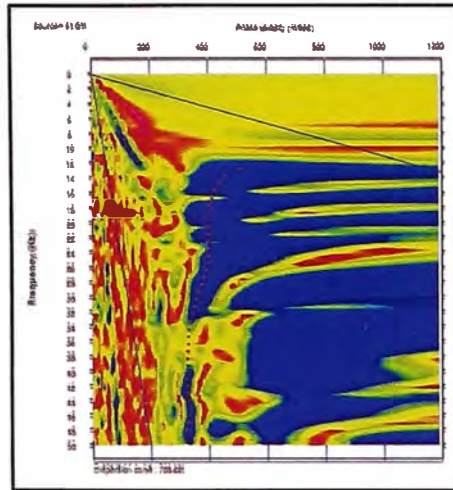
UBICACIÓN : Abancay - Apurimac

REALIZADO : K.T.P.

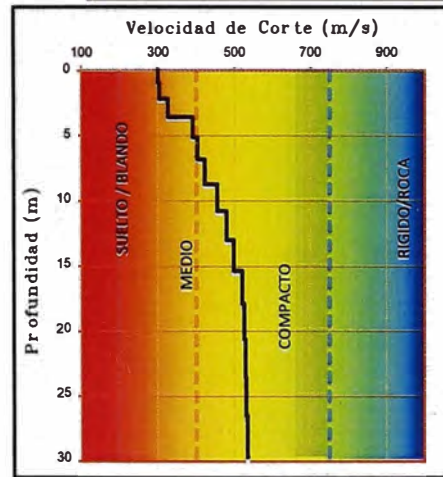
REVISADO : H.S.A

FECHA : Mayo 2013

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. (m)	Vs (m/s)
0.0	299.4
1.1	304.4
2.3	325.9
3.7	391.5
5.3	403.3
7.0	423.1
8.9	454.5
11.0	478.8
13.2	498.4
15.6	520.3
18.1	525.3
20.9	528.7
23.7	531.2
26.8	534.3
30.0	536.3

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS	
		Velocidad de onda de corte, $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, $N$
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s < 1,500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s < 760$	$N > 60$
D	Suelo rígido	$180 < V_s < 360$	$15 < N < 60$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$N < 15$



## **ANEXOS**

**ANEXO :**  
**ENSAYO DE LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y**  
**PAVIMENTOS**  
**CONSORCIO KISHUARA III**

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

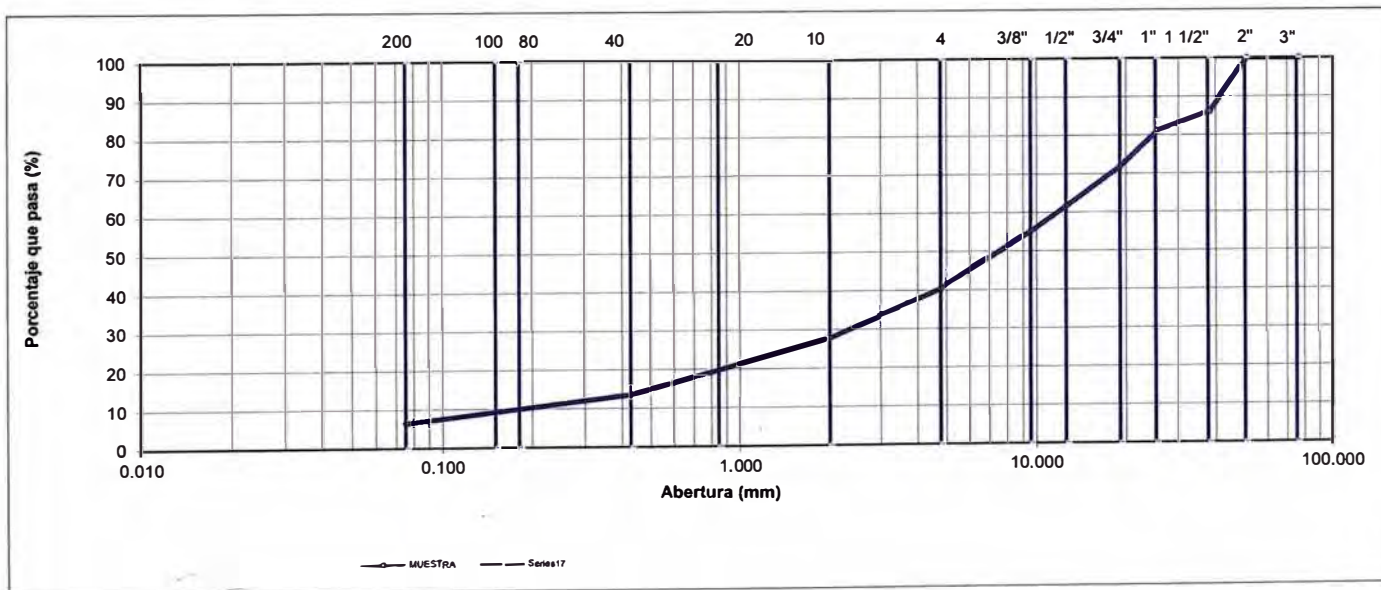
<b>OBRA</b> : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	<b>INFORME N°</b> : LAB-JUN-13
<b>TRAMO</b> : Dv. Kishuara -- Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214	<b>TEC. LABORATORIO</b> : Lucio Lazarte P.
<b>MATERIAL</b> : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)	<b>ING. RESPONSABLE</b> : Manuel Cruz B.
<b>PARTIDA</b> : 205.C. Excavación en Material Común	<b>FECHA</b> : 04-jun-13
<b>UBICACIÓN</b> : Km 371+000 A 371+000	<b>CERTIFICADO N°</b> :

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>TALUD</b> : T-10	<b>TAMAÑO MAXIMO</b> :
<b>MUESTRA</b> : M-001	Peso inicial seco : 5972.2 g
<b>PROF. (m)</b> : Prog. : Km 371+000	Peso lavado seco : 5590.4 g

TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : <b>3.0</b>
2"	50.800				100.0		Límite Líquido (LL) : <b>20</b>
1 1/2"	38.100	<b>829.8</b>	13.9	13.9	86.1		Límite Plástico (LP) : <b>13</b>
1"	25.400	<b>298.2</b>	5.0	18.9	81.1		Índice Plástico (IP) : <b>7</b>
3/4"	19.000	<b>559.6</b>	9.4	28.3	71.7		Clasificación (SUCS) : <b>GW - GC</b>
1/2"	12.500	<b>602.8</b>	10.1	38.4	61.6		Clasificación (AASHTO) : <b>A-1-a</b>
3/8"	9.500	<b>385.6</b>	6.5	44.8	55.2		Índice de Grupo : <b>(0)</b>
N° 4	4.750	<b>880.4</b>	14.7	59.5	40.5		Descripción ( AASHTO ) : <b>BUENO</b>
N° 8	2.360						Descripción ( SUCS ) : -
N° 10	2.000	<b>754.2</b>	12.6	72.2	27.8		
N° 16	1.190						Índice de Liquidez:
N° 20	0.840	<b>536.8</b>	9.0	81.2	18.8		Índice de Consistencia:
N° 30	0.600						Estado del Suelo:
N° 40	0.425	<b>315.0</b>	5.3	86.4	13.6		<b>OBSERVACIONES :</b>
N° 50	0.300						Bolonería > 3" :
N° 80	0.177						Grava 3" - N° 4 : <b>59.5</b>
N° 100	0.150	<b>289.8</b>	4.9	91.3	8.7		Arena N°4 - N° 200 : <b>34.1</b>
N° 200	0.075	<b>138.2</b>	2.3	93.6	6.4		Finos < N° 200 : <b>6.4</b>
< N° 200	FONDO	<b>381.8</b>	6.4	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**





**Constructora TP**  
Grupo OHL



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-07  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO KISHUARA III

**LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40**

(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

<b>OBRA</b>	: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	<b>INFORME N°</b>	: LAB-JUN-13
<b>TRAMO</b>	: Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214	<b>TEC. LABORATORIO</b>	: Lucio Lazarte P.
<b>MATERIAL</b>	: Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)	<b>ING. RESPONSABLE</b>	: Manuel Cruz B.
<b>PARTIDA</b>	: 205.C. Excavación en Material Común	<b>FECHA</b>	: 05-jun-13
<b>UBICACIÓN</b>	: Km 371+000 A 371+000	<b>CERTIFICADO N°</b>	:

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>CALICATA</b>	T-10	<b>TAMAÑO MAXIMO</b>	: N° 40
<b>MUESTRA</b>	: M-001		
<b>PROF. (m)</b>	Prog. : Km 371+000		

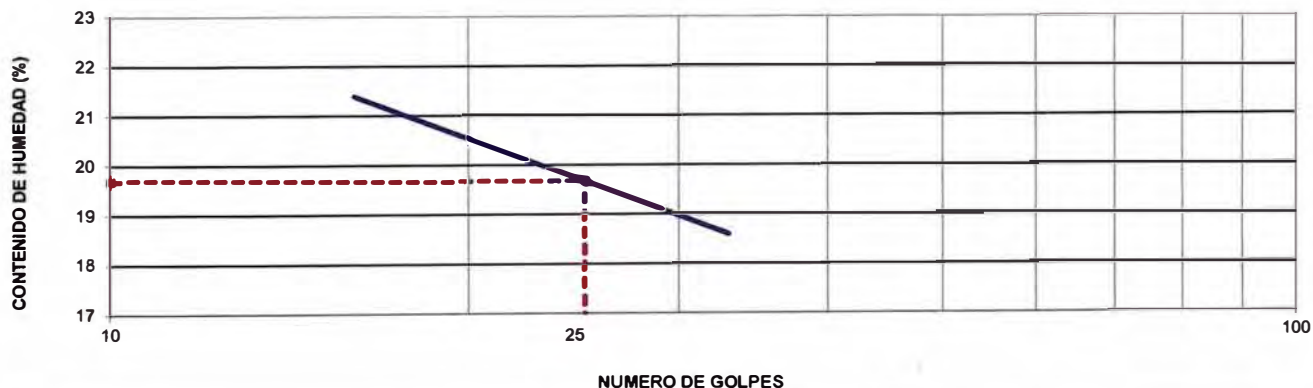
**LIMITE LIQUIDO**

N° TARRO		2	3	4
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	34.56	35.26	34.86
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	31.06	31.46	30.95
PESO DE AGUA	(g)	3.50	3.80	3.91
PESO DEL TARRO	(g)	12.86	12.45	12.67
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.2	19.0	18.3
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.2	20.0	21.4
NUMERO DE GOLPES		28	23	16

**LIMITE PLASTICO**

N° TARRO		16	4
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	21.56	20.86
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	20.72	20.11
PESO DE AGUA	(g)	0.8	0.8
PESO DEL TARRO	(g)	14.26	14.53
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.5	5.6
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	13.0	13.4

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	20
LIMITE PLASTICO	13
INDICE DE PLASTICIDAD	7

OBSERVACIONES





**Constructora TP**  
Grupo OHL



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-06  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO KISHUARA III

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

(NORMA: MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

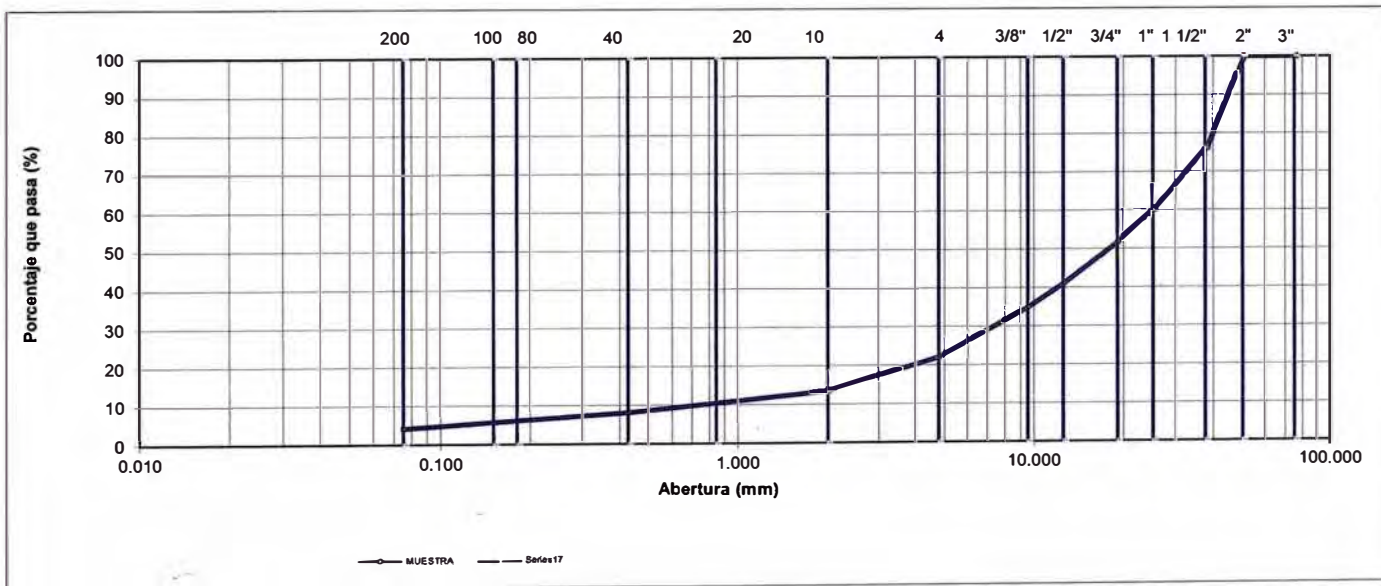
**OBRA** : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
**TRAMO** : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214  
**MATERIAL** : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
**PARTIDA** : 205.C. Excavación en Material Común  
**UBICACIÓN** : Km 362+200 A 362+200

**INFORME Nº** : LAB-JUN-13  
**TEC. LABORATORIO** : Lucio Lazarte P.  
**ING. RESPONSABLE** : Manuel Cruz B.  
**FECHA** : 04-jun-13  
**CERTIFICADO Nº** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : <b>3.0</b>
2"	50.800				100.0		Límite Líquido (LL) : <b>18</b>
1 1/2"	38.100	<b>1178.0</b>	23.8	23.8	76.2		Límite Plástico (LP) : <b>14</b>
1"	25.400	<b>790.4</b>	16.0	39.8	60.2		Índice Plástico (IP) : <b>4</b>
3/4"	19.000	<b>427.6</b>	8.6	48.4	51.6		Clasificación (SUCS) : <b>GW</b>
1/2"	12.500	<b>524.0</b>	10.6	59.0	41.0		Clasificación (AASHTO) : <b>A-1-a</b>
3/8"	9.500	<b>300.4</b>	6.1	65.1	34.9		Índice de Grupo : <b>(0)</b>
Nº 4	4.750	<b>637.6</b>	12.9	77.9	22.1		Descripción ( AASHTO ) : <b>BUENO</b>
Nº 8	2.360						Descripción ( SUCS ) <b>Grava bien gradada con arena</b>
Nº 10	2.000	<b>427.6</b>	8.6	86.6	13.4		
Nº 16	1.190						Índice de Liquidez:
Nº 20	0.840	<b>187.2</b>	3.8	90.4	9.6		Índice de Consistencia:
Nº 30	0.600						Estado del Suelo:
Nº 40	0.425	<b>74.6</b>	1.5	91.9	8.1		<b>OBSERVACIONES :</b>
Nº 50	0.300						Bolonería > 3" :
Nº 80	0.177						Grava 3" - Nº 4 : <b>77.9</b>
Nº 100	0.150	<b>86.4</b>	1.7	93.6	6.4		Arena Nº4 - Nº 200 : <b>17.9</b>
Nº 200	0.075	<b>111.8</b>	2.3	95.9	4.1		Finos < Nº 200 : <b>4.1</b>
< Nº 200	FONDO	<b>204.4</b>	4.1	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**





**Constructora TP**  
Grupo OHL



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-07  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO KISHUARA III

**LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

**OBRA** : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
**TRAMO** : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214  
**MATERIAL** : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
**PARTIDA** : 205.C. Excavación en Material Común  
**UBICACIÓN** : Km 362+200 A 362+200

**INFORME N°** : LAB-JUN-13  
**TEC. LABORATORIO** : Lucio Lazarte P.  
**ING. RESPONSABLE** : Manuel Cruz B.  
**FECHA** : 05-jun-13  
**CERTIFICADO N°** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : T-11 **TAMAÑO MAXIMO** : N° 40  
**MUESTRA** : M-001  
**PROF. (m)** : Prog. : Km 362+200

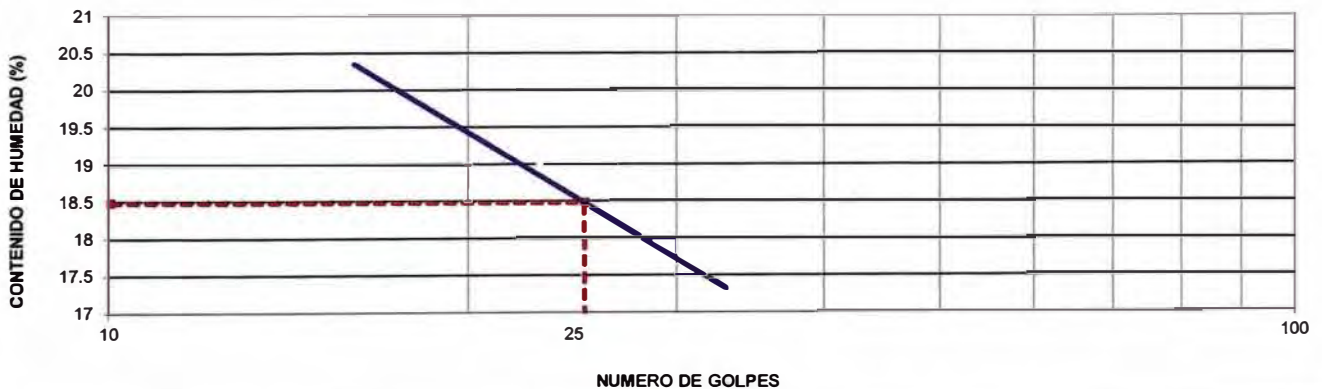
**LIMITE LIQUIDO**

N° TARRO		16	11	7
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	37.88	51.37	31.98
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	34.27	47.89	28.97
PESO DE AGUA	(g)	3.61	3.48	3.01
PESO DEL TARRO	(g)	14.08	29.60	14.13
PESO DEL SUELO SECO	(g)	20.2	18.3	14.8
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.9	19.0	20.3
NUMERO DE GOLPES		28	23	16

**LIMITE PLASTICO**

N° TARRO		4	13
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	17.08	16.50
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.45	16.05
PESO DE AGUA	(g)	0.6	0.4
PESO DEL TARRO	(g)	11.90	12.73
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.6	3.3
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	13.8	13.6

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	18
LIMITE PLASTICO	14
INDICE DE PLASTICIDAD	4

OBSERVACIONES





**Constructora TP**  
Grupo OHL



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-06  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO KISHUARA III

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

(NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

**OBRA** : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
**TRAMO** : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 356+000 al Km. 386+214  
**MATERIAL** : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
**PARTIDA** : 205.C. Excavación en Material Común  
**UBICACIÓN** : Km 366+830 A 366+870

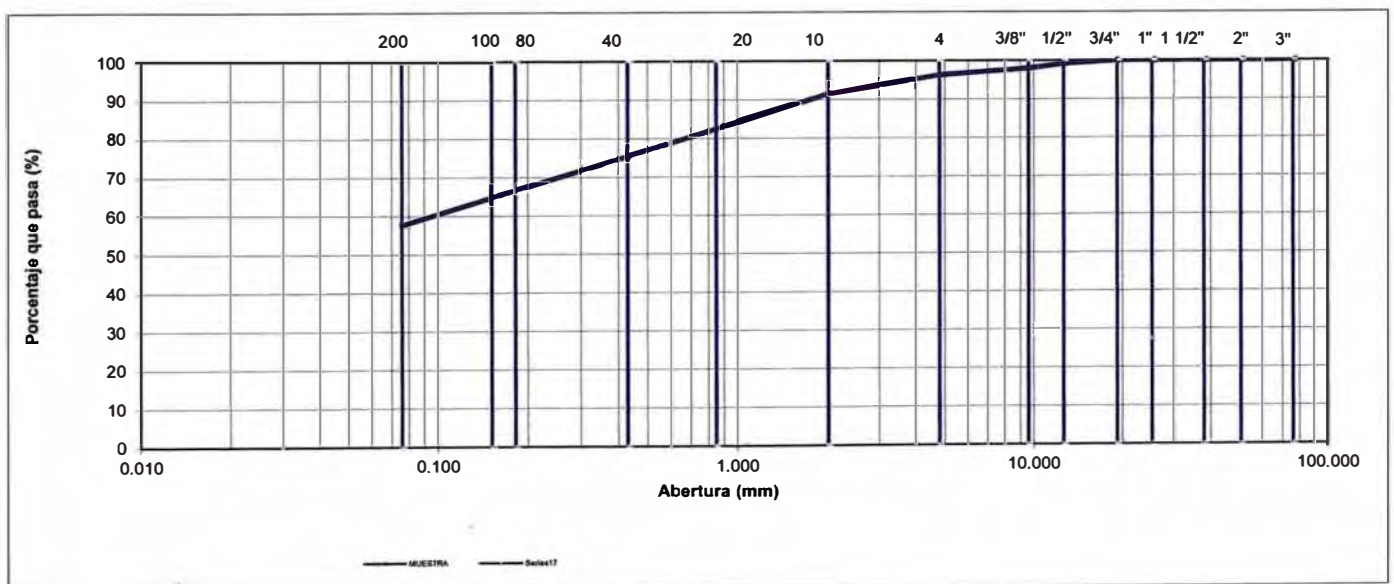
**INFORME N°** : LAB-JUL-13  
**TEC. LABORATORIO** : Lucio Lazarte P.  
**ING. RESPONSABLE** : Manuel Cruz B.  
**FECHA** : 11-jul-13  
**CERTIFICADO N°** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MUESTRA** : 5-M1 **TAMAÑO MAXIMO** :  
**TALUD** : Der. **Peso inicial seco** : 803.3 g.  
**PROF. Cal. (m)** : 0.50m. **Prog.** : Km 366+840 **Peso lavado seco** : 339.7 g.

TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : <b>15.7</b>
2"	50.800						Límite Líquido (LL) : <b>35</b>
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP) : <b>14</b>
1"	25.400				100.0		Índice Plástico (IP) : <b>21</b>
3/4"	19.000				100.0		Clasificación (SUCS) : <b>CL</b>
1/2"	12.500	7.0	0.9	0.9	99.1		Clasificación (AASHTO) : <b>A-6</b>
3/8"	9.500	9.2	1.1	2.0	98.0		Índice de Grupo : <b>(8)</b>
Nº 4	4.750	13.9	1.7	3.7	96.3		Descripción ( AASHTO ) : <b>MALO</b>
Nº 8	2.360						Descripción ( SUCS ) : <b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>
Nº 10	2.000	38.3	4.8	8.5	91.5		
Nº 16	1.190						Índice de Liquidez:
Nº 20	0.840	65.8	8.2	16.7	83.3		Índice de Consistencia:
Nº 30	0.600						Estado del Suelo:
Nº 40	0.425	64.0	8.0	24.7	75.3		<b>OBSERVACIONES :</b>
Nº 50	0.300						Bolonería > 3" :
Nº 80	0.177						Grava 3" - Nº 4 : <b>3.7</b>
Nº 100	0.150	89.6	11.2	35.8	64.2		Arena Nº4 - Nº 200 : <b>38.5</b>
Nº 200	0.075	51.9	6.5	42.3	57.7		Finos < Nº 200 : <b>57.7</b>
< Nº 200	FONDO	463.6	57.7	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**





Constructora TP  
Grupo OHL



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-07  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO ESTARABAN

**LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

**OBRA** : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
**TRAMO** : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 356+000 al Km. 386+214  
**MATERIAL** : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
**PARTIDA** : 205.C. Excavación en Material Común  
**UBICACIÓN** : Km 366+830 A 366+870

**INFORME N°** : LAB-JUL-13  
**TEC. LABORATORIO** : Lucio Lazarte P.  
**ING. RESPONSABLE** : Manuel Cruz B.  
**FECHA** : 12-jul-13  
**CERTIFICADO N°** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MUESTRA** : 5-M1 **TAMAÑO MAXIMO** : N° 40  
**TALUD** : Der.  
**PROF. Cal. (m)** : 0.70m. **Prog.** : Km 366+840

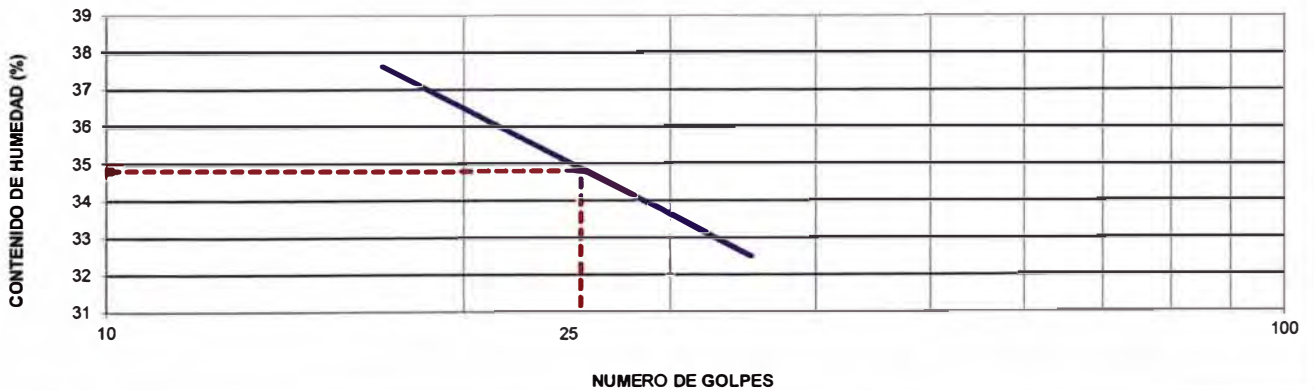
**LIMITE LIQUIDO**

N° TARRO		17	20	4
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	51.16	48.69	59.42
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.30	43.75	53.94
PESO DE AGUA	(g)	5.86	4.94	5.48
PESO DEL TARRO	(g)	29.63	29.92	37.46
PESO DEL SUELO SECO	(g)	15.7	13.8	16.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	37.4	35.7	33.3
NUMERO DE GOLPES		17	24	30

**LIMITE PLASTICO**

N° TARRO		15	20
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	16.94	16.68
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.39	16.15
PESO DE AGUA	(g)	0.6	0.5
PESO DEL TARRO	(g)	12.38	12.32
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.0	3.8
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	13.7	13.8

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO	35
LIMITE PLASTICO	14
INDICE DE PLASTICIDAD	21

**OBSERVACIONES**

--



CONSORCIO KISHUARA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CC/RG-17  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

**MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (Por Ignición)**

**MTC E 118 - 2000**

OBRA	: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	INFORME N°	: LAB-JUL-13
TRAMO	: Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 356+000 al Km. 386+214	TEC. LABORATORIO	: Lucio Lazarte P.
MATERIAL	: Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)	ING. RESPONSABLE	: Manuel Cruz B.
PARTIDA	: 205.C. Excavación en Material Común	FECHA	: 11-jul-13
UBICACIÓN	: Km 366+830                      A 366+870	CERTIFICADO N°	:

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA	<b>5-M1</b>	TAMAÑO MAXIMO :	<b>N° 10</b>
TALUD	: Der.		
PROF. Cal. (m)	: <b>0.70m.</b>	Prog.	: Km 366+840

IDENTIFICACION							Promedio
MUESTRA							
		1	2				
1	Peso Tarro (plato porcelana )	35.46	35.76				
2	Peso Material	26.45	26.53				
3	Peso Tarro + material ( Ignición 445°C 10°C)	61.91	62.29				
4	Peso Tarro + Material Ensayado	61.15	61.75				
5	Peso de Materia organica (gr)	0.76	0.54				
6	Porcentaje de Materia organica	2.958	2.078				<b>2.518</b>

OBSERVACIONES:

---



---



---



---









LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CC/RG-51  
Version: 01  
Fecha: 01.12.13

CONSORCIO KISHUARA III

REGISTRO DE ENSAYO DPL

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente 02 Km. 356+000 al Km. 386+214  
MATERIAL : Terreno Natural Zona de Corte (Tahudes )  
PARTIDA : 205.C. Excavación en Material Común  
UBICACIÓN : Km: 366+830 A Km: 362+147

INFORME N° : LAB-JUL-13  
TEC. LABORATORIO : Lucio Lazzarte P.  
ING. RESPONSABLE : Manuel Cruz B.  
FECHA : 11-jul-13  
CERTIFICADO N° :

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : 5-M1  
TALUD : Der.  
PROF. Cal. (m) : 0.50m. Prog. : Km 366+840

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA	
			N SPT	F (°) suelo friccionante	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	N° de golpes	
						N <sub>DPL</sub> = $\frac{\quad}{10 \text{ cm}}$	
0.50	Grava bien gradada con arena y arcilla, color plomo, en estado solido, de mediana plasticidad, poca humedad , compacidad media y de consistencia dura.	GC	2	21.3	-		
1.00			4	23.9	-		
1.50			6	26.0	-		
2.00			6	26.0	-		
2.50			8	27.6	-		
3.00							
3.50							
4.00							

OBSERVACIONES :





**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-06  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO KISHUARA III

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

(NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

**OBRA** : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
**TRAMO** : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214  
**MATERIAL** : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
**PARTIDA** : 205.C. Excavación en Material Común  
**UBICACIÓN** : Km 380+760 A 380+760

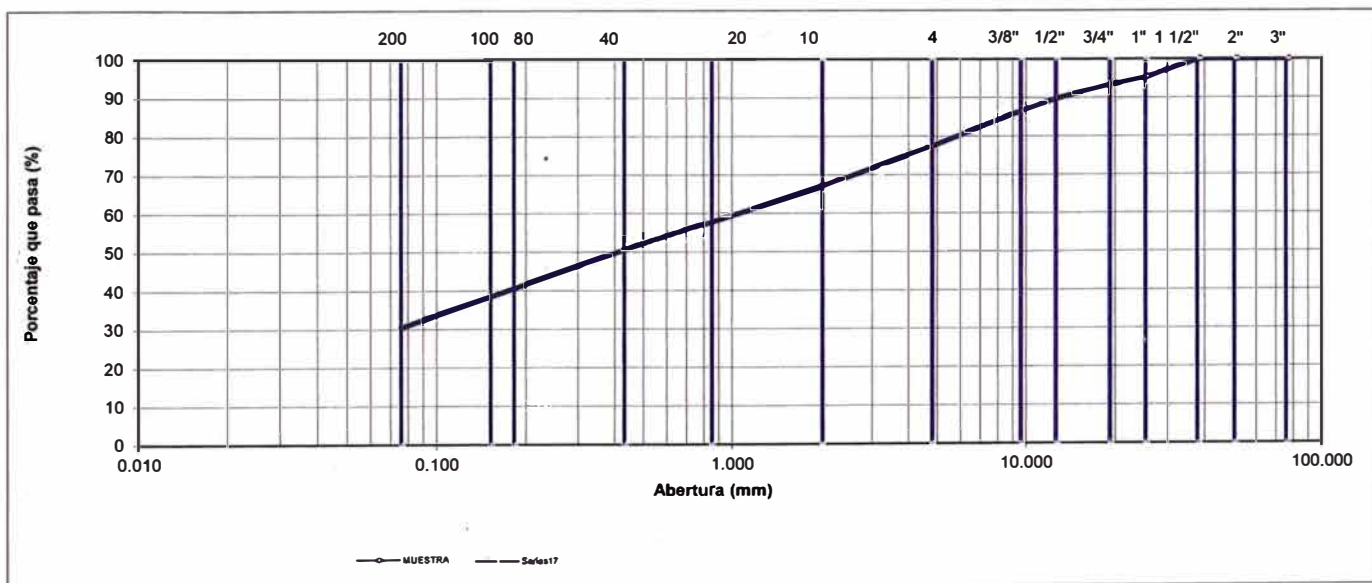
**INFORME N°** : LAB-JUN-13  
**TEC. LABORATORIO** : Lucio Lazarte P.  
**ING. RESPONSABLE** : Manuel Cruz B.  
**FECHA** : 03-jun-13  
**CERTIFICADO N°** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TALUD** : T-5 **TAMAÑO MAXIMO** :  
**MUESTRA** : M-001 **Peso inicial seco** : 3064.8 g  
**PROF. (m)** : Prog. : Km 380+760 **Peso lavado seco** : 2129.8 g

TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : <b>2.9</b>
2"	50.800						Límite Líquido (LL) : <b>29</b>
1 1/2"	38.100				100.0		Límite Plástico (LP) : <b>15</b>
1"	25.400	<b>146.0</b>	4.8	4.8	95.2		Índice Plástico (IP) : <b>14</b>
3/4"	19.000	<b>60.4</b>	2.0	6.7	93.3		Clasificación (SUCS) : <b>SC</b>
1/2"	12.500	<b>107.6</b>	3.5	10.2	89.8		Clasificación (AASHTO) : <b>A-2-6</b>
3/8"	9.500	<b>98.6</b>	3.2	13.5	86.5		Índice de Grupo : <b>(0)</b>
N° 4	4.750	<b>280.2</b>	9.1	22.6	77.4		Descripción ( AASHTO ) : <b>REGULAR</b>
N° 8	2.360						Descripción ( SUCS ) : <b>Arena arcillosa con grava</b>
N° 10	2.000	<b>319.0</b>	10.4	33.0	67.0		
N° 16	1.190						Índice de Liquidez:
N° 20	0.840	<b>262.6</b>	8.6	41.6	58.4		Índice de Consistencia:
N° 30	0.600						Estado del Suelo:
N° 40	0.425	<b>238.8</b>	7.8	49.4	50.6		<b>OBSERVACIONES :</b>
N° 50	0.300						Bolonería > 3" :
N° 80	0.177						Grava 3" - N° 4 : <b>22.6</b>
N° 100	0.150	<b>357.6</b>	11.7	61.0	39.0		Arena N°4 - N° 200 : <b>46.9</b>
N° 200	0.075	<b>259.0</b>	8.5	69.5	30.5		Finos < N° 200 : <b>30.5</b>
< N° 200	FONDO	<b>935.0</b>	30.5	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**







**Constructora TP**  
Grupo OHL



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-06  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO KISHUARA III

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

(NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

**OBRA** : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
**TRAMO** : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214  
**MATERIAL** : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
**PARTIDA** : 205.C. Excavación en Material Común  
**UBICACIÓN** : Km 375+730 A 375+730

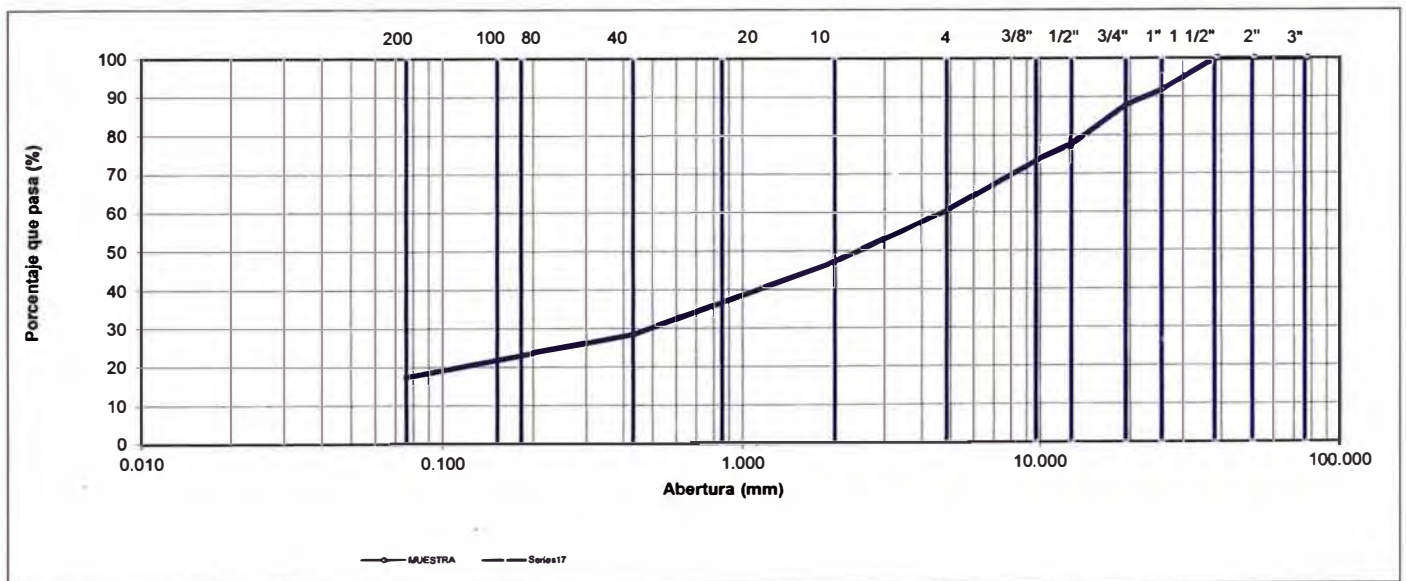
**INFORME N°** : LAB-JUN-13  
**TEC. LABORATORIO** : Lucio Lazarte P.  
**ING. RESPONSABLE** : Manuel Cruz B.  
**FECHA** : 03-jun-13  
**CERTIFICADO N°** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TALUD** : T-7  
**MUESTRA** : M-001  
**PROF. (m)** : Prog. : Km 375+730  
**TAMAÑO MAXIMO** :  
**Peso inicial seco** : 4580.0 g  
**Peso lavado seco** : 3782.2 g

TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : <b>3.0</b>
2"	50.800						Límite Líquido (LL) : <b>24</b>
1 1/2"	38.100				100.0		Límite Plástico (LP) : <b>13</b>
1"	25.400	<b>369.8</b>	8.1	8.1	91.9		Índice Plástico (IP) : <b>11</b>
3/4"	19.000	<b>188.4</b>	4.1	12.2	87.8		Clasificación (SUCS) : <b>SC</b>
1/2"	12.500	<b>469.2</b>	10.2	22.4	77.6		Clasificación (AASHTO) : <b>A-2-4</b>
3/8"	9.500	<b>196.8</b>	4.3	26.7	73.3		Índice de Grupo : <b>(0)</b>
Nº 4	4.750	<b>587.2</b>	12.8	39.6	60.4		Descripción ( AASHTO ) : <b>BUENO</b>
Nº 8	2.360						Descripción ( SUCS ) : <b>Arena arcillosa con grava</b>
Nº 10	2.000	<b>607.6</b>	13.3	52.8	47.2		
Nº 16	1.190						Índice de Liquidez:
Nº 20	0.840	<b>504.6</b>	11.0	63.8	36.2		Índice de Consistencia:
Nº 30	0.600						Estado del Suelo:
Nº 40	0.425	<b>353.4</b>	7.7	71.6	28.4		<b>OBSERVACIONES :</b>
Nº 50	0.300						Bolonería > 3" :
Nº 80	0.177						Grava 3" - Nº 4 : <b>39.6</b>
Nº 100	0.150	<b>335.0</b>	7.3	78.9	21.1		Arena Nº4 - Nº 200 : <b>43.0</b>
Nº 200	0.075	<b>170.2</b>	3.7	82.6	17.4		Finos < Nº 200 : <b>17.4</b>
< Nº 200	FONDO	<b>797.8</b>	17.4	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**







CONSORCIO KISHUARA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CC/RG-07  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40  
(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
TRAMO : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214  
MATERIAL : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
PARTIDA : 205.C. Excavación en Material Común  
UBICACIÓN : Km 375+730 A 375+730

INFORME N° : LAB-JUN-13  
TEC. LABORATORIO : Lucio Lazarte P.  
ING. RESPONSABLE : Manuel Cruz B.  
FECHA : 04-jun-13  
CERTIFICADO N° :

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA T-7 TAMAÑO MAXIMO : N° 40  
MUESTRA : M-001  
PROF. (m) Prog. : Km 375+730

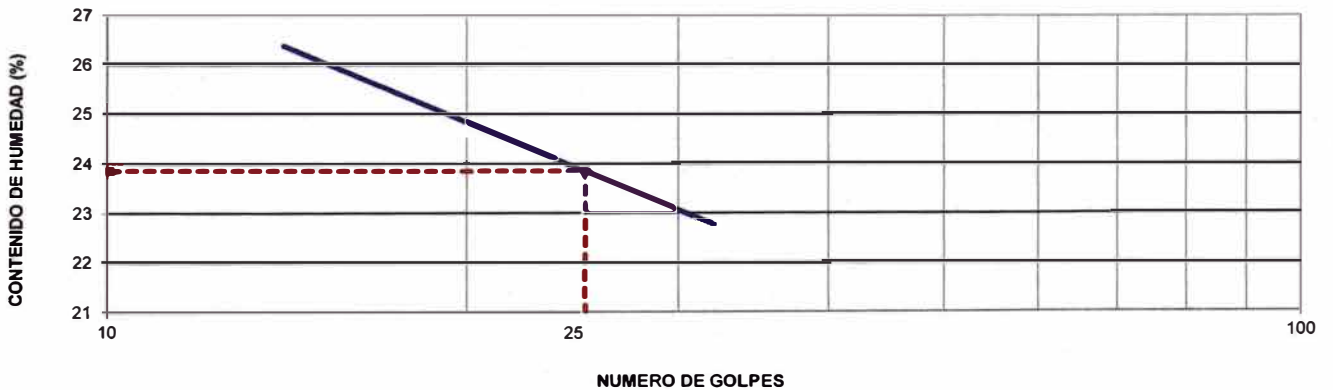
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	4	15	12
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	26.60	29.13	30.06
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	22.89	24.78	26.62
PESO DE AGUA (g)	3.71	4.35	3.44
PESO DEL TARRO (g)	7.17	7.13	13.62
PESO DEL SUELO SECO (g)	15.7	17.7	13.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.6	24.6	26.5
NUMERO DE GOLPES	27	20	14

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	11	18
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	20.72	24.13
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	19.93	23.44
PESO DE AGUA (g)	0.8	0.7
PESO DEL TARRO (g)	14.14	18.21
PESO DEL SUELO SECO (g)	5.8	5.2
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	13.6	13.2

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	24
LIMITE PLASTICO	13
INDICE DE PLASTICIDAD	11

OBSERVACIONES

--



**Constructora TP**  
Grupo OHL



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-06  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO KISHUARA III

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

(NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

**OBRA** : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
**TRAMO** : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214  
**MATERIAL** : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
**PARTIDA** : 205.C. Excavación en Material Común  
**UBICACIÓN** : Km 381+960 A 381+960

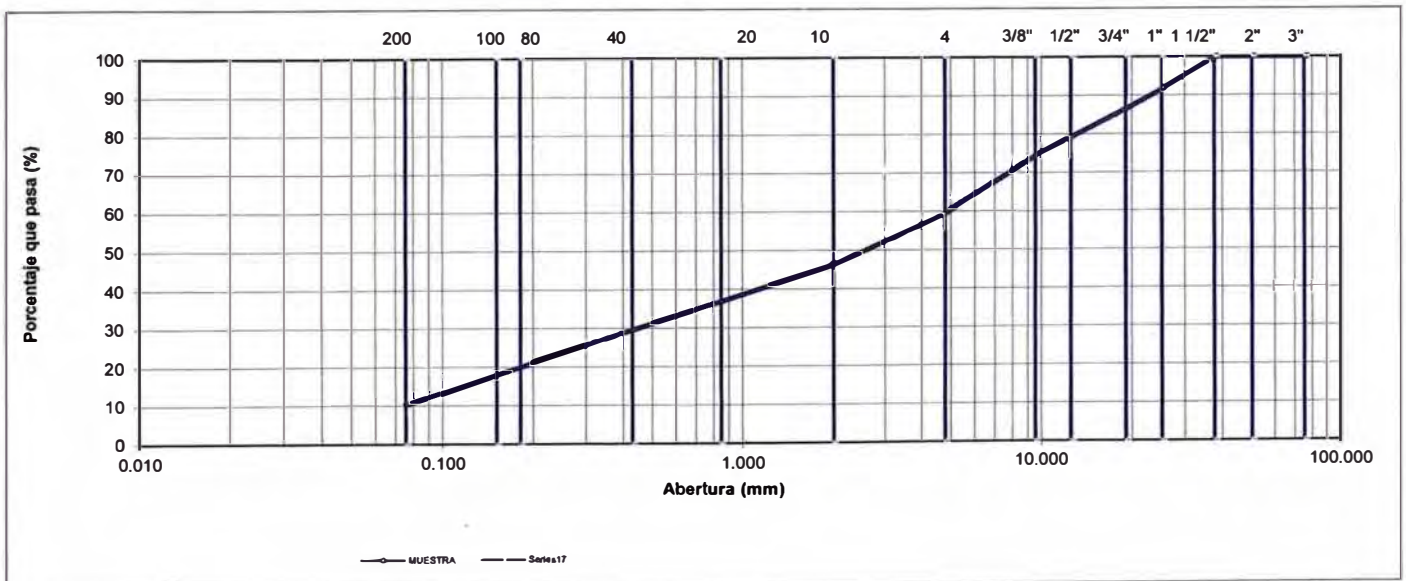
**INFORME N°** : LAB-JUN-13  
**TEC. LABORATORIO** : Lucio Lazarte P.  
**ING. RESPONSABLE** : Manuel Cruz B.  
**FECHA** : 03-jun-13  
**CERTIFICADO N°** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TALUD** : T-4  
**MUESTRA** : M-001  
**PROF. (m)** : Prog. : Km 381+960  
**TAMAÑO MAXIMO** :  
**Peso inicial seco** : 4891.4 g  
**Peso lavado seco** : 4389.0 g

TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : <b>3.9</b>
2"	50.800						Límite Líquido (LL) : <b>20</b>
1 1/2"	38.100				100.0		Límite Plástico (LP) : <b>13</b>
1"	25.400	<b>401.6</b>	8.2	8.2	91.8		Índice Plástico (IP) : <b>7</b>
3/4"	19.000	<b>260.6</b>	5.3	13.5	86.5		Clasificación (SUCS) : <b>SP - SC</b>
1/2"	12.500	<b>358.2</b>	7.3	20.9	79.1		Clasificación (AASHTO) : <b>A-2-4</b>
3/8"	9.500	<b>237.4</b>	4.9	25.7	74.3		Índice de Grupo : <b>(0)</b>
N° 4	4.750	<b>726.4</b>	14.9	40.6	59.4		Descripción ( AASHTO ) : <b>BUENO</b>
N° 8	2.360						Descripción ( SUCS )
N° 10	2.000	<b>645.4</b>	13.2	53.8	46.2		
N° 16	1.190						Índice de Liquidez:
N° 20	0.840	<b>478.6</b>	9.8	63.5	36.5		Índice de Consistencia:
N° 30	0.600						Estado del Suelo:
N° 40	0.425	<b>338.4</b>	6.9	70.5	29.5		<b>OBSERVACIONES :</b>
N° 50	0.300						Bolonería > 3" :
N° 80	0.177						Grava 3" - N° 4 : <b>40.6</b>
N° 100	0.150	<b>736.4</b>	15.1	85.5	14.5		Arena N°4 - N° 200 : <b>49.2</b>
N° 200	0.075	<b>206.0</b>	4.2	89.7	10.3		Finos < N° 200 : <b>10.3</b>
< N° 200	FONDO	<b>502.4</b>	10.3	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**







**Constructora TP**  
Grupo OHL



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

CC/RG-07  
Version: 01  
Fecha: 01.12.12

CONSORCIO KISHUARAH

**LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

**OBRA** : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay  
**TRAMO** : Dv. Kishuara – Puente Sahuinto Frente 02 Km. 359+000 al Km. 386+214  
**MATERIAL** : Terreno Natural Zona de Corte (Taludes)  
**PARTIDA** : 205.C. Excavación en Material Común  
**UBICACIÓN** : Km 381+960 A 381+960

**INFORME N°** : LAB-JUN-13  
**TEC. LABORATORIO** : Lucio Lazarte P.  
**ING. RESPONSABLE** : Manuel Cruz B.  
**FECHA** : 04-jun-13  
**CERTIFICADO N°** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : T-4 **TAMAÑO MAXIMO** : N° 40  
**MUESTRA** : M-001  
**PROF. (m)** : Prog. : Km 381+960

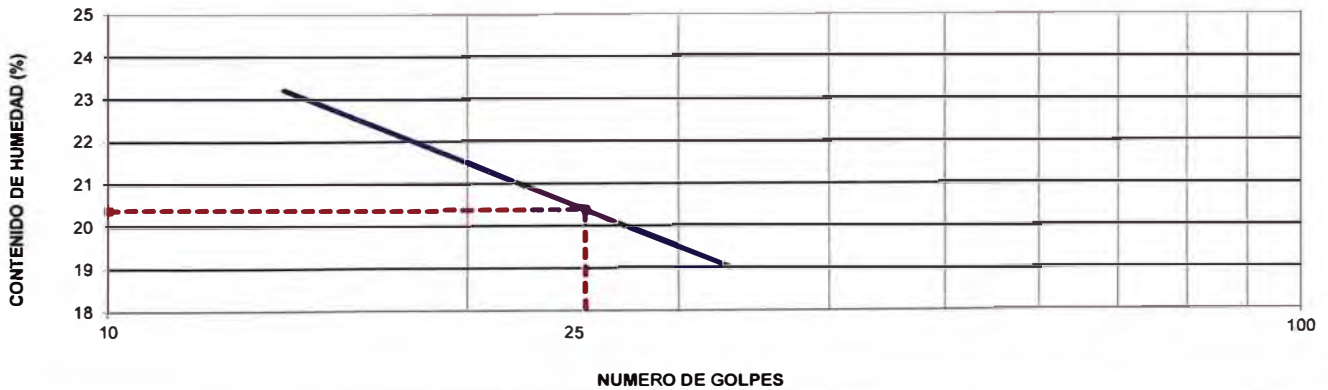
**LIMITE LIQUIDO**

N° TARRO		2	24	1
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	33.83	36.15	31.96
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	30.26	33.09	28.19
PESO DE AGUA	(g)	3.57	3.06	3.77
PESO DEL TARRO	(g)	12.20	18.73	11.93
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.1	14.4	16.3
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.8	21.3	23.2
NUMERO DE GOLPES		28	21	14

**LIMITE PLASTICO**

N° TARRO		9	17
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	16.15	16.74
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.11	15.66
PESO DE AGUA	(g)	1.0	1.1
PESO DEL TARRO	(g)	7.12	7.21
PESO DEL SUELO SECO	(g)	8.0	8.5
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	13.0	12.8

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO	20
LIMITE PLASTICO	13
INDICE DE PLASTICIDAD	7

**OBSERVACIONES**

--