

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD POR LA MODIFICACIÓN DEL ÁREA EN EL DEPÓSITO DE DESMONTE QUEBRADA BLANCA (ATOCONGO), EN VILLA MARÍA DEL TRIUNFO, PROVINCIA DE LIMA, 2018”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Salvador Surquillo, Franklin William

Asesor:

Mg. Ing. Luis Alfredo Colonio García

Lima - Perú

2018



## DEDICATORIA

A mi esposa e hijos.  
Por haberme apoyado en los momentos más importantes,  
por sus recomendaciones, sus valores, por la estimulación  
constante que me ha permitido concluir parte de mis  
aspiraciones, pero más que nada, por su amor.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por prevenir durante todo este camino y  
darme impulsos para superar obstáculos y peligros a lo  
largo de toda mi experiencia universitaria.

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	2
CAPÍTULO I . INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO II . MARCO TEÓRICO.....	11
CAPÍTULO III . DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....	38
CAPÍTULO IV . RESULTADOS .....	66
CAPÍTULO V . CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS .....	75
ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Elementos de Taludes.....	16
Tabla 2.2 Fallas de taludes .....	17
Tabla 2.3 Métodos para el cálculo de estabilidad de taludes .....	19
Tabla 2.4 Aceleraciones máximas esperadas del terreno (PGA) en zona de estudio .....	34
Tabla 3.1 Ensayos de la clasificación de suelos .....	41
Tabla 3.2 Ensayos de contenido de humedad .....	41
Tabla 3.3 Ensayo a la resistencia de corte directo .....	41
Tabla 3.4 Materiales y sus características.....	42
Tabla 3.5 Puntos de recolección de datos en la superficie topográfica.....	45
Tabla 3.6 Resumen de caracterización de material no consolidado .....	48
Tabla 3.7 Resumen de coeficientes sísmicos según el periodo de retorno .....	54
Tabla 3.8 Medición de los puntos de control en enero .....	64
Tabla 3.9 Medición de los puntos de control en febrero .....	64
Tabla 3.10 Medición de los puntos de control en octubre .....	65
Tabla 4.1 Resumen de los costos totales y unitarios.....	66
Tabla 4.2 Control de estabilidad de taludes botadores Qda. Blanca 15.....	68
Tabla 4.3 Coordenadas para el desplazamiento horizontal, vertical, del punto y velocidad .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Area de deposito de desmonte.....	4
Figura 1.2 Stock de yeso, clinker, caliza y perfil de depósito de desmonte Qda. Blanca .....	4
Figura 1.3 Muestra de desempeño de división minera .....	5
Figura 1.4 Evolución del backlog en millones de soles.....	6
Figura 2.1 Fallas de taludes .....	18
Figura 2.2 Ejemplo de deslizamiento de materiales en taludes .....	22
Figura 2.3 Esquema de falla circular .....	22
Figura 2.4 Sistema de dovelas para el análisis de estabilidad numérica.....	30
Figura 2.5 Diagrama de cuerpo libre utilizado para evaluación numérica de estabilidad .....	30
Figura 3.1 Ubicación del proyecto .....	38
Figura 3.2 Ejecución de la calicata C-2, en desmontera Quebrada Blanca .....	40
Figura 3.3 Recojo de material en la C-1 en la desmontera Quebrada Blanca.....	40
Figura 3.4 GPS Leica Timble R8 .....	43
Figura 3.5 Personal e instrumentos.....	44
Figura 3.6 Plano de composición topográfica .....	46
Figura 3.7 Mapa de factores de seguridad en análisis pseudo-estático .....	53
Figura 3.8 Mapa de factores de seguridad análisis estático .....	55
Figura 3.9 Mapa geográfico con propuesta de mejora.....	57
Figura 3.10 Vista isométrica N° 1 de la quebrada alta.....	58
Figura 3.11 Vista isométrica N° 2 de la quebrada alta.....	58
Figura 3.12 Vista isométrica N° 3 de la quebrada alta.....	59
Figura 3.13 Volúmenes de los sectores del Talud .....	60
Figura 3.14 Propuesta del talud con banquetas .....	60
Figura 3.15 Mapa de la quebrada blanca mejorado.....	61
Figura 3.16 Trabajadores en la toma de mediciones .....	62
Figura 3.17 Visión al BM Qda-11 hacia atrás .....	62
Figura 3.18 Visión al BM Qda-11 hacia adelante .....	63
Figura 3.19 Desmonte de la quebrada blanca .....	63
Figura 4.1 Desplazamiento horizontal – punto (L25).....	69
Figura 4.2 Desplazamiento– punto (L25).....	70
Figura 4.3 Desplazamiento vertical - punto (L25).....	70
Figura 4.4 Velocidad del desplazamiento - punto (L25) .....	71

## CAPÍTULO I . INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción de la empresa

En 1990 la empresa Cementos Lima (actualmente denominada UNACEM), contrató a la empresa San Martín Contratistas Generales para realizar la operación de la zona de Atocongo. Teniendo el resultado de esta operación se logró altos estándares, se extendió el contrato a otras canteras, por ejemplo como las ubicadas en Pucará y Tarma. Hoy la empresa San Martín Contratistas Generales es la principal empresa contratista, con 27 años de trabajo de forma continua. Se tiene entonces que UNACEM (2018) es una empresa que nació de la fusión de las compañías Cementos Lima y Cemento Andino, las cuales por más de 60 años han contribuido con la construcción de distintas estructuras importantes a nivel nacional, además de brindar insumos y herramientas de alta calidad, siendo reconocidas a nivel nacional, ayudando así al fortalecimiento de muchas comunidades en sus labores comunitarias. Dentro de su logística en materia de producción se cuenta con plantas industriales, las cuales son, a saber, la ubicada en Atocongo (Villa María del Triunfo) y la planta de Condorcocha (Tarma, Junín). Se tiene también que la empresa cuenta con visión ambientalista, usando elementos no dañinos al medio ambiente y ecológicamente amigables a fin de minimizar los impactos negativos en este sector.

#### 1.1.1. Misión y visión de la empresa

##### Visión

Dentro de la visión corporativa que tiene la compañía UNACEM, se tiene que los puntos más importantes son: brindar soluciones en el campo de la operación minera, además de la construcción e infraestructura.

##### Misión

Se tiene entonces que dentro de la misión que se plantea la compañía para el desarrollo de las actividades el objetivo es la orientación al cliente, el trabajo en equipo, la excelencia, integridad, sustentabilidad e innovación en sus procesos.

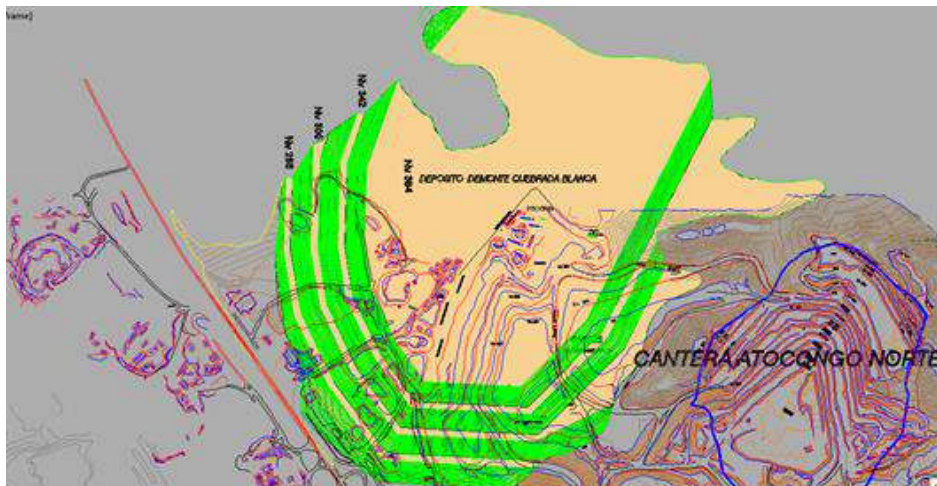
##### Valores

Los valores desarrollados por la empresa son: orientación al cliente, trabajo en equipo, excelencia en los productos que se entregan, integridad de los trabajadores en todos los procedimientos, sustentabilidad e innovación.

## 1.1. Realidad problemática

Se tiene que el depósito de desmorte Quebrada Blanca en su diseño inicial tiene un perfil con niveles 230, 258, 300, 342, 348 msnm con una altura de 154 metros y banquetas de seguridad de 20 metros en cada nivel y con una orientación en el talud de  $33^\circ$  (1.54H:1V). Debido al crecimiento de la empresa y la necesidad de la explotación de materia prima de caliza el desmorte se ha ido acondicionando dentro de la modificación del área con sus características de diseño originario, existiendo así en las dimensiones que presenta la altura y las banquetas de seguridad como de riesgo de falla y desprendimiento del talud, por lo tanto es necesario proponer como sostiene esta tesis el análisis de estabilidad que posee el talud por la modificación del área en el depósito de desmorte Quebrada Blanca.

Figura I.1 Area de deposito de desmorte



Fuente propia

Figura I.2 Stock de yeso, clinker, caliza y perfil de depósito de desmorte Quebrada. Blanca



Fuente propia



### 1.1.1. Situación Macroeconómica

La compañía UNACEM cuenta con una trayectoria mayor a 25 años de trabajo ininterrumpidos, en donde se ha logrado convertir en una de las compañías líderes del mercado peruano en el rubro correspondiente a la prestación de servicios mineros. Dichos servicios comprenden la elaboración de un presupuesto para el proyecto, la selección óptima de equipos a utilizar, el planeamiento, la ejecución de las acciones necesarias, la supervisión y control de los proyectos mineros especializándose en operaciones a tajo abierto. En el mencionado rubro sus servicios que provee la empresa se subdividen en: minería de superficie, tales como: perforación, voladura, carguío, entre otros; y también minería subterránea, tales como excavación, explotación, labores de sostenimiento, relleno, y otras actividades de similar tratamiento.

Figura I.3 Muestra de desempeño de división minera



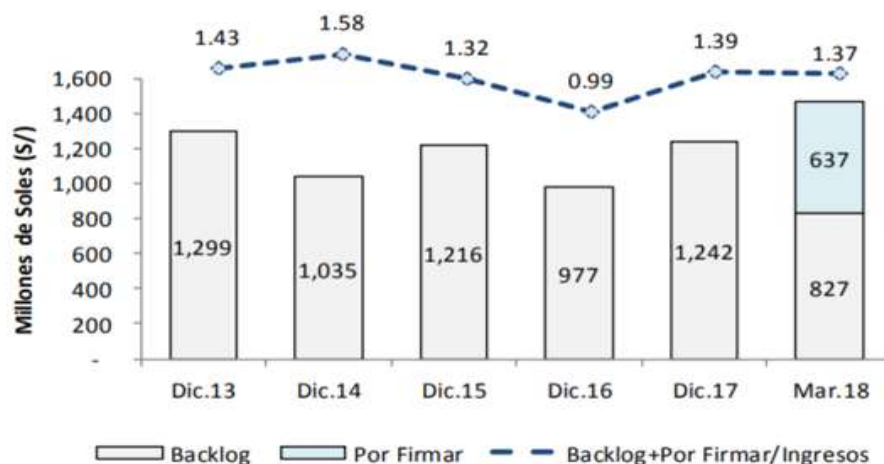
Fuente: San Martín contratistas

En relación a la división de minería, la compañía en estudio tiene como objetivos la maximización de la gestión de los equipos que posee, lo que es a saber, su principal capital; luego se tiene como meta incrementar los trabajos de movimiento de tierras y finalmente se plantea continuar con el programa de internacionalización que se da mediante de la exportación de los servicios mineros. Se tiene además que desde el año 2014 inició operaciones en España y en el 2016 inició operaciones en Colombia. Según lo indicado por la compañía al concluir el periodo 2018-2022 los ingresos acumulados de la división se ubicarán próximos a S/5,342 millones.

### 1.1.2. Situación microeconómica

En este sentido la cartera que se maneja de proyectos para los subsiguientes ejercicios se ha ubicado en S/.826.5 millones al 31 de marzo de 2018, lo que muestra un retroceso de 10.4% respecto a lo alcanzado en el año anterior durante los mismos meses. Cabe además señalar que existen contratos en que se encuentran en proceso de firma (actualmente en etapa de trabajo para la siguiente valorización) que elevarían el backlog a un nivel que se encuentra cerca de los S/1,463.3 millones (+S/636.8 millones). Respecto a su estructura, se tiene que el 69.2% se encuentra asociado a obras de minería y esto se encuentra explicado por la duración de dichos contratos; puesto que tienen una duración promedio mayor que los contratos de construcción. Como se puede identificar en el siguiente Figura 1.2, el backlog + contratos por firmar respecto a las ventas se mantiene en niveles cercanos a 1.4 veces (0.8 veces de considerar únicamente los contratos ya firmados).

Figura I.4 Evolución del backlog en millones de soles



Fuente: San Martín contratistas

Actualmente la empresa tiene 18 proyectos de servicios mineros con las principales compañías del Perú, tales como UNACEM, Shougang, Gold Fields, entre otros. Estos son por un plazo promedio de 2 años y que en marzo de 2018 sustentaron un backlog minero de S/572.2 millones. Es importante destacar que durante los últimos ejercicios se han firmado importantes contratos con Coimolache, Miski Mayo, Shoungang, Antacapaccay y Cementos Pacasmayo.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es riesgo de falla del talud en la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima – Perú?

### **1.2.2. Problemas específicos**

#### **1.2.2.1. Problema Específico 01**

¿Cuál es la exploración regional y el tipo de suelo o material del depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima - Perú?

#### **1.2.2.2. Problema Específico 02**

¿Cuál es el relieve de la superficie por la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima Perú?

#### **1.2.2.3. Problema Especifico 03**

¿Cuál es el factor de seguridad, riesgo de falla y desprendimiento del talud por la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima Perú?

#### **1.2.2.4. Problema Especifico 04**

¿Cuál será el diseño del Talud por la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima Perú?

#### **1.2.2.5. Problema Especifico 05**

¿Cómo Controlar la estabilidad de talud durante la operación de descarga en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima Perú?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Justificación teórica**

Al desarrollar el análisis acerca de la estabilidad de talud por la modificación del área en el depósito de Quebrada Blanca existe la imperiosa necesidad de optimizar el área donde se diseñará la nueva chancadora y el stock de la zona Industrial. Con los resultados de diseñar el talud del depósito de desmonte, se realizó mediante el levantamiento topográfico, mapeo geológico, el estudio Geomecánica, Geotécnica y zonificación del área, todo esto con la finalidad de evaluar la estabilidad del talud. En este trabajo se toman los ensayos de suelos, ensayos de mecánica de rocas, carga puntual y propiedades físicas, del estudio de ACOMISA 2017 para comparar los resultados del FS, y la disminución de la altura en 42 metros en el Nivel 384.

#### **1.3.2. Justificación práctica**

Es necesario realizar este trabajo de investigación, para el seguimiento del diseño y se detecte las desviaciones para así actuar y replanificar las modificaciones de la delineación que permitan alcanzar los objetivos.

#### **1.3.3. Justificación metodológica**

Para lograr los objetivos del estudio, se acude al empleo de técnicas de investigación como observación, toma de datos y su procesamiento en el software civil 3d SLIDE para la correlación de datos de las variables intervenidas, el programa Microsoft Excel para poder codificar y almacenar los datos que se van obteniendo y el diseño de los planos de las instituciones educativas seleccionados y trabajados en campo mediante Leica (GPS).

#### **1.3.4. Justificación cuantitativa**

En la presente investigación se busca cuantificar el volumen, y asimismo evaluar en el tiempo su máxima capacidad 6 millones de toneladas, en donde se puede planificar sus distancias 1Km, y los costos de operación del proyecto.

### **1.3.5. Justificación académica**

Se utilizan los conocimientos geología, topografía, mecánicas suelos, transporte caminos y los software Civil 3d, Slide, Leica Office, con el objetivo de contribuir a la comunidad universitaria, es decir, posteriormente, la investigación servirá para otras técnicas y continuar averiguando sobre reformas en la estabilidad de suelos, reducir los costos e impacto ambiental.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar el riesgo de falla del talud en la modificación del área en el depósito de Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima - Perú.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

#### **1.4.2.1. Objetivo específico 01**

Determinar la exploración regional y el tipo del suelo o material del depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima – Perú.

#### **1.4.2.2. Objetivo específico 02**

Determinar el relieve de la superficie por la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima-Perú.

#### **1.4.2.3. Objetivo específico 03**

Determinar el factor de seguridad, riesgo de falla y desprendimiento del talud por el método de Spencer en la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima - Perú.

#### **1.4.2.4. Objetivo específico 04**

Determinar el Diseño del Talud por la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca mediante software Slide 6.0, (Atocongo) 2018 Villa María del Triunfo, Lima Perú

#### **1.4.2.5. Objetivos específico n° 05**

Controlar la estabilidad de talud durante la operación de descarga en el depósito de desmonte Quebrada Blanca, Con las mediciones mensuales en el monitoreo de los puntos de control Bot. Qda. Blanca-11, Bot. Qda. Blanca-12, Bot. Qda. Blanca-15 (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima Perú.

## CAPÍTULO II . MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación desarrollada por Rodríguez (2017), titulada “Análisis de estabilidad del deslizamiento de Porciles (Asturias), para alcanzar el grado de magister en Ingeniería Geológica de la Universidad de Oviedo, España, tuvo como principal objetivo la modelización del talud desestabilizado, a través de la recopilación de datos para su posterior integración a un software SIG. Este análisis retrospectivo se realizó mediante un software que permitió la modelización de inestabilidades y a partir de esos datos se pudo realizar las pruebas de terreno, como son: los sondeos, calicatas, penetrómetros. Luego se mostró una modelización tratando de acercarse lo más posible a la realidad que permitió valorar la realidad acontecida, y así como plantear soluciones que lleven a cabo para resolver el problema, además se tuvo comparaciones de otras que pudieron haber significado una buena alternativa.

Dentro de las conclusiones de este trabajo se obtuvo que, en primer lugar se logró integrar los nuevos parámetros geotécnicos a este estudio que son empleados en los cálculos informáticos, y dado esto se encontró que las modelizaciones realizadas en este trabajo son distintas a las realizadas anteriormente, y se obtuvo como resultado factores de seguridad bajos. Luego se concluye que con la aplicación de medidas correctoras se obtienen resultados positivos puesto que se obtienen factores de seguridad cercanos al 1,5 lo que demuestra que en el talud es necesario un tipo de drenaje para garantizar su efectividad. Y además estos datos concuerdan con la auscultación mediante métodos topográficos e inclinométricos los que señalan que este talud permanece estable.

Según la investigación desarrollada por Bonifaz (2016) titulada “Estudio de Taludes en condiciones dinámicas para áreas urbanas en el cantón Esmeralda, sector Las Palmas”, para obtener el título de Ingeniero en Ingeniería Civil de la Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador; tuvo como principal finalidad analizar el talud en condiciones dinámicas en el sector Las Palmas, así como también determinar los parámetros que tienen sobre la resistencia al corte de suelo, determinar los factores de seguridad de deslizamiento

y proponer una medida de remediación a los deslizamientos que existen en la ladera de Las Palmas. Esto se dio puesto que el análisis realizado de estabilidad de los taludes permite mostrar el cálculo de coeficientes estáticos horizontales y verticales y mediante estos se calculan también las cargas sísmicas que posee la zona determinada.

Se planteó entonces la aplicación de medidas correctivas que permitan disminuir las posibilidades de riesgo dada la vulnerabilidad de este lugar. Luego de este análisis se alcanzaron las siguientes conclusiones: el suelo presenta un estrato superficial de hasta 8 metros de espesor, y parámetros de resistencia al corte de suelo de 21.29 grados de Angulo de fricción y 79 kPa de cohesión. También se obtuvo la demostración de la inestabilidad de la ladera pues los factores fueron de 0.511, 0.505 en condiciones dinámicas. Ahora dentro de las medidas de estabilización se sostuvo la construcción de un sistema talud-berma aliviaría el peso que genera el suelo y se lograría una mayor estabilidad.

El documento de investigación elaborado por Helios Consorcio Vial (2011), tuvo como objetivo principal brindar las pautas para el desarrollo de un proyecto vial dentro de la ruta del Sol, tramo uno, ejecutándose nuevos trazados geométricos y mejoras en los tramos de construcción actual. Dentro de los objetivos que son específicos se tiene pues, la identificación de zonas de inestabilidad, zonificar el trazado en función de la intervención que se requiere para la realización del proyecto, tener pautas geotécnicas para intervenir el área de estudio y por último efectuar los planos necesarios para la realización de la obra. Se tiene además que esta vía cuenta con pendientes superiores al 12% y alcanza una altitud máxima de 1800 msnm. Para el análisis se planteó en primer lugar una recopilación de datos útiles para la información del proyecto, luego teniendo esto se procedió a una evaluación geotécnica del campo en donde se encuentra el proyecto vial, para finalmente realizar las pruebas de estabilidad. Luego de todo este análisis se pudo obtener como conclusiones los siguiente: la identificación de los elementos contenidos en el talud los cuales son, a saber, suelos residuales, depósitos coluviales, depósitos aluviales, y rocas lutitas y limolita.

Se concluye también que dentro las zonas de transición es recomendable tener un margen de 10 metros en la zona de la pendiente más alta de los taludes con la pendiente más baja. Además se concluye dado los análisis realizados por las pruebas de estabilidad, que es necesaria la construcción de obras que ayuden a la labor de contención y obras para el



manejo de agua de cada sitio. Por último, se concluye que es importante y necesario la implementación de una zona de transición de 30 metros la cual se encuentra antes y después del tramo de menor pendiente, así como el monitorio del talud para tomar medidas de mantenimiento que permitan minimizar los riesgos en la zona.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

En la investigación desarrollada por Mendoza (2016), titulada “Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay”, para alcanzar el grado de Licenciado en Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú; tuvo como objetivo principal la realización de cálculos de factores de seguridad para determinar los parámetros de diseños de taludes de suelos de más de 100 metros de altura, utilizando así condiciones de estática y dinámica. Este aspecto general también implica el estudio de los suelos, la determinación de propiedades físicas del lugar, la evaluación de parámetros geotécnicos, y evaluar la estabilidad que presentan los taludes. Se tiene entonces que los taludes se encuentran en la localidad de la mina Antapaccay en la provincia de Espinar, departamento de Cusco con una altitud mayor de 4,000 msnm.

Para el análisis se usó el software Minesight, donde se realizó las pruebas de estabilidad empleando el método de equilibrio limite, además se tiene que los parámetros obtenidos fueron a partir de ensayos de densidad y corte directo. Dentro de las conclusiones que se pudieron obtener se tiene que la sección de estudio superaba los criterios aceptados como estables, pues se obtuvo:  $FS > 1.3$  en condiciones de estática y  $FS > 0$  en condiciones de pseudo – estática, teniendo como características la pendiente de 37 grados, 10 metros de altura y una plataforma de 20 metros de ancho en medio del talud. Se concluye además respecto a los métodos de seguridad que los FS son distintos pero de valores cercanos y se tiene entonces que en el caso de condiciones pseudo – estática la geometría del talud no influye de forma considerable en la estabilidad de este, dicho de otras palabras, la estabilidad está dada entonces por las características geotecnicas de los materiales presentes en el talud, aunque podría existir riesgo de licuefacción puesto que se cuenta con presencia de agua y estratos de arena.

Según la investigación desarrollada por Quea (2016) titulada “Diseño de estabilidad de taludes para el nivel de resistencia al corte en el frente minado del proyecto San Antonio y

María - Ananea", para obtener el título de Magister en Geotécnica y Geomecánica de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú; tuvo como objetivo principal el diseño de estabilidad de taludes para el nivel de resistencia al corte en el frente minado del proyecto San Antonio y María – Ananea y para alcanzar este objetivo principal, también se hizo uso de objetivos específicos, los cuales fueron la identificación del nivel de resistencia del talud y la determinación de factores de seguridad.

Esta investigación se da dentro de una coyuntura de varios accidentes por deslizamiento de bancos y además se tiene que en la zona los proyectos no trabajan con la debida planificación. Para esto se hizo uso de pruebas relacionadas al tema, tratando de explicar convenientemente la mecánica de la falla del talud natural, dadas las condiciones de relieve topográfico y geodinámica interna y externa; se tiene que también se hace uso del estudio de suelos, ensayos en laboratorio para obtener la mecánica de los suelos, así como también los cálculos para las ponderaciones de los portante del suelo, además de condiciones de humedad y gravedad, entre otros.

Dentro de las conclusiones obtenidas en esta investigación se tiene en primer lugar que, para el diseño de los taludes es importante la consideración del comportamiento del suelo, su resistencia al corte, además de la determinación de su ángulo y altura. Luego en segundo lugar se concluye que la resistencia que se presenta hacia el corte es de 1.5 KN/m<sup>2</sup>, observando que el suelo está conformado por partículas gruesas de arena arcillosa o limosa con grava. Y finalmente se concluye que dado los nuevos diseños planteados en la investigación se obtendrán bancos de FS: 1.1, para alcanzar una mayor estabilidad, altura de 10 metros para ángulos de 75 grados y 12 metros para bancos de 65 grados, lo cual reducirá los riesgos que se puedan asumir, y también se evitara los accidentes que sucedían con frecuencia.

En la investigación desarrollada por Salazar (2015), titulada “Metodología de investigación del diseño geotécnico para la estabilización de taludes en un proyecto en la Costa Verde”, para lograr el grado de Licenciado en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, tuvo como principal objetivo desarrollar una metodología de trabajo para la estabilidad de taludes, basada en las características geotérmicas del suelo, además de determinar las propiedades mecánicas que presentan los materiales que la componen, específicamente en la Costa Verde.

Para alcanzar este objetivo principal también se hizo uso de objetivos específicos, los cuales son, a saber, el cálculo de la estabilidad que tienen los taludes, determinar la aplicación de cimentaciones superficiales, así como también la determinación óptima de la inversión realizada para las actividades dirigidas a la estabilización. Se tiene entonces el planteamiento de las propuestas para el diseño geotécnico de la estabilidad de taludes, dado el desarrollo del proyecto de gran importancia que significa la Costa Verde para la región de Lima Metropolitana. Se empieza pues con explicar las características con una investigación previa, trabajos de campo realizados, la combinación de acciones en donde interactúan los elementos de sostenimiento del talud y las pruebas de estabilidad.

Finalmente en este trabajo se concluyen las siguientes ideas: la naturaleza del proyecto constituye un verdadero reto para la ingeniería, pues nunca antes se realizó un proyecto con este tipo de material; la aceleración tomada cuenta para el análisis pseudo – estático corresponde una fuerza lateral de 0.20, lo cual equivale a una aceleración máxima de 0.40 gr.; se ha tomado en cuenta en este estudio que los factores de seguridad mínimos requeridos son FS: 1.50 para un caso estático y FS: 1.10 para un caso pseudo – estático; los elementos de sostenimiento a instalarse incluyen los anclajes de barra para su correcto funcionamiento; y como conclusión final se tiene la adopción de distintas circunstancias que debe asumir la ingeniería para solucionar este problema, pues se necesita también el trabajo conjunto de especialidades como Geotecnia, Arquitectura y una especialización en Estructuras.

## **2.2. Taludes**

### **2.2.1. Definición Talud**

Se tiene entonces que la definición de la terminología de Talud es brindada dentro de un enfoque actual por Gerscovich (2013), que nos menciona que se le denomina que talud es toda aquella superficie que se encuentra en una orientación inclinada conformada por macizos rocosos. Dentro de la clasificación de los taludes, se tiene que estos pueden ser contruidos o de manera natural, se tiene una explicación más amplia a continuación:

#### **Taludes Naturales:**

Son aquellas expresiones que usualmente están formadas de manera natural por rocas, coluviales y suelos residuales. Se tiene entonces que los suelos coluviales están formados

por el resultado del transporte natural de las rocas y su interacción con el viento, así como la gravedad, y los suelos residuales normalmente se encuentran en el lugar donde fueron generados o formados por distintos procesos físicos o químicos que afectaron las rocas. Además, se tiene que los taludes formados de manera natural tienden a ser inestables por su configuración y están propensos a esta inestabilidad dada la interacción con las fuerzas naturales y la gravedad.

### **Taludes Construidos:**

Se tiene que estas estructuras que están presentes en obras como: vías, minas, presas, entre otras, lo que se muestra como el resultado de la naturaleza con la interacción del hombre mediante excavaciones, cortes y otras acciones en la construcción. Respecto a los cortes, estos deben ser ejecutados con una inclinación y altura determinada y adecuada para la estabilidad del talud y para esto se hace uso de distintas herramientas y metodologías de la Geomecánica de los materiales y de las condiciones del flujo de agua.

### **Problemática en la estabilidad de Talud**

En este punto se tiene los apuntes aportados por Moller (2011), el cual refiere que la estabilidad de un talud esta dado por algunos aspectos que se mencionarán más adelante. Para lograr una evaluación en la estabilidad del talud, es necesario un estudio donde se consideren los distintos tipos de suelos que lo componen, y la descripción también de las características de: resistencia que presnetea el suelo, ademas del perfil que tiene el talud, luego las condiciones de filtración de agua, superficie de deslizamiento, factores de seguridad y por último es necesario determinar la superficie de falla crítica. Se tiene también que se la referencia a la determinación de la altura considerada crítica del talud es importante, así como también la carga que sería necesaria para su colapso, esto dentro del campo de la geometría y la característica de los suelos.

### **2.2.2. Tipología de taludes**

Dentro de los taludes ubicados en las minas, se tiene que estos constan de distintos elementos importantes para su establecimiento, los cuales, gracias al estudio realizado por Mendoza (2016) serán explicados a través de un cuadro resumen que se presenta a continuación:

Tabla II.1 Elementos de Taludes

	<b>Símbolo</b>	<b>Concepto Matemático</b>	<b>Definición</b>
--	----------------	----------------------------	-------------------

<b>Altura de banco</b>	Hb	Altura de un Talud	Esta dada por consideraciones operacionales.
<b>Ángulo de banco,</b>	$\alpha b$	Ángulo que forma la cara del banco con la horizontal	Es útil para reducir los potenciales deslizamientos.
<b>Ancho de berma</b>	b	Distancia entre la pata del banco y su cresta	Está definida por el volumen de los derrames producidos por las inestabilidades.
<b>Altura interrampa</b>	Hr	Altura máxima o total de la rampa	Se determina gracias a las características de caracter geotécnicas de los materiales.
<b>Angulo interrampa</b>	$\alpha r$	Angulo formado entre la horizontal y las patas de los bancos	No corresponde a la inclinación que presenta el talud pero es útil para la planificación.
<b>Ancho de rampas</b>	Br	Determinada por el tamaño de los equipos que la atraviesan	Según decreto debe ser como mínimo 3 veces el vehículo más ancho de la mina
<b>Angulo global</b>	$\alpha o$	Angulo conformado por la horizontal y la línea imaginaria que une la pata del banco más inferior con la cresta del banco más superior.	
<b>Altura total</b>	Ho	Altura total del tajo, medido desde la pata del banco más inferior hasta la cresta del banco más superior	

Elaboración propia

### 2.2.3. Tipología de fallas

Ahora se tiene que según Oteo (2002) algunas explicaciones sobre las fallas que se pueden encontrar en un talud, son ocasionadas dependiendo de la morfología y la estratigrafía del talud. A continuación se muestra un cuadro que resume de manera didáctica las fallas que se pueden presentar.

Tabla II.2 Fallas de taludes

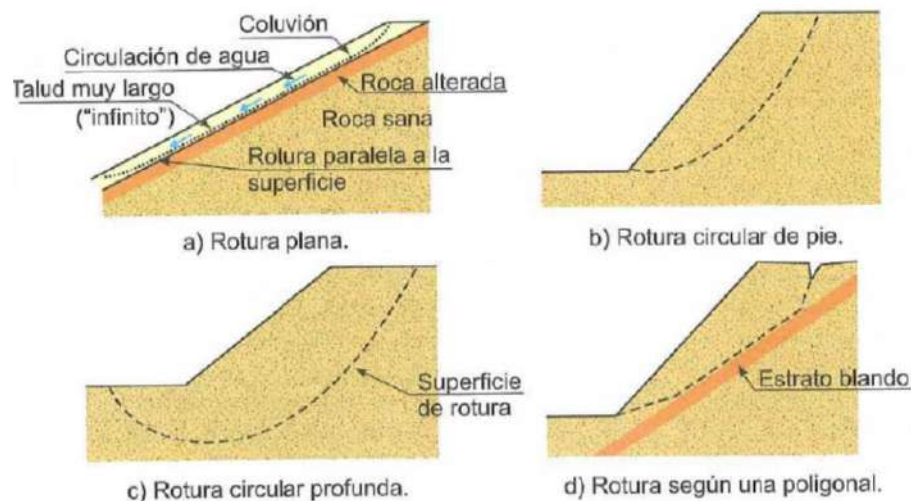
Tipo de falla	Descripción
<b>Rotura plana</b>	Cuando pasa por encima del llamado pie del talud, superficial

<b>Rotura circular de pie</b>	Cuando la rotura atraviesa exactamente por el pie del talud
<b>Rotura circular profunda</b>	Cuando la rotura pasa por el área debajo del pie del talud
<b>Rotura poligonal</b>	Cuando existe recubrimiento de los suelos sobre rocas

Fuente: Oteo (2002)

Se tiene luego de la explicación breve dada en el cuadro anterior, una figura que nos muestra visualmente como ocurren estas fallas, así como el área específica que afectan, esto como un complemento a la información mostrada.

Figura II.1 Fallas de taludes



Fuente: Oteo (2002)

#### 2.2.4. Estabilidad de los taludes

En este punto, se tiene según Bañón (2006), la estabilidad que presenta un talud es de vital importancia para la realización de proyectos o grandes obras, entonces es necesario tener un estudio sobre las características que tiene el suelo y su resistencia, además de planificar planes de acción ante deslizamientos que generen desastres. Dada esta problemática, la estabilidad de los taludes no está determinada únicamente por su ángulo de inclinación, sino más bien es establecida por la composición de materiales que el talud presenta, entonces se tiene que un talud compuesto de suelo con arena limpia y seca se encontrará con estabilidad si el ángulo que se forma por el de rozamiento interno es superior al que forma el talud con la línea horizontal, todo esto para casos de suelos sin cohesión; en los

suelos que no presentan cohesión la situación cambia, puesto que este ángulo aumenta porque a la fuerza que existe en el rozamiento interno se le añade la fuerza producida por la cohesión entre las partículas del suelo.

### 2.2.5. Métodos sobre el cálculo de la estabilidad de taludes de cuerpo libre y dovelas

Se tiene que para el presente análisis se encuentra la clasificación realizada por Duncan y Wright (2005), en donde se menciona que estos procedimientos se realizan para la totalidad de la masa del suelo limitada por la superficie del talud y que los métodos empleados para este análisis son dos, a saber, método de espiral logarítmica y método del talud infinito, los cuales serán explicados en el cuadro que se muestra líneas abajo:

Tabla II.3 Métodos de cálculo de estabilidad de taludes

	<b>Definición</b>	<b>Fórmula principal</b>	<b>Utilidad</b>
<b>Método de espiral logarítmica</b>	Supone que la superficie en donde se presenta la falla tiene la forma de un espiral	$r = r_0 e^{\theta \tan \phi} \dots$ Donde $\theta$ : ángulo de rotación $\phi$ : ángulo de fricción	Recomendado para realizar el análisis de taludes homogéneos
<b>Método del talud infinito</b>	Supone que el talud se extiende infinitamente en todas las direcciones y la superficie de falla se encuentra en un plano paralelo a la cara de dicho talud	$\eta = \frac{c + \gamma Z \cos^2 \beta \tan \phi}{\gamma Z \cos \beta \cdot \sin \beta}$	Recomendado para el análisis de taludes heterogéneos.

Fuente: Duncan y Wright (2005)

### 2.2.6. Procedimiento de análisis de la estabilidad

Para este estudio de estabilidad se tiene la pauta planteada por Sobarzo, Villalobos y King, (2011), donde se plantea que para establecer si un talud es estable, se necesita conocer los parámetros geométricos de este, así como también el material que lo compone. Ya determinado estos factores, entonces se tiene que el siguiente punto es realizar un estudio de la estabilidad en donde se utilizar el método del equilibrio límite el cual nos permite comparar las fuerzas resistentes, con las fuerzas que interactúan en favor del movimiento.

Conocidas ya estas características de los dos grupos de fuerza que interactúan, entonces se podrá establecer la seguridad del talud.

Para justificar el procedimiento de trabajo que se sigue en este análisis, se tiene la existencia de dos tipos de metodologías para el análisis de la estabilidad, los cuales son: el método de equilibrio límite y el análisis de las tensiones. Estos métodos brindan un respaldo conceptual sobre el tema a tratar dentro de la teoría de ingeniería y se justifican dada la practicidad de su aplicación, la cual debe ser estudiada de acuerdo a cada realidad encontrada.

Método del Equilibrio límite, se tiene que según Gerscovich (2013), este consiste en la determinación del punto de equilibrio de la masa activa que compone el suelo, la cual está delimitada ya sea por una superficie de ruptura plana, circular o poligonal. Para este estudio se asume una ruptura del suelo, en donde todos los factores que lo componen han sido alcanzados de manera simultánea, entonces se tiene que analizar los factores de seguridad. Este método es el más usado dada su sencillez, practicidad y veracidad con los resultados hallados en la realidad.

Método de análisis de tensiones o también llamado método de análisis de esfuerzos, dado también el análisis proporcionado por Gerscovich (2013), está basado en el análisis de esfuerzos y deformaciones, para lo que se requiere programas fundamentales para la aplicación, los cuales también determinan las características principales de los elementos que componen el suelo (tales como anisotropía, heterogeneidad, etc). Se tiene que estos programas son el método de las diferencias finitas (MDF) y el método de elementos finitos (MEF). Ya para el análisis se realiza la comparación de los esfuerzos cortantes movilizados contra los esfuerzos de resistencia al corte.

### **2.2.7. Obtención del factor de la seguridad**

Para esta determinación se puede contar con el aporte dado por Benyeto, Gutierrez, Mrogisnki, Di Rado, Hector y Awruch (2011), donde se menciona acerca del factor de la seguridad que está definido por la estabilidad de los elementos del talud, además que se expresa a través de su resistencia incremental ante una fuerza constante y a la suma de la fuerza movilizadora del corte, todo esto a lo largo del área de la superficie de falla. Se tiene también que este es un procedimiento donde se combinan los análisis por tensiones de los



elementos, sumados a los conceptos del método en donde se analiza por equilibrio límite, y en consecuencia se obtiene un factor de seguridad la general que está basado en dichas tensiones calculadas por los procesos mencionados anteriormente.

### **2.2.8. Cambios en la geometría del talud**

Se tiene según Ortuño (2004), que para la realización de ciertas modificaciones o cambios en la geometría del talud es muy frecuente el uso de máquinas para estos procedimientos de retirar el terreno deslizado. Esto debe ser realizado teniendo en cuenta la suavización de la pendiente, que viene a ser un ligero cambio en un terreno para que sea homogéneo y con cohesión. Entonces se tiene que a través del aumento de la pendiente, el coeficiente de seguridad disminuye, mostrando así una relación causa - efecto, en consecuencia se observa que mientras menos altos y más suaves sean los taludes, mayor seguridad brindarán.

### **2.2.9. Criterios para el diseño de los taludes**

Para este caso, se tiene tres criterios mencionados por Santamarta (2003), el cual evalúa algunos aspectos relacionados al talud en una explotación mediante cielo abierto, dado que gracias a la consideración de la estabilidad, la efectividad económica de los mismos y la seguridad, en donde se tiene que los aspectos más importantes en este tema son los mencionados a continuación:

- Colapso de manera parcial de un banco
- Colapso de manera general de un banco
- Caída o deslizamiento de rocas que se encuentran sueltas

### **2.2.10. Modelos y tipos de deslizamiento**

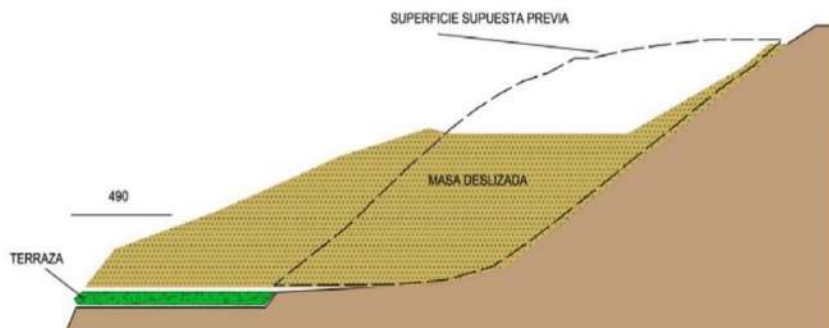
Se tiene para la comprensión de los tipos de deslizamiento que sufren los taludes, la clasificación establecida por Skempton y Hutchinson (1969), donde se agrupan en tres tipos, a saber, desplazamientos (falls), deslizamientos (slides) y flujos (flows), los cuales serán explicados con más detalle a de la manera siguiente.

#### a) Desprendimiento de materiales en taludes

Dentro de esta clasificación además se puede encontrar la presencia de dos casos representativos, en primer lugar el desprendimiento o caída de rocas que se presenta en

taludes escarpados con pendiente mayor a los  $40^\circ$ , estos casos ocurren cuando algunos factores externos alteran el estado de la roca y producen su movimiento y dado el ángulo del talud estos bloques pueden mantenerse intactos y sin sufrir cambios. Para el segundo caso se tiene que los taludes se encuentran adyacentes a un río, y la corriente de este logra erosionar la parte baja de los taludes ocasionando que estos elementos se desplomen desde la parte superior, de igual manera esto puede ocurrir en acantilados. Se tiene como ejemplo de esto la caída de piedras que ocurre en la base de los taludes de la costa ver como se muestra en la figura a continuación:

Figura II.2 Ejemplo de deslizamiento de materiales en taludes

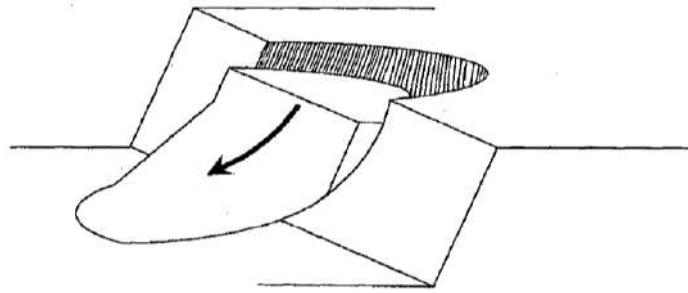


Fuente: Skempton y Hutchinson (1969)

#### b) Deslizamiento de materiales en taludes

Este fenómeno se da cuando las fuerzas que interactúan de manera conjunta sobre el talud que pueden ser de volcamiento o sollicitación son mayores a la fuerza de resistencia del talud. Se tiene dentro de esta categoría la presencia de 3 casos de manera particular y diferenciada. La primera que es la falla circular se da cuando la composición del talud es bastante débil y por esto surge una discontinuidad que recorre una trayectoria circular, en este caso se aprecian grietas en el área correspondiente la cresta del talud además de estar presentes también en el abombamiento del pie. Luego se tiene la falla plana que refiere a la existencia de discontinuidades planas en la roca o en el suelo del talud, y esta falla ocurre cuando la inclinación del plano de la falla es mayor al ángulo de fricción. Y por último se tiene también la falla no circular, donde se presenta el deslizamiento de poco material o estratos blandos en el talud, en donde surgen las llamadas grietas de tensión.

Figura II.3 Esquema de falla circular



Fuente: Salazar (2015)

### c) Flujo de materiales en taludes

Cuando se refiere a flujo, se tiene el concepto de movimientos relativos de elementos que interactúan con el talud, pudiendo ser estos desarrollados de manera rápida o lenta. Se tiene ahora que su ocurrencia está relacionada a la velocidad con la que transitan los materiales, dado que algunos suelos absorben el agua de manera rápida, sufriendo alteraciones y determinando así la velocidad del flujo. Se puede observar que este fenómeno sucede sobre rocas (donde la velocidad se distribuye a lo largo de las fracturas), residuos o detritos (donde los materiales se deterioran aún más por el proceso del flujo), suelos (que son los secos y por consecuencia de flujo lento), lodo (son muy finos y de velocidades altas), entre otros elementos.

## 2.2.11. Tipología de fallas

Dentro de este aspecto se tiene la clasificación que realiza Watson (2005), donde se mencionan distintos tipos de fallas que se presentan en los taludes, las cuales son explicadas de una manera más profunda a continuación:

- Falla por deslizamiento de carácter superficial

Esto se da por el efecto dado por el arrastre de las capas que se encuentran en la parte superior del terreno que se enraízan, los movimientos son relativos y se da las rupturas de bardas, luego se tiene la acumulación de suelos en el área de las depresiones y valles y falta de los mismos ya mencionados en las zonas altas.

- Falla pre-existente

Los taludes que son de origen natural, se encuentran en constante movimiento hacia la costa y esto produce deformaciones en partes pequeñas para luego convertirse en profundas. Muchas veces por la lentitud en la que actúan, suelen pasar inadvertidos.

- Fala por movimiento del cuerpo del talud

Se tiene además que según Flores (2003), este fenómeno recibe también el nombre de deslizamiento de algunas tierras, y son de dos tipos: en la superficie de una falla de tipo curva las cuales son llamadas rotación, y la segunda que se haya en las superficies débiles en su terreno de cimentación.

- Falla por flujo

Esto se da por movimientos que ocurren de manera rápida dentro de la superficie del talud, además son de duración breve. El material que fluye puede ser cualquier tipo de formación no consolidada, tales como: fragmentos de roca, arcillas francas, depósitos de talud, suelos granulares finos, entre otros.

- Falla por erosión

Esto se da producto de la interacción que tiene la superficie con el agua o viento de la naturaleza, siendo este caso el más notorio dentro de la clasificación de las fallas. Esta falla se manifiesta debido a las irregularidades que presenta el talud, y es difícil de que sea cuantificada de manera exacta pues es el resultado de muchos años de interacción.

- Falla por licuación

Se tiene que según Gavilanes (2003), esta falla existe dada la presencia de arcillas sensitivas en la composición del talud, además de contar con arenas poco compactas; estos elementos pasan de una condición estable a una suspensión con pérdida de resistencia. Las causas para que estos elementos mencionados aparezcan son: el incremento de elementos cortantes, el desarrollo de presión en los poros y el desarrollo de la presión de agua intersticial.

- Falla rotacional

Pueden ser producidas en las superficies que también son identificables con las superficies de manera cilíndricas o de forma conoidal en la cual el trazo con el plano del papel sea un arco con forma de circunferencia alcanzando una razonable aproximación. Resulta de manera apropiada establecer algún modelo matemático de falla el cual nos acerque a un cálculo numérico, en donde de manera general se influyen en la secuencia geológica de la localidad, el perfil estratégico que se presenta y la naturaleza de los elementos a emplear.

- Falla traslacional

Esta se da por el movimiento traslacional de cuerpos sobre la superficie del talud, que debido a su débil composición en los estratos logran la formación de agrietamientos. Estos son causados por arenas finas o limos y arcillas blandas, los cuales debido a la presión que se ejerce en los poros permiten el ingreso de agua en los estratos de la arena.

- Falla por superficies compuestas

Este tipo de fallas se da cuando existe el predominio dentro del talud de partes circulares o planas en donde se tiene que pudiendo ser de manera rotacional o traslacional, estas actúan en una repartición aproximada a la igualdad.

- Falla múltiple

Esto se da cuando actúan conjuntamente más de uno de los factores mencionados en esta clasificación, además puede ser de manera simultánea o en secuencia dadas las condiciones climatologías o de morfología en que se encuentre el talud.

## **2.3. Investigación geotécnica y geofísica en la Quebrada Blanca de VMT**

### **2.3.1. Conceptos previos para la investigación geotécnica del lugar**

De acuerdo con lo que se ha establecido dada la normativa y el conocimiento existente en la ingeniería civil se tiene el conocimiento de algunos conceptos preliminares importantes para el análisis que se presenta en esta tesis. Entonces se tiene que esta información a estudiar presenta aspectos importantes como la recolección de datos de manera preliminar, el reconocimiento del lugar, y la investigación que se realiza en el sitio de estudio.

#### **2.3.1.1. Recolección de información previa**

Esta información debe ser relevante para su recolección, además debe tenerse claro el uso que se le dará a esos datos observados en la realidad. Dentro de este tema se tiene que las instituciones calificadas para dar la normativa en este tema son: el Instituto Nacional Geográfico, el Instituto Nacional de Defensa Civil, la Autoridad Nacional del Agua, entre

otros que se explicaran junto con los conceptos importantes a conocer en este estudio, las cuales son:

- Información Hidrográfica publicada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y el Ministerio de Agricultura y Riego.
- Información importante respecto al lugar específico de la Municipalidad de Villa María del Triunfo.
- Mapas Topográficos del Instituto Geográfico Nacional (IGN), que es la institución rectora de cartografía en el Perú.
- Mapas de zonificación geotécnica proporcionados por INDECI.

### **2.3.1.2. Reconocimiento de sitio**

En este aspecto se tiene que, la persona encargada del estudio que se realiza en la zona debe tener claro las inspecciones a realizar en el proceso, para así poder tomar nota de las características más importantes en este reconocimiento, las cuales son explicadas a continuación:

- La naturaleza que presenta el estrato de los suelos y sus propiedades físicas, esto se obtiene mediante de reportes de subsuelo de las estructuras cercanas a la zona de estudio.
- La topografía general de la zona a tratar, la existencia de zanjas o drenajes, acumulación de desmontes, entre otros aspectos.
- Los tipos de construcción que existen en los alrededores de la zona, ya sean de tipo urbana o estructuras industriales.
- Los cortes que puede presentar el suelo, hecho por carreteras o vías de acceso, este aspecto es conocido como la estratificación del suelo.
- El nivel de la capa freática determinado por las condiciones del lugar, dado la existencia de pozos o yacimientos de agua cercanos.
- La vegetación con la que cuenta el lugar.
- Las marcas que se encuentran en los edificios por el nivel de agua presente.

### **2.3.1.3. Investigación de sitio**

En esta fase el proyecto está determinado por la ejecución de planes, realizar excavaciones de prueba, así como la recolección de datos dentro de las observaciones previstas. También se tiene que es importante la determinación de una profundidad establecida mínima para la

excavación. Se tiene que no existen reglas claras para los pasos previos que se necesitan dentro de los programas de exploración, estos tiempos pueden disminuir o aumentar dadas las condiciones que se presenten en el estudio del subsuelo, se tiene entonces la situación donde si el suelo presenta condiciones de uniformidad, el tiempo será corto, pero si presenta un estrato heterogéneo, se necesitará un tiempo más amplio.

Se tiene que los estudios geotécnicos son importantes porque en primer lugar, constituyen un instrumento de consulta importante, en segundo lugar garantiza la seguridad con que se realizan las obras, y por último estos estudios sirven de sustento para el diseño de cimentaciones y otras obras de protección. El estudio que se realiza de manera externa, comprende también la descripción de las características topográficas, hidrológicas y geológicas que presenta la superficie, además la descripción de las condiciones en las que se encuentran las estructuras aledañas, así como también el entorno que rodea la zona de la estudio.

### **2.3.2. Importancia y variabilidad espacial en los suelos**

Gracias del desarrollo del conocimiento dentro de la ingeniería geotécnica en el Perú, se contemplan en análisis de los comportamientos que presentan los suelos y taludes, todo esto teniendo en cuenta las condiciones reales del suelo y así poder apreciar las condiciones físicas, geotécnicas, químicas y físicas de estos elementos. Dentro de este análisis se tiene el estudio de las incertidumbres en los suelos y la variabilidad espacial de los suelos, esto se presenta a continuación:

- Incertidumbre de los suelos, este estudio se realiza dado que no se tiene certeza de la composición que presenta el suelo y aquí se evalúan sus propiedades a través de los indicadores de cohesión, luego también es importante saber el ángulo de fricción, además el peso específico del suelo, los cuales representan los aspectos correspondientes a la resistencia al corte que tienen los suelos. Se tiene además que este estudio tiene una confiabilidad de acuerdo a la cantidad de datos que puedan haber sido recolectados y son de carácter experimental.
- Variabilidad espacial de los suelos, dada la condición variable de los suelos y esto se observa en los parámetros físicos en la realidad

y en este aspecto se tienen tres niveles de heterogeneidad los cuales son: heterogeneidad estratificada, cuando es resultado de procesos geológicos de gran escala, heterogeneidad litológica, se presenta en pequeñas zonas con masa aparentemente homogéneas, y por último la variabilidad inherente del suelo, lo que nos refiere la variación de las propiedades que componen el suelo dado los parámetros cuantitativo que se asignan.

## **2.4. Geología de la quebrada blanca de Villa María del Triunfo**

### **2.4.1. Geología local**

La zona de quebrada blanca del distrito de Villa María del Triunfo, es un lugar en expansión urbana, en la cual se encuentran también algunas fallas geológicas propias de la zona, las cuales no han sido impedimento para la construcción de viviendas y accesos de tránsito en el distrito. Ahora en la zona denominada la quebrada blanca se tiene relleno de acantilado con desmonte, donde se encuentran las excavaciones y mejoras para su habilitación. En este punto es donde se encuentran dos depósitos que se mencionan a continuación: depósitos antropogénicos, el área que alguna vez fue arenal o zona descampada ahora se encuentra con habilitación urbana y clasificación inicial que se tenía fue trastocada por el hombre, el cual mediante su necesidad de vivienda en una gran ciudad como Lima, elegido esta zona para su desarrollo y diario vivir. Adicionalmente se encuentra el depósito aluvial, esto es porque la zona cuenta con altas precipitaciones las cuales con la interacción de los materiales que existen en la superficie, logran ser trasladadas y así cambiar el diseño de dicha superficie.

### **2.4.2. Zonificación geológica**

La zonificación geológica de la zona a nivel local cuenta con la presencia de depósitos antropogénicos (debido al desarrollo urbano cerca de la zona), depósitos aluviales (debido a las constantes y fuertes lluvias que se presentan en su extensión) y depósitos coluviales (dado que esta zona es en cierta parte un desierto), estos dos últimos cuentan con la conformación de cantos rodados en matriz arenosa-limosa y finos mezclados, además de material limoso-arcilloso arenoso y material calcáreo. Entonces se tiene que además se cuenta con planos de zonificación geomorfológica para analizar la presencia de distintos elementos y sub - clasificaciones en la zona.

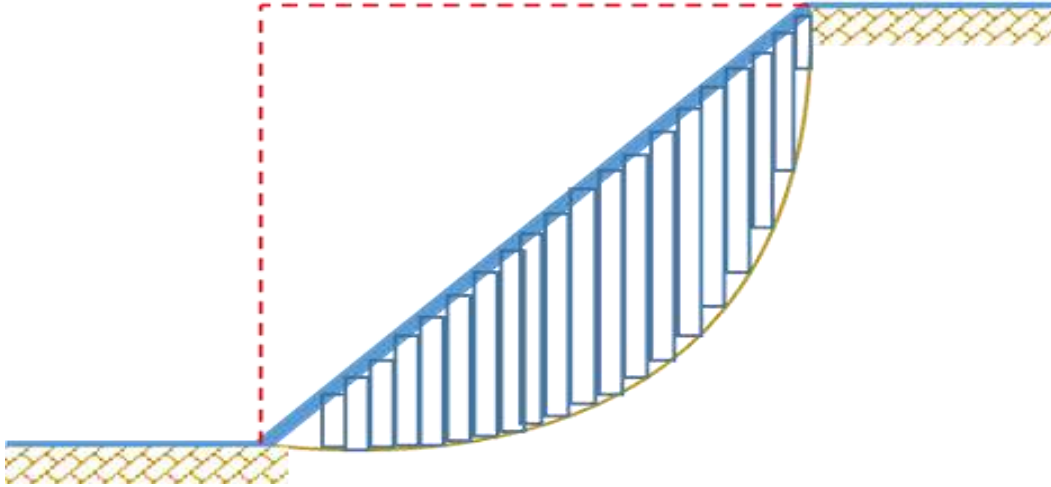


#### **2.4. Marco histórico**

La estabilidad de taludes es la teoría que estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud al momento de realizar un proyecto. Cabe señalar que cuando se analiza la estabilidad física de un talud se realiza la evaluación solo usando las propiedades físicas del sistema que se estudiara.

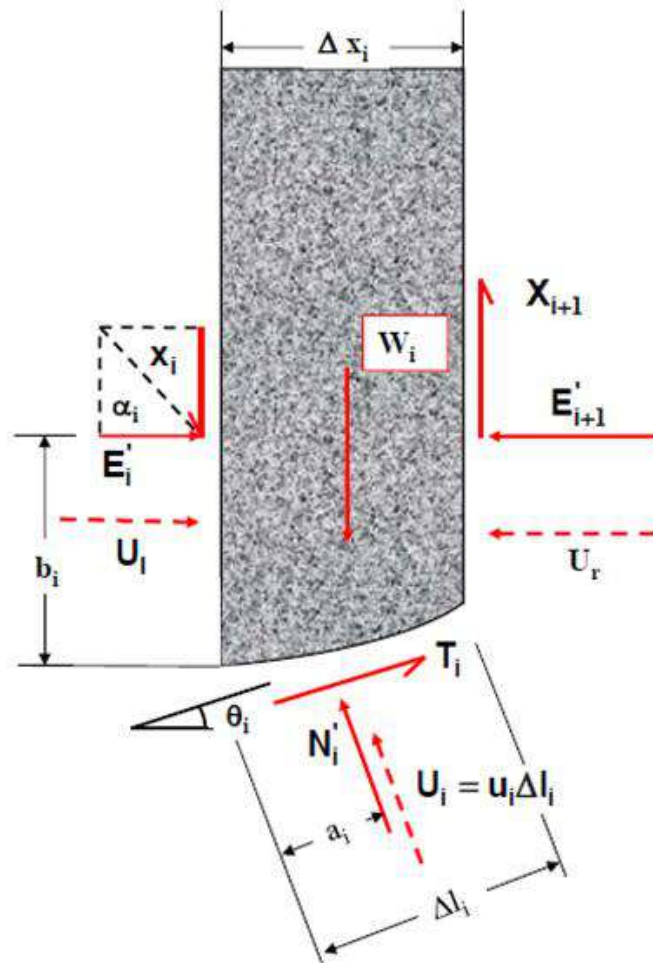
Dentro de las múltiples fallas que podría originarse en un talud, este estudio solo evaluará la posibilidad de falla circular, la cual es propia que se origine en un Botadero de desmonte. Para analizar este tipo de falla se tiene que desarrollar un modelo matemático-físico con el cual se simule el comportamiento de este sistema. Para tal motivo se simula el material no consolidado a manera de rebanadas con lo cual se puede alcanzar un comportamiento de varios sistemas, los cuales interactúan entre ellos. Dicha forma de modelar el terreno es llamada el Modelo de Fajas.

Figura II.4 Sistema de dovelas para el análisis de estabilidad numérica



Fuente: Mendoza (2016)

Figura II.5 Diagrama de cuerpo libre utilizado para evaluación numérica de estabilidad



Fuente: Mendoza (2016)

Debido a que este modelo matemático puede ser interpretado de diferentes formas, se han desarrollado múltiples formas en las cuales estas fuerzas entre las fajas o rebanadas interactúan. Debido a que este análisis es un sistema no determinado debido se ha tenido que asumir valores tales como la posición de las fuerzas o la inclinación de estas. Por tal motivo, se desarrollaron múltiples métodos con el cual cada autor asumió valores con el fin de resolver este sistema estático. A continuación, se explica los principales métodos que se usan y finalmente se determinará el método que se empleó para el análisis de estabilidad.

## 2.5. Conceptos teóricos

### a) Método de Fellenius

Este método consiste en considerar no apreciables las fuerzas existentes en las caras de las fajas de manera que no se logra satisfacer el equilibrio de las masas deslizantes ni tampoco de las fajas. Es, sin embargo, el más sencillo.

### b) Método de Bishop de manera simplificada.

Según Bishop (1955) se tiene que se asume que las fuerzas existentes de manera tangencial en las caras de las denominadas fajas son nulas, es decir  $X_i=0$ , entonces se reduce en  $n-1$  el número de incógnitas, lo cual nos lleva a un sistema sobre determinado, dado que el denominado equilibrio de las fuerzas de carácter horizontal no logran ser satisfechas una de las fajas.

### c) Método de Janbu simplificado.

Se tiene que en Janbu (1954) se asume de manera tácita que las fuerzas de carácter tangencial en las caras de las fajas son nulas, es decir que  $X_i=0$ , pero en este caso específico la ecuación que no satisface completamente el equilibrio es la ecuación de los momentos. Sin embargo, en este estudio Janbu introduce un factor importante de corrección, a saber,  $f_0$ , para compensar el problema existente. La ventaja de este método sobre los anteriores ya mencionados es que no exige que la superficie de rotura sea de forma circular.

### d) Método Spencer

En este proceso se asume que la inclinación dada la fuerza lateral resultante ( $q$ ) es la misma para cada dovela.

## 2.6. Reglamento Nacional de Edificaciones

En esta sección se tiene la información brindada por la autoridad correspondiente a nivel nacional en el tema de construcción y edificaciones, a saber, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el cual a través de sus distintas normativas dan a conocer los parámetros establecidos para distintos aspectos, los cuales se mencionan a continuación:

- Norma Técnica de Edificación E.020: Cargas

Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Sanamiento (2006), se tiene que debido al incremento en la construcción de estructuras, todas las edificaciones deberán tener una capacidad mínima asegurada a resistir para cargas, y se tiene que en ningún caso la capacidad mínima de resistencia deberá ser menor a lo establecido por esta norma, la cual suministra información relevante para no poner en riesgo la vida de personas dentro de estas edificaciones. Dentro de esta norma se consideran aspectos como la carga viva, la carga muerta, la carga móvil, así como factores que pueden influir en las mismas como el viento, agua, elementos térmicos, entre otros. Se tiene pues el establecimiento de pesos y medidas que deben ser cumplidas para la aprobación y licencia del proyecto o edificación que se realice.

- Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismo resistente

Se tiene ahora que según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017), que el establecimiento de la norma E.030, constituye el establecimiento de normas mínimas para tener un acertado grado de seguridad en el caso de ocurrencia de sismos u otros acontecimientos en la superficie. Dado que existen construcciones ya erigidas antes de la publicación de esta norma, este decreto aplica a las nuevas y se sugiere el reforzamiento de algunas estructuras que no presenten estos parámetros. Esta normativa toma en consideración los aspectos de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad y los indicadores que presenta están relacionados a estos elementos, por lo que se tiene en primer lugar, la diferenciación de cuatro zonas dentro del territorio nacional y a cada una le corresponden cierto grado en los indicadores, los cuales son por ejemplo: coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, sistemas de transferencia, estimación del peso, fuerzas de sistemas verticales, aceleración espectral, entre otros.

- Norma Técnica de Edificación E.060:

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a través de su ente especializado en construcción SENCICO (2009), regular los parámetros mínimos que deben tener los elementos correspondientes al departamento de construcción, tanto sea de concreto armado o simple. Se tiene que los cálculos, planos, detalles y otras especificaciones deben ser inspeccionados por ingenieros civiles especializados en el tema y también colegiados. Dentro de la información que se contiene, se mencionan aspectos relacionados a las normas empleadas para el diseño, parámetros para la carga viva y muerta en la tabiquería móvil, la resistencia específica a la comprensión al concreto, parámetros de resistencia y tipos de acero, detalles de anclajes y empalmes para el refuerzo, entre otras.

- Norma Técnica de Edificación E.070:

Se tiene en este aspecto que según SENCICO (2006), la norma técnica corresponde a aspectos de albañilería, específicamente a lo relacionado a muros confinados y muros armados, se tiene entonces que esto se aplica para estructuras como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios. A través de esta norma se plantea la exigencia de parámetros mínimos dentro de las construcciones, las cuales son complementadas por las normas E.030 y E.060. Aquí particularmente se nos menciona que las definiciones elementos a tratar son: los bordes al límite, el concreto líquido, las columnas, el confinamiento, los distintos tipos de muro, además de darnos componentes desde la clase de ladrillos a utilizar, hasta los usos de mortero y granulometría de la arena.

## 2.7. Riesgo sísmico

La zona donde se ubica las operaciones de UNACEM, ubicada aproximadamente en las coordenadas 76.88° de Longitud Este y 12.18° de Latitud Sur. Se tiene que dada la clasificación del IGP (Instituto Geofísico del Perú), esta zona está considerada como de "Sismicidad

Esta región está afectada por alguna actividad tectónica reflejada en sismos con epicentros próximos a la superficie (pocos kilómetros) y con epicentros profundos (hasta 700 km). Los sismos con epicentros profundos se encuentran relacionados con la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Continental Sudamericana; en tanto que los sismos con epicentros superficiales están relacionados con fallas regionales, entre las que se encuentran la falla de Huaytapallana, la falla de Cayesh y la Zona de Fallas de la Cordillera Blanca. La Información y los valores de aceleración y de coeficiente sísmico son extraídos del informe de "Cantera de Caliza Atocongo - Estudio Geotécnico de los Botaderos de Escombros" (SVS, 2006).

Tabla II.4 Aceleraciones máximas esperadas del terreno (PGA) en zona de estudio

Periodo de Retorno Tr (años)	2	5	10	50	100	150	200	300	400	500	1000	3000	10000
Probabilidad de Excedencia (%)	100	100	99,48	63,58	39,50	28,43	22,17	15,38	11,76	9,53	4,88	1,65	0,50
Aceleración Sísmica (g)	0,05	0,10	0,13	0,20	0,24	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,34	0,39	0,61

Fuente: Anddes (2018)

Por lo tanto, se tiene que según la tabla anterior, para el análisis sísmico de las instalaciones de UNACEM, Anddes recomienda utilizar un valor de 0,31g como aceleración máxima (PGA) a ser utilizada en el análisis de estabilidad física de taludes; esta aceleración corresponde a 500 años de período de retorno con 10% de probabilidad de ser excedido en 50 años de vida útil de los botaderos y de los tajos.

- Coeficiente sísmico: Debido a que la máxima aceleración sísmica se manifiesta sólo durante un periodo, es una práctica aceptada internacionalmente definir la aceleración de diseño de manera empírica como una fracción de la aceleración máxima. Entonces se tiene que según la “Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Botaderos de Residuos Sólidos Provenientes de Actividades Mineras” del MEM, dicha fracción está comprendida entre  $1/3$  y  $1/2$ . Para el presente estudio se ha previsto utilizar una fracción de  $1/2$ , por ser el escenario más conservador. Por lo tanto, ACOMISA recomienda utilizar un coeficiente sísmico de **0.16** para el análisis Pseudo estático correspondiente al Botadero de desmonte Quebrada Blanca.

## 2.8. Definición de términos básicos

Se tiene que la información necesaria para este apartado fue provista por Colegio de Arquitectos de Madrid (2015), entonces, se tiene la definición de terminos basicos de la siguiente manera:

- Alerta temprana: Se refiere a la información que es proveída de forma eficaz y oportuna mediante instituciones especializadas en el tema, la cual permite la toma de acciones de manera oportuna para reducir o, en el mejor de los casos, evitar riesgos.
- Altura del Talud: Esto es, la distancia física que se haya existente entre el pie del denominado talud y su cima o corona. Esta es fácil de determinar en taludes artificiales, pero se complica su medición en las laderas, dado que estos accidentes no están muy claros.
- Amenaza: Se refiere al evento que puede ocasionar cierto tipo de daños, ya sea a individuos o estructuras físicas, esta se da debido a la existencia de un agente que lo genera (ya sea geológico, químico o humano) o la acción en conjunto de ellos.
- Berma: Dícese del espacio que se encuentra llano en una posición sub- horizontal y esta esta erigida sobre la superficie del talud.
- Cabeza del Talud: Espacio en el cual se encuentra un cambio brusco de la pendiente en la zona superior del talud.

- Conformación del terreno: Es la formación a través de la cual, se cambia la forma o la elevación que posee la superficie del terreno determinado, ya sea por limpieza, relleno o corte.
- Corte: Se refiere pues, a las modificaciones mediante la excavación que puede sufrir la superficie de un terreno.
- Daño: Dícese del fenómeno de destrucción en cierto grado o el efecto adverso que puede sufrir una estructura, esta afecta a personas, bienes, distintos sistemas.
- Erosión: Este fenómeno se refiere al deterioro progresivo que puede sufrir un terreno, y es causado por el desgaste del suelo debido a su interacción con el viento o agua.
- Estudio de Estabilidad de Taludes: Este término expresa el análisis que se realiza de las determinantes que pueden influir en la estabilidad del talud, y se toma entonces un cálculo de los factores que permiten su seguridad y esto es realizado de acuerdo a los criterios establecidos en la normativa técnica actual.
- Estudio Geológico: Es el análisis realizado de acuerdo a las normas técnicas para determinar la geología del terreno.
- Estudio Geotécnico: Es el análisis realizado para determinar las propiedades de cierto terreno, así como su naturaleza, esto se realiza previamente al proyecto de la estructura y es de suma importancia para definir las condiciones de cimentación.
- Falla activa: Es el desplazamiento que ha surgido durante el periodo cuaternario, y se evidencia a través de la ruptura de superficies, además se tiene que pueden ser sísmicas y asísmicas.
- Pendiente: Se refiere a la medición de la inclinación que presenta un talud, esta puede ser representada en grados o en relación a la distancia horizontal que corresponde a una distancia vertical.
- Pie del Talud: Dícese de la parte inferior del talud que presenta un cambio brusco.



- Plan de gestión de riesgos: Es el cumulo de las actividades que, actuando de manera organizada, orienta la reducción de riesgos. Al tener estas condiciones se puede determinar la disminución de pérdidas materiales y consecuencias sociales que mejoran la calidad de vida de la población.
- Surcos: Son los canales de que se encuentran en la superficie, producto de una erosión, para ser considerados surcos, su profundidad no debe ser mayor a 30 centímetros, en caso de que exceda esta medida, se consideran cárcavas.
- Talud: Se refiere a la superficie inclinada de un terreno, con una altura superior a los 3 metros y una pendiente superior a los 30 grados respecto a la posición horizontal.
- Traza de falla: Es la línea que se forma debido a la intersección de la superficie de la tierra y una falla geológica.

## CAPÍTULO III . DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1. Ubicación del proyecto

La Unidad Administrativa de Atocongo se encuentra en el distrito de Villa María del Triunfo, provincia y departamento de Lima, a una altitud promedio de 300 msnm. El acceso a la Unidad Atocongo es mediante la carretera Panamericana Sur hasta Lurín. Geográficamente, la zona en estudio se encuentra en la costa y dentro de la cuenca del río Lurín, dentro del flanco izquierdo, en la quebrada Atocongo. En el Anexo D: Planos/Ubicación UB-01; se encuentra la localización exacta del área en estudio. Todos estos aspectos están contenidos en la figura que se muestra:

Figura III.1 Ubicación del proyecto



Elaboración propia

### **3.2. Desarrollo del objetivo 1:**

Para el desarrollo del primer objetivo planteado en esta tesis, se tiene que es necesario e importante, determinar la exploración regional y el tipo del suelo o material del depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima – Perú. Esto será explicado en las líneas siguientes a través de una mención de los aspectos más importantes en este tema, como son la geología regional, la formación de la pamplona, la formación Atocongo, entre otros.

#### **a. Geología Regional**

Para el aspecto regional, la unidad Cantera Atocongo, Botadero de Desmontes Quebrada Blanca, Guayabo y Puquio de Cementos Lima, están ubicadas en la costa central, extremo de la parte inferior de las estribaciones de la Cordillera de los Andes, afloran algunos depósitos de rocas, principalmente sedimentarias y volcánicas. Ver Anexo D: Planos/Geología Regional GE-01.

#### **b. Formación Pamplona (Ki-pa)**

Esta formación aflora al Suroeste de la Cantera Atocongo y consiste en secuencias de intercalaciones de calizas gris oscuras en estratificaciones delgadas, intercaladas con margas y lutitas gris verdosas de disyunción astillosa y suprayaciendo.

#### **c. La formación Atocongo (Ki-at)**

Esta formación es de origen calcárea, aflora en la extensión del área de estudio Canteras Atocongo, Cantera Atocongo Norte, litológicamente consiste de calizas de color gris plomizas, masiva y de textura micrítica, en la base de esta formación se nota facies arcillo – calcárea a una fase calcárea en estratos delgados; suprayaciendo.

#### **d. La formación Quilmaná (Kis-q/an)**

Esta formación aflora al norte de la Cantera Atocongo, y al sur de la Cantera Atocongo norte, compuesta de una secuencia de derrames andesíticos masivos en bancos gruesos de coloración gris a gris verdosa, textura porfirítica con variaciones afanítica y pseudo-estratificada con orientación Noreste – Suroeste y buzamiento 30° a 80° al Sureste, con presencia de silicificación por los efectos de la intrusión de cuerpos del Batolito andino.

Además, dentro de los lineamientos planteados para este objetivo, es necesario definir y explicar los parámetros de resistencia de los materiales que se encuentran en la zona, para lo cual se hace uso de las siguientes tablas y figuras que grafican esta situación Parámetros de resistencia materiales.

Figura III.2 Ejecución de la calicata C-2, en desmontera Quebrada Blanca



Fuente: Acomisa (2016)

Figura III.3 Recojo de material en la C-1 en la desmontera Quebrada Blanca



Fuente: Acomisa (2016)

En estos casos se aprecia imágenes tomadas desde la concentración del yacimiento, en donde además de apreciar las fallas geográficas y el material que se encuentra en la zona, podemos ver al personal de la empresa trabajando en la investigación y recolección de datos para la planificación. Se tiene entonces que es importante la labor realizada en la quebrada blanca de Villa María del Triunfo por parte de la compañía UNACEM.

Ahora a continuación se hallan una serie de tablas que muestran distintos aspectos como la clasificación de los suelos que se encuentran en la zona, la composición de los mismos, entre otros, y todos estos ensayos han sido realizados con minuciosa labor por parte de los encargados de cada área en la zona de estudio.

Tabla III.1 Ensayos de la clasificación de suelos

Estación Geomecánica	Muestra	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Absor. (%)	Peso Específico Aparente (KN/m <sup>3</sup> )
<b>C-01</b>	M-1	1.61	1.68	0.58	0.59	26.51
<b>C-02</b>	M-1	1.98	2.04	0.31	0.31	27.19

Elaboración propia

Tabla III.2 Ensayos de contenido de humedad

Calicata	Clasificación SUCS	Profundidad (m)	Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>C-01</b>	GP-GM	0.0-4.0	3.65	1.61
<b>C-02</b>	GW	0.0-4.0	3.1	1.98

Elaboración propia

En esta tabla se puede apreciar que de la clasificación de suelo es de 1.61 gr/cm<sup>3</sup> = densidad seca 16.kN/m<sup>3</sup>, de donde obtenemos el valor para el cálculo Slide (peso específico).

Tabla III.3 Ensayo a la resistencia de corte directo

Calicata	Muestra	Litología/SUCS	Profundidad (m)	Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>C-01</b>	M-1	GP-GM	0.00-4.00	31.8	0
<b>C-02</b>	M-1	GW	0.00-4.00	32.7	0

Elaboración propia

En esta tabla se observa que la GP grava pobremente graduada, GM grava limosa, GW grava bien graduada, grava fina a gruesa. La excavación fue 4.0 m de profundidad. Además del ensayo corte directo obtenemos el Angulo de fricción, y la cohesión de las calicatas tomadas

Tabla III.4 Materiales y sus características

Material	Peso Específico (Kn/m <sup>3</sup> )	Cohesión (Kpa)	Angulo de Fricción (°)
Desmonte Quebrada Blanca	16.1	0	32.5
Caliza	26	250	45
Depósito Coluvial	22	2	36
Depósito Aluvial	22	2	36
Monzogranodiorita	26	250	50
Volcánica Andesítico	25	250	45

Elaboración propia

En esta tabla se tiene que de los materiales obtenemos el peso específico, luego se tiene la cohesión, y el ángulo que se forma por la fricción que es el factor importante para la estabilidad del talud.

### 3.3. Desarrollo del objetivo 2:

Dentro de los objetivos planteados como segunda parte en esta tesis es importante determinar el relieve de la superficie por la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima – Perú y para este procedimiento se requiere además un análisis del Levantamiento topográfico con curvas de nivel a un metro. Como elementos útiles para el desarrollo de esta parte, se usó el GPS (Leica, Trimble R8) diferencial con un equipo base y uno móvil.

Figura III.4 GPS Leica Trimble R8



Fuente, Elaboración propia

En esta figura tomada desde la zona de la quebrada blanca, se muestra el punto geodésico del base representado con las coordenadas  $N=8'652374.71$ ,  $E=292563.800$ ,  $Z=215.006$ , WGS 84. En la zona del fortín donde se encuentra el yacimiento para su exploración y el análisis que se realiza antes de los trabajos.

Figura III.5 Personal e instrumentos



Fuente, Elaboración propia

En la figura se puede apreciar el personal de Topografía con equipos móviles, con dos colectores para la toma de ciertos datos en tiempo de manera real para el levantamiento del depósito de desmonte quebrada blanca, estos trabajos son realizados de manera formal y contando con todos los implementos de seguridad necesarios para el cumplimiento de sus labores, dado que la zona de la quebrada alta cuenta con muchos accidentes geográficos, además de vegetación.



Tabla III.5 Puntos de recolección de datos en la superficie topográfica

N°PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	292667.524	8652915.06	299.488	lev
2	292666.252	8652911.96	299.427	lev
3	292663.912	8652910.11	299.505	lev
4	292661.848	8652905.5	299.407	lev
5	292660.993	8652903.59	299.493	lev
6	292659.346	8652900.92	299.342	lev
7	292657.581	8652896.99	299.221	lev
8	292656.308	8652893.5	299.285	lev
9	292655.672	8652890.51	299.211	lev
10	292654.508	8652887.48	299.311	lev
11	292653.467	8652884.88	299.256	lev
12	292652.34	8652882.63	299.117	lev
13	292650.605	8652880.46	299.193	lev
14	292648.61	8652877.95	299.164	lev
15	292647.482	8652875.44	299.269	lev
16	292646.702	8652872.75	299.251	lev
17	292645.662	8652870.21	299.243	lev
18	292645.402	8652867.27	299.267	lev
19	292644.534	8652864.32	299.146	lev
20	292643.407	8652861.37	299.181	lev
21	292643.146	8652857.74	299.169	lev
22	292642.192	8652855.14	299.354	lev
23	292641.664	8652851.9	299.374	lev
24	292641.401	8652848.92	299.082	lev
25	292641.247	8652845.96	299.184	lev
26	292641.407	8652842.83	299.112	lev
27	292640.956	8652838.29	299.222	lev
28	292641.078	8652834	299.092	lev
29	292640.712	8652829.85	299.089	lev
30	292640.263	8652826.88	299.123	lev

Fuente, Elaboración propia

En esta tabla podemos apreciar la recolección de puntos de la superficie topográfica realizada por el personal especializado de la empresa en donde se toma una muestra de las coordenadas, así como de los números de puntos, Norte, Este, Cota. Luego de esto se tiene entonces una descripción del punto, y esta muestra describe desde el número Punto 1 al 30 en la cual se indican los valores correspondientes a cada uno.

Figura III.6 Plano de composición topográfica



Fuente: Elaboración propia

En esta figura se aprecia el resultado del levantamiento topográfico es un plano en 3 dimensiones con la descripción del Pie talud (rojo) y cresta (azul) con coordenadas en sistema WGS 84, donde se encuentra la información de la parte de dimensión, cualitativa, cuantitativa, las cuales son importantes para la investigación y el trabajo de campo a realizar en este yacimiento.

### **3.4. Desarrollo del objetivo 3:**

En este apartado el siguiente objetivo a realizar y determinar el factor de seguridad, riesgo de falla y desprendimiento del talud por la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima - Perú.

Para lo cual se hace uso de distintas técnicas y metodologías, además de la aplicación de conceptos claves el ensayo de los materiales, diseño geométrico, y el cálculo con el software Slide para el desarrollo del mismo, entonces se tienen los siguientes puntos mostrados a continuación:

#### **a. Ensayos de laboratorio**

Cuando se desarrolló de la exploración de carácter geotécnica de campo, se alcanzaron muestras representativas, algunas de ellas seleccionadas de calicatas realizadas para la evaluación de la estabilidad en los botaderos. Algunas de las muestras fueron seleccionadas con el objetivo de llevar a cabo los ensayos de mecánica de suelos. Estos ensayos tendrán que de determinar los parámetros geotécnicos del suelo de cimentación y del material que conforma el Botadero Quebrada Blanca. Cabe señalar que como información complementaria se tomó en cuenta los ensayos de laboratorio desarrollados en las muestras tomadas en el Estudio de Estabilidad Tajo y Botaderos de Desmonte (ANDDES S.A.C). Para la caracterización del macizo rocoso que se encuentra debajo del Botadero de desmonte, se recurrió a la recopilación de información procedente del Estudio de Estabilidad de Tajo y Botadero de Desmonte desarrollado por ANDDES ASOCIADOS S.A.C, mediante la ejecución perforaciones geotécnicas y calicatas.

Los ensayos que son para la caracterización de tipo física y también mecánica fueron realizados en el laboratorio de tipo geotécnico de GARUDHA INGENIEROS S.A, que se encuentra en la ciudad de Lima. Los ensayos de laboratorio fueron llevados a cabo siguiendo los procedimientos recomendados según las versiones actualizadas de los

métodos de ensayo de la Sociedad Norteamericana de Ensayos y Materiales (ASTM). Los resultados certificados del ensayo de laboratorio se muestran en el Anexo B: Ensayos de Laboratorio. A continuación, se presenta la descripción de los ensayos realizados y algunos comentarios de los resultados obtenidos.

## b. Ensayos de clasificación de los suelos

En las muestras obtenidas en la exploración de campo, se llevaron a cabo ensayos estándar de laboratorio con fines de identificación y la clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las propiedades que se tienen de los suelos que han sido ensayados se resumen en la Tabla 8.3, en términos de la granulometría. El programa de ensayos para suelos corresponde, únicamente, a la evaluación geotécnica de los botaderos de desmonte. Cabe señalar que los ensayos desarrollados para la caracterización del suelo se encuentran en el Anexo B: Ensayos de Laboratorio. Las normas son:

- Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro, NTP 339.128 / ASTM D-422.
- Contenido de humedad, NTP 339.127 / ASTM D-2216.

Tabla III.6 Resumen de caracterización de material no consolidado

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Clasificación SUCS	Granulometría		
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
<b>C-01</b>	M-1	0.0-4.0	GP-GM	75.29	18.52	6.19
<b>C-02</b>	M-1	0.0-4.0	GW	80.81	15.86	3.33

Dentro del análisis de estabilidad, se tiene también que es importante el uso de mapas de factores de seguridad, los cuales se muestran a continuación y en estos se contiene además tablas donde se explican los factores que han sido determinantes para la elaboración de los mapas. Como parte de las evidencias relacionadas al estudio realizado se presenta el ensayo de compactación Proctor modificado I en el Anexo n° 1, el ensayo de corte directo ASTM D-3080 en el Anexo n° 2, el peso específico relativo de sólidos en el Anexo n° 3, los ensayos de carga puntual en el Anexo n° 4, posteriormente los mapas de factores de seguridad en análisis pseudo-estático y el análisis estático.

Figura III.7 Ensayo de Compactación Proctor Modificado

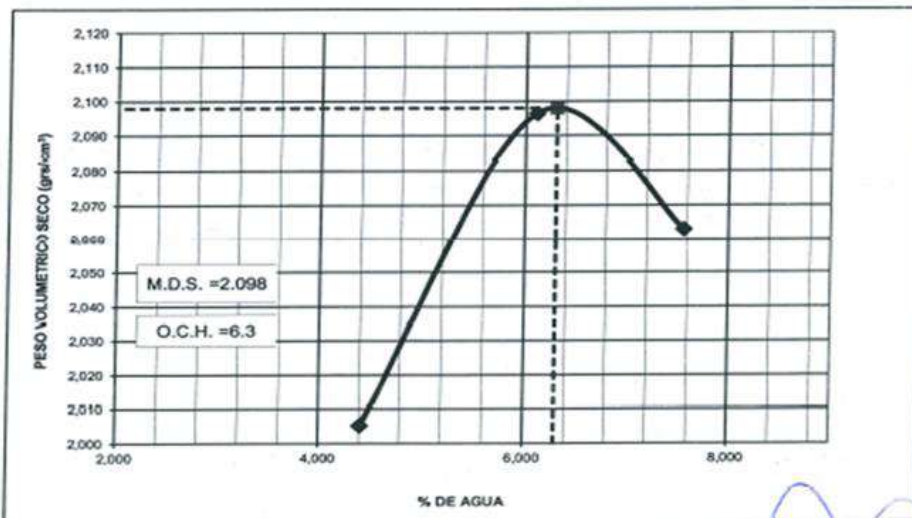


**ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO**

PROYECTO: ATOCONGO  
 SOLICITADO: UNACEM  
 UBICACIÓN: Prov. Lima, Dpto. Lima

FECHA: DICIEMBRE 2016  
 DESMONT: QUEBRADA BLANCA  
 MUESTRA: C-1 M-1

MOLDE N°:	F					
	C					
METODO DE COMPACTACION	VOLUMEN 2200.12 cc					
Peso suelo + Molde	7114		7402		7390	
Peso Molde	2508		2508		2508	
Peso suelo húmedo compactado	4606		4894		4882	
Peso volumétrico húmedo	2,094		2,224		2,219	
Recipiente N°	20	131	122	110	115	25
Peso suelo húmedo + Tara	100.53	95.44	89.95	91.75	99.55	99.69
Peso suelo seco + Tara	96.47	91.70	85.41	86.45	93.05	92.97
Tara	5.85	5.35	5.43	5.33	5.24	5.93
Peso de agua	4.06	3.74	4.54	5.30	6.50	6.72
Peso de suelo seco	90.62	86.35	79.98	81.12	87.81	87.04
Contenido de agua	4.48	4.33	5.68	6.53	7.40	7.72
Humedad promedio	4.406		6.105		7.561	
Peso volumétrico seco	2,005		2,096		2,063	



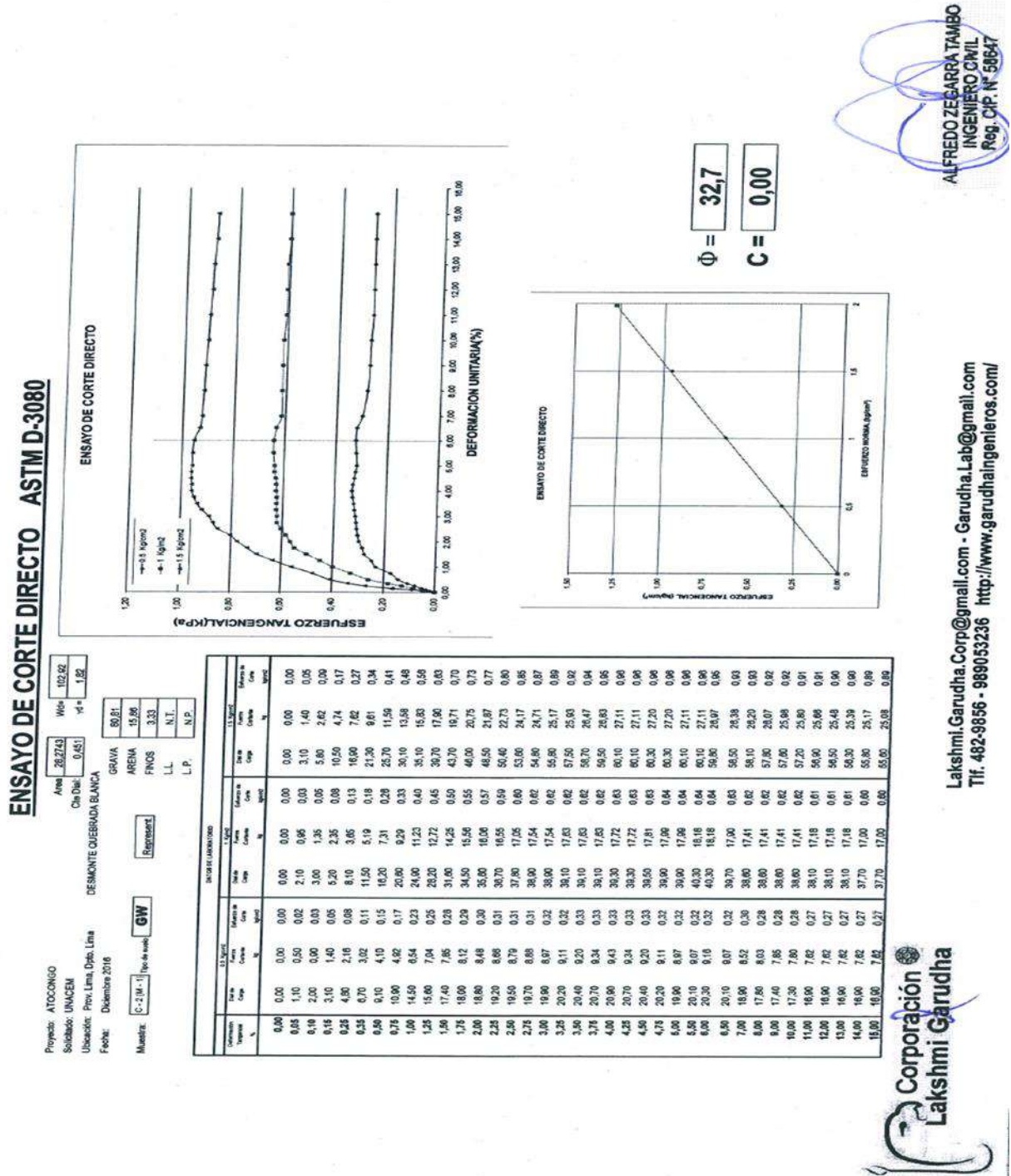
OBSERVACIONES  
 Corporación Lakshmi Garudha

Teléf. 482-9856 - 989053236  
 Lakshmi.Garudha.Corp@gmail.com - Garudha.Lab@gmail.com  
 http://www.garudhaingenieros.com/

ALFREDO ZEGARRA TAMBO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 58647

Fuente: UNACEM (2018)

Figura III.8 Ensayo de Corte Directo ASTM D-3080



Fuente: UNACEM (2018)

Figura III.9 Peso Específico relativo de sólidos (Gs)

**PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)**

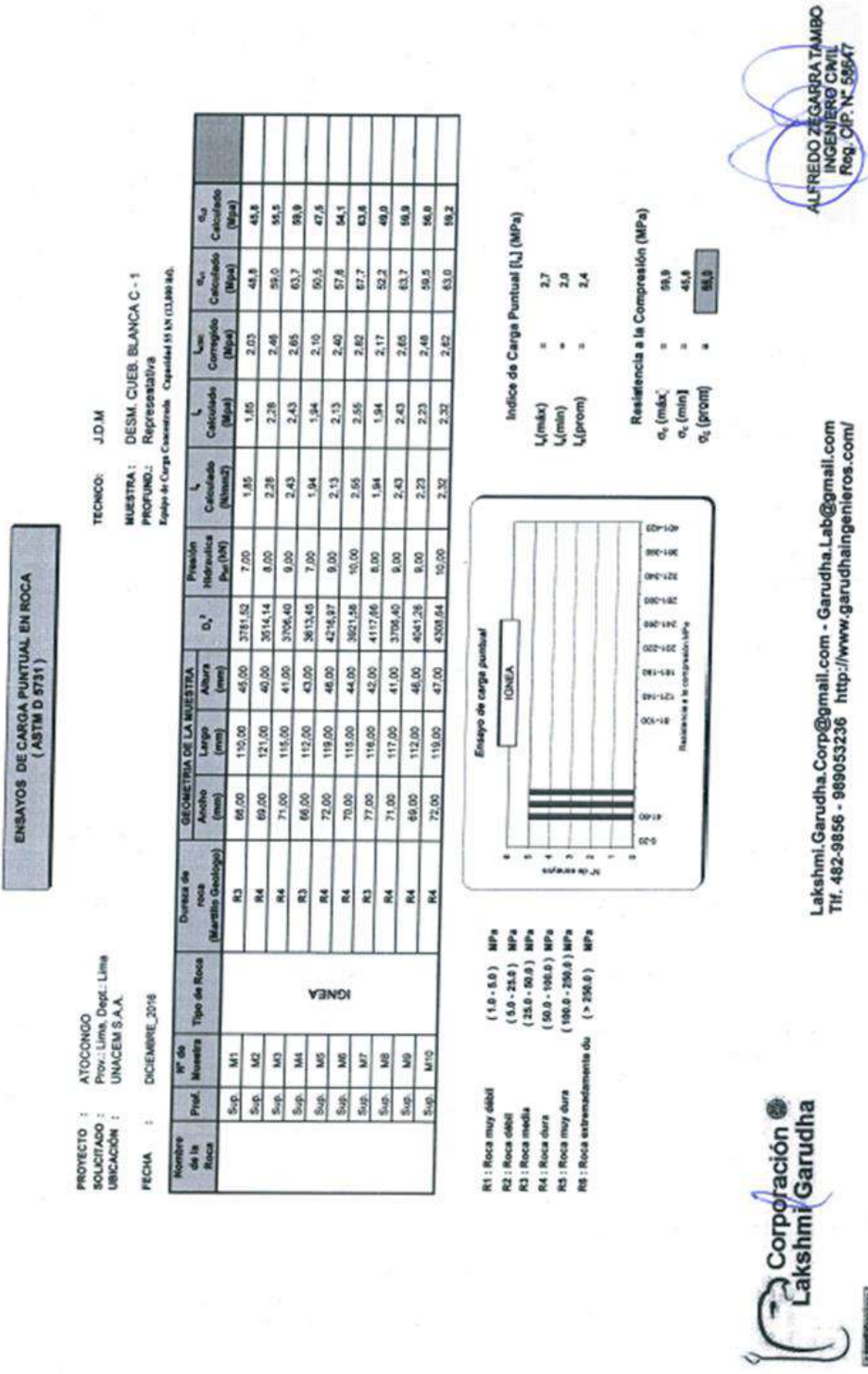
A.S.T.M. - D - 854

PROYECTO : ATOCONGO  
SOLICITANTE: CONSTRUCCIÓN  
UBICACIÓN : Prov. Lima, Dpto.Lima  
FECHA : JCHR/AZ

ZONA	Desmonte Quebrada Blanca		Desmonte Quebrada Blanca		
SONDAJE	C - 1		C - 2		
MUESTRA	M - 1		M - 1		
PROFUNDIDAD	Representativa		Representativa		
NRO DEL FRASCO	4	4	5	5	
1	Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	678,12	630,38	645,80	676,18
2	Peso del frasco volumétrico	404,98	404,98	404,98	404,98
3	Peso del suelo seco ( 1 - 2 ) (gr)	273,14	225,40	240,82	271,20
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	1593,37	1562,81	1573,27	1593,29
5	Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	1421,72	1421,72	1421,72	1421,72
6	Volumen del suelo (3 + 5 - 4) (cm <sup>3</sup> )	101,49	84,31	89,27	99,63
7	Gs (3)/(6) gr/cc	2,69	2,67	2,70	2,72
6	GS Promedio gr/cc	2,68		2,71	

ZONA	Desmonte Guayabo		Desmonte Guayabo		
SONDAJE	C - 1		C - 2		
MUESTRA	M - 1		M - 1		
PROFUNDIDAD	Representativa		Representativa		
NRO DEL FRASCO	6	6	7	7	
1	Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	656,00	699,40	488,82	535,15
2	Peso del frasco volumétrico	404,98	404,98	404,98	404,98
3	Peso del suelo seco ( 1 - 2 ) (gr)	251,02	294,42	83,84	130,17
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	1580,98	1608,55	1474,45	1503,92
5	Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	1421,72	1421,72	1421,72	1421,72
6	Volumen del suelo (3 + 5 - 4) (cm <sup>3</sup> )	91,76	107,59	31,11	47,97
7	Gs (3)/(6) gr/cc	2,74	2,74	2,69	2,71
6	GS Promedio gr/cc	2,74		2,70	

Figura III.10 Ensayos de carga puntual en roca

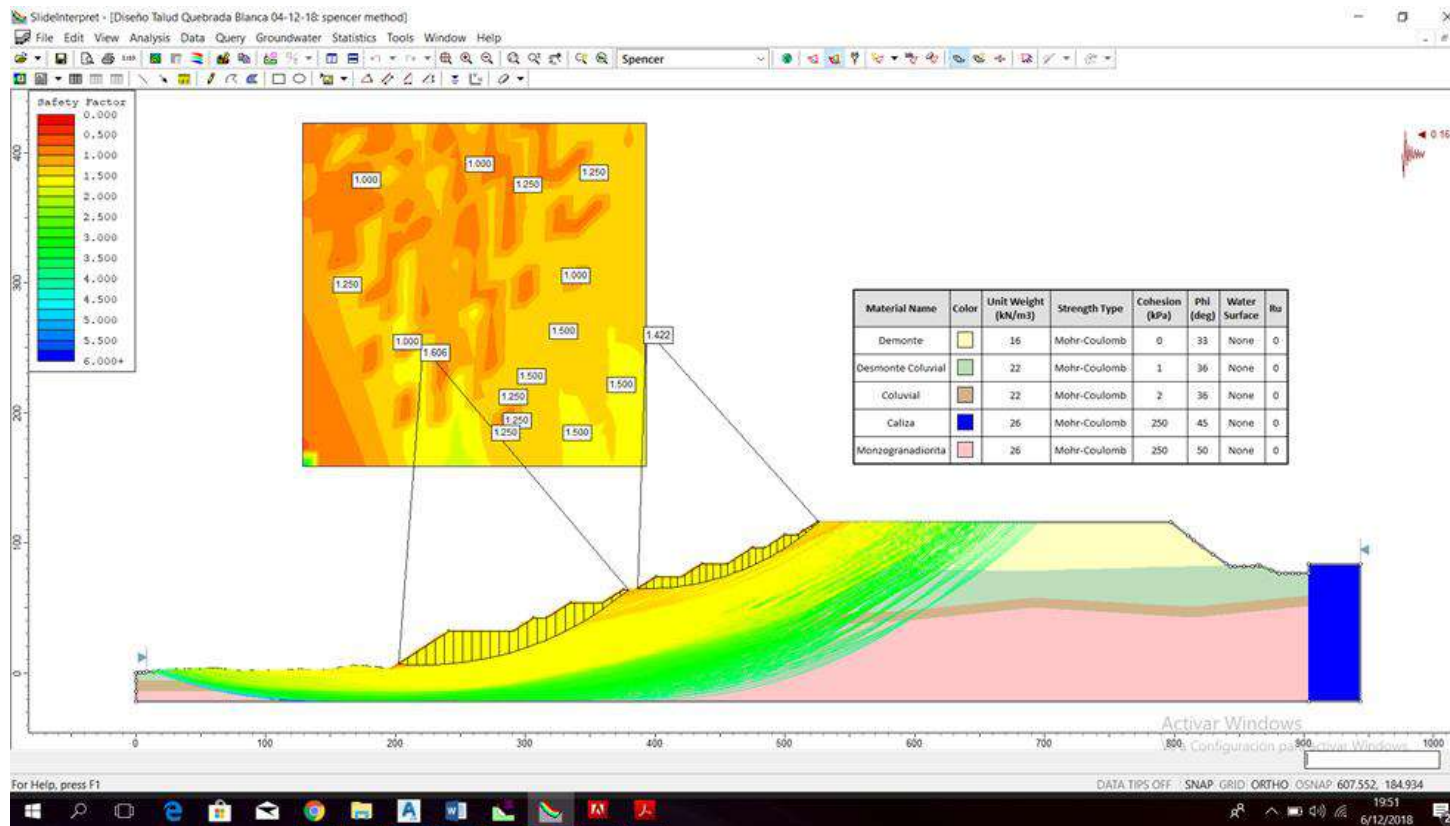


Fuente: UNACEM (2018)



Figura III.11 Mapa de factores de seguridad en análisis pseudo-estático

Se muestra el análisis de la estabilidad dado el método de Spencer de la sección A-A el factor de la seguridad 1.42 en su estado proyectado  $1.42 \geq 1.00$  es estable para un periodo a largo plazo



Fuente, Elaboración propia

En la figura se muestra los factores de la seguridad para la zona del talud mencionado en la quebrada blanca de Villa María del Triunfo, el cual cuenta con un análisis pseudo estático para este segmento. En este caso se observa que dado los materiales, se les asigna un peso, color y cohesión para talud, y se tiene que para el desmonte se le asigna un peso de  $\text{Kn/m}^3$  de 16, una cohesión de 0 kPa y estos elementos se muestran de color amarillo, en el caso del depósito coluvial se le asigna un peso de  $\text{Kn/m}^3$  de 22, una cohesión de 2 kPa y estos elementos se muestran de color verde, marrón; en el caso de Monzogranodiotrita se le asigna un peso de  $\text{Kn/m}^3$  de 26, una cohesión de 250 kPa y estos elementos se muestran de color rosado y por último para la caliza se le asigna un peso de  $\text{Kn/m}^3$  de 26, una cohesión de 250 kPa y estos elementos se muestran de color azul. Además, se aprecia que se tiene factores de riesgo promedio en determinadas zonas de 1.422, 1.606 y de 1.00 lo que pertenece a la zona perfil del talud, la cual se encuentra en una mayor inestabilidad, todos estos factores se encuentran medidos en una escala de 0 a 6.

Tabla III.7 Resumen de coeficientes sísmicos según el periodo de retorno

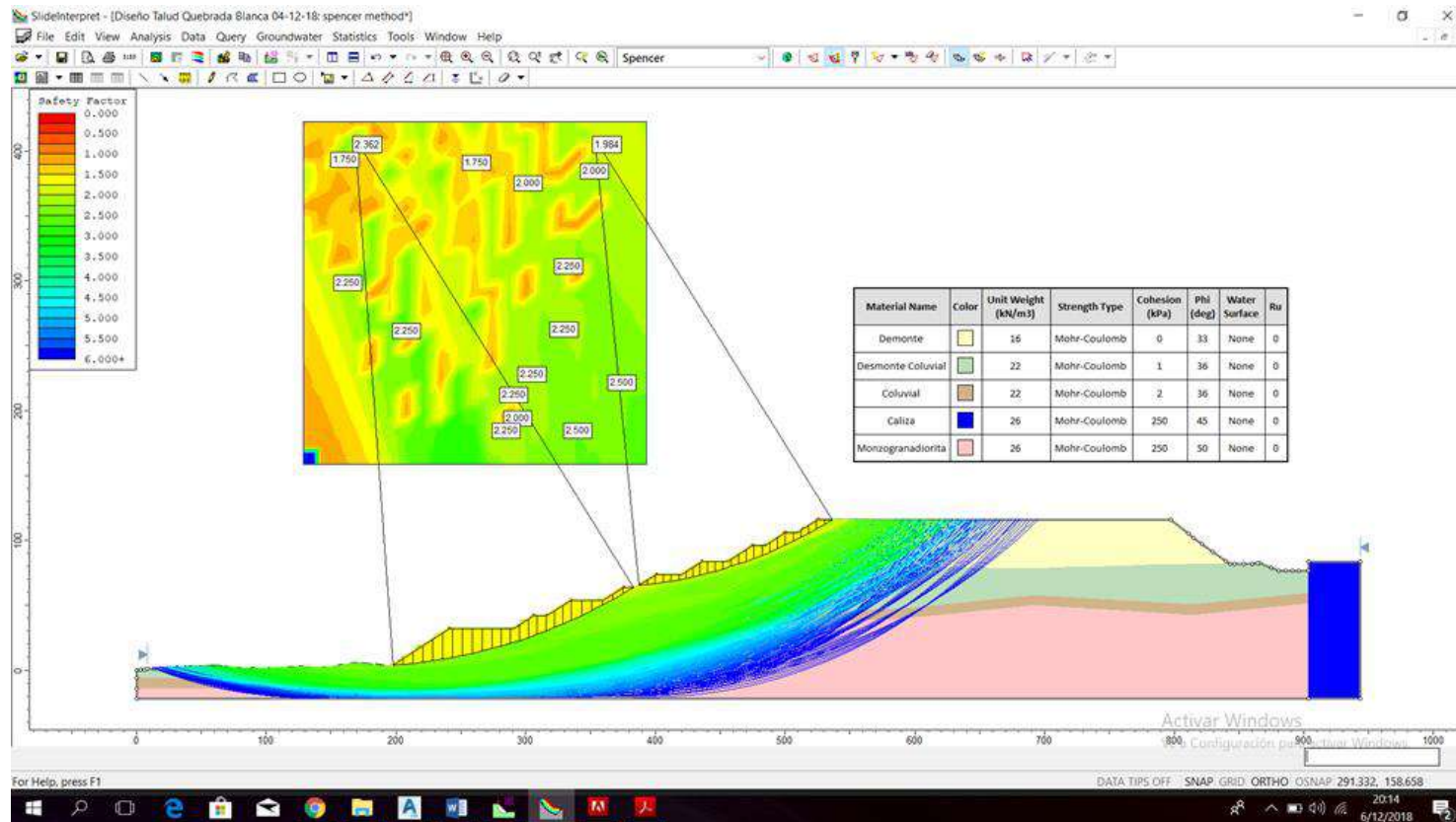
Descripción	Coeficientes sísmicos												
	2	5	10	50	100	150	200	300	400	500	1000	3000	10000
Periodo de retorno Tr (Años)	2	5	10	50	100	150	200	300	400	500	1000	3000	10000
Probabilidad de Excedencia (%)	100	100	99.48	63.58	39.5	28.43	22.17	15.38	11.76	9.53	4.88	1.65	0.5
Aceleración Sísmica (g)	0.05	0.10	0.13	0.2	0.24	0.25	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.39	0.61

Fuente, Elaboración propia

Se considera una aceleración sísmica al máximo creíble de 500 años y la posible probabilidad de una excedencia 9.53% y una aceleración sísmica 0.31g.

Figura III.12 Mapa de factores de seguridad análisis estático

El análisis de la estabilidad según el método de Spencer de la sección A-A el factor de la seguridad 1.98 en su estado proyectado  $1 \geq 1.50$  es estable para un periodo a largo plazo



Fuente, Elaboración propia

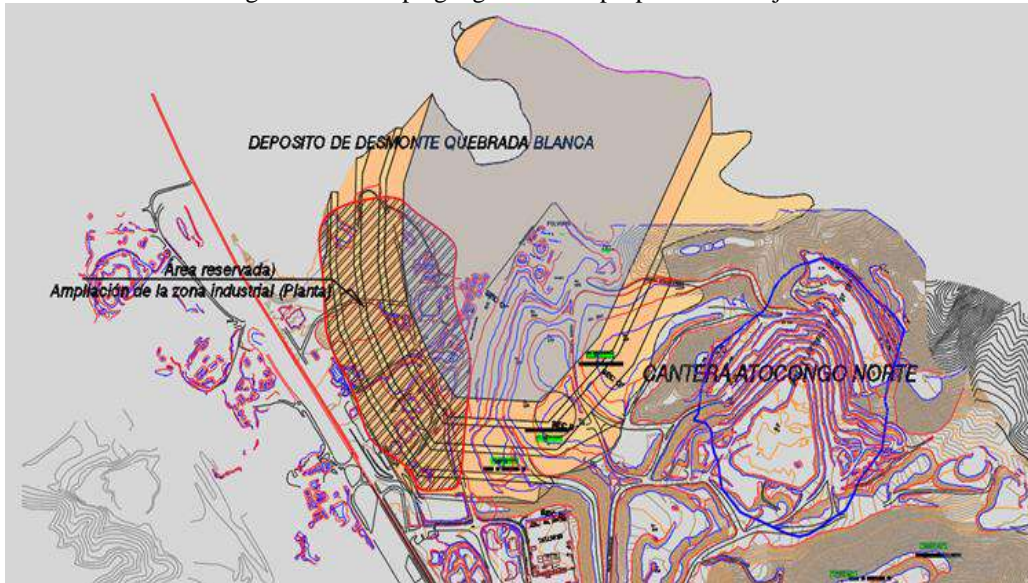
En la figura se muestra los factores de seguridad para la zona del talud mencionado en la quebrada blanca de Villa María del Triunfo, el cual cuenta con un análisis estático para este segmento. En este nuevo caso se observa que dado los materiales que corresponden a su vez en los mostrados anteriormente, que se les asigna un peso, color y cohesión para talud, y se tiene que para el desmonte se le asigna un peso de  $\text{Kn/m}^3$  de 16, una cohesión de 0 kPa y estos elementos se muestran de color amarillo, en el caso del depósito coluvial se le asigna un peso de  $\text{Kn/m}^3$  de 22, una cohesión de 2 kPa y estos elementos se muestran de color verde, marrón; en el caso de Monzogranodiotrita se le asigna un peso de  $\text{Kn/m}^3$  de 2, una cohesión de 250 kPa y estos elementos se muestran de color rosado y por último para la caliza se le asigna un peso de  $\text{Kn/m}^3$  de 26, una cohesión de 250 kPa y estos elementos se muestran de color azul.

Además, se aprecia que se tiene factores de riesgo promedio en determinadas zonas de 1.984, 2.362, lo que concierne a la zona del perfil del talud, la cual se halla en una mayor inestabilidad, todos estos factores se encuentran medidos en una escala de 0 a 10. El factor de la seguridad es de 1.984 en su estado proyectado  $> 1.5$  estable periodo a largo Plazo. Dicha fracción está comprendida entre  $1/3$  y  $1/2$  y para este estudio se ha pronosticado utilizar  $1/2$ , coeficiente sísmico de 0.16.

### 3.5. Desarrollo del objetivo 4:

En esta sección se tiene que, dadas las condiciones iniciales con las que cuenta la quebrada blanca, se determina el Diseño del Talud por la modificación del área en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo) 2018 Villa María del Triunfo, Lima Perú.

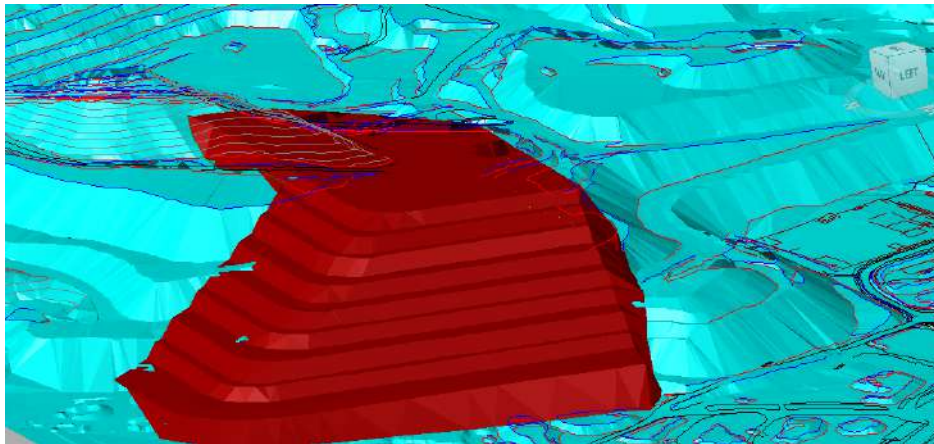
Figura III.13 Mapa geográfico con propuesta de mejora



Fuente, Elaboración propia.

En la Figura, se muestra la propuesta de modificación del área correspondiente a la zona geográfica de la quebrada blanca, además esta figura contiene la influencia de elementos que la rodean, así como también los riesgos de falla y desprendimiento que pueden surgir para algunas modificaciones en las dimensiones del área. Este mapa permite apreciar de manera didáctica los elementos a tener en cuenta y también explica la situación final en la que se encontraría el yacimiento teniendo en cuenta el área de desmonte de la quebrada, la zona de cantera de Atocongo y el área reservada para la industria.

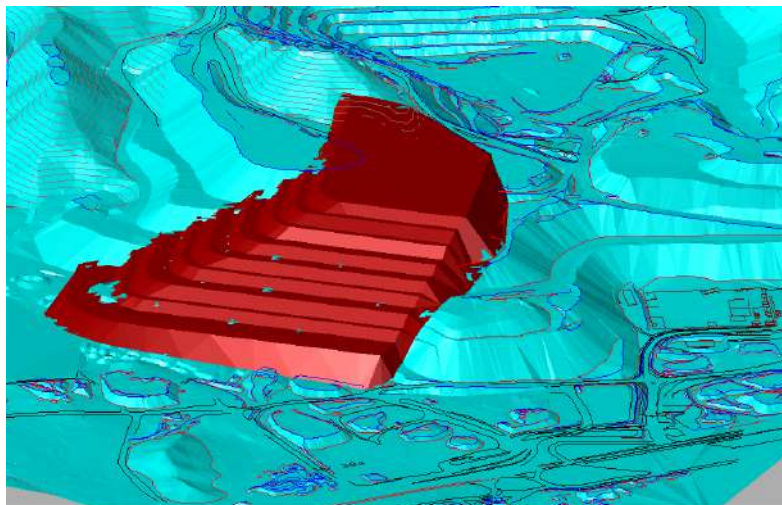
Figura III.14 Vista isométrica N° 1 de la quebrada alta



Fuente, Elaboración propia

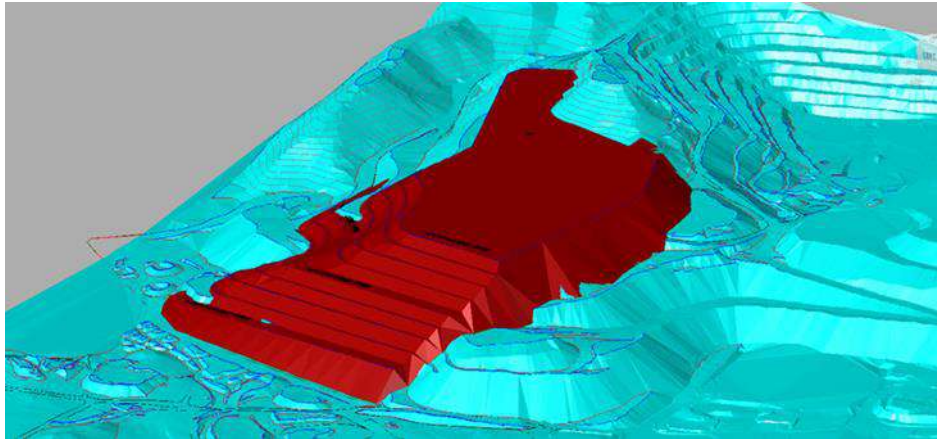
Se muestran en las Figuras 3.10 y 3.11, las vistas isométricas del depósito de desmote quebrada Blanca, Al pie del talud las canchas de stock de la zona industria, al lado derecho las instalaciones de la oficina ala izquierda y al fondo la cantera Atocongo norte.

Figura III.15 Vista isométrica N° 2 de la quebrada alta



Fuente, Elaboración propia

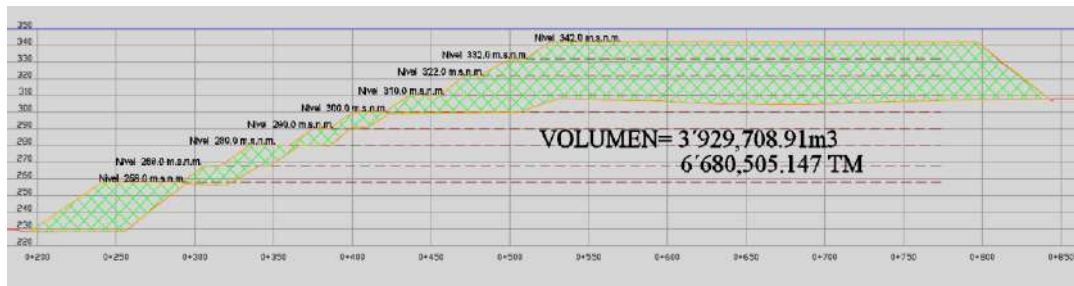
Figura III.16 Vista isométrica N° 3 de la quebrada alta



Fuente: Elaboración propia.

En esta Figura 3.12, se puede observar de manera gráfica la distribución geométrica que presenta el depósito quebrada blanca, Se tiene que esta gradiente sigue proporciones definidas por el cálculo del Slide con el método de Spencer, la cual permitirá de manera ordenada y clara la instalación del personal operativo para los trabajos de campo, así como también la maquinaria necesaria para esta labor. Se tiene además que la distribución de esta gradiente disminuye los factores de riesgo y siniestros en la zona, puesto que se cuenta con una distribución más ordenada y proporcionada, referida al facto de seguridad.

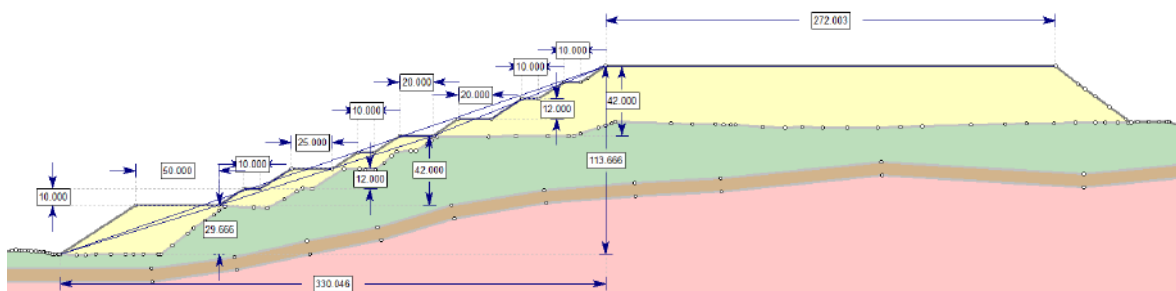
Figura III.17 Volúmenes de los sectores del Talud



Fuente, Elaboración propia

En esta Figura 3.13 y Figura 3.14, se pueden apreciar el perfil del talud las cuales van del pie de talud 230 m.s.n.m. en su sección más baja, la escala siguiente se encuentra en 258 con una banqueta de 50 metros la siguiente a una altura de 10 con un nivel 268 y una banqueta de 10 metros y así sucesivamente hasta lograr la cresta de la quebrada que alcanzan en sus últimos niveles las medidas de 332 m.s.n.m. y 342 m.s.n.m. Además de esta valiosa información, se tiene que, dado el estudio realizado, podemos encontrar un volumen total de 3'929,708.91 metros cúbicos, lo que en peso sería convertido en 6'680.505 toneladas.

Figura III.18 Propuesta del talud con banquetas

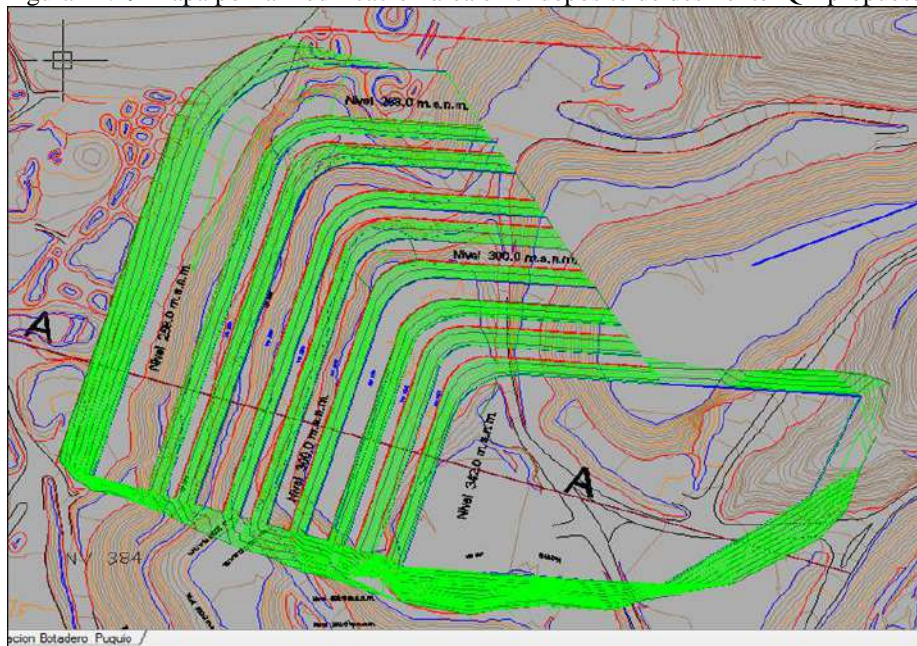


Fuente, Elaboración propia

En esta figura se muestra la propuesta del talud con banquetas de 50m, 10m, 25m, 20m y una altura promedio de 42 m. Por último, dentro de esta sección se tiene un mapa mejorado de la zona que se muestra a continuación:



Figura III.19 Mapa por la modificación área en el depósito de desmonte QB propuesta



Fuente, Elaboración propia

En esta Figura 3.15, se aprecia el mapa de la quebrada blanca, en el cual se incluyen las mejoras planteadas en la propuesta, a saber, las gradientes. Entonces se tiene que dado el planteamiento de niveles en el sector, la nueva quebrada quedaría dispuesta de la forma mostrada en verde, teniendo en cuenta también la disposición de los espacios aledaños, y como afectaría esta nueva distribución la zona se tiene entonces que los gradientes están distribuidos de manera uniforme en los sectores a mejorar, tanto por el lado del frente como por los lados.

### 3.6. Desarrollo del objetivo 5:

Para el desarrollo del quinto objetivo en esta tesis, controlar la estabilidad de talud durante la operación de descarga en el depósito de desmonte Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima Perú, se tiene mediciones mensuales para el monitoreo de los puntos de control de los Bot. Qda. Blanca-11, Bot. Qda. Blanca-12, Bot. Qda. Blanca-15 valores obtenidos, los cuales certificarán la estabilidad de nuestro talud en el área de estudio planteado.

Figura III.20 Trabajadores en la toma de mediciones



Fuente, Elaboración propia

En la figura mostrada se aprecia la toma de medición por parte del personal encargado de esta labor de la maquinaria Bot. Qda. Blanca-11 con el GPS Leica Viva GNS 15, controlando así la horizontalidad del punto.

Figura III.21 Visión al BM Qda-11 hacia atrás



Fuente, Elaboración propia

Figura III.22 Visión al BM Qda-11 hacia adelante



Fuente, Elaboración propia

Se tiene que en la figura se muestra la lectura vista atrás que realiza el operario a través del instrumento BM Qda-11, hacia la montaña, el cual es de gran utilidad en estos procesos que se realizan en el campo del yacimiento en estudio. Lectura que puede ser realizada con vista hacia atrás o vista adelante para el control de la verticalidad (cota).

Figura III.23 Desmonte de la quebrada blanca



Fuente, Elaboración propia

En la siguiente Figura 3.19, se tiene la presencia del perfil del depósito de desmonte que se encuentra en la Quebrada blanca al pie del punto, Bot. Qda Blanca-15, el cual sirve como ubicación, y como elemento de reconocimiento para el análisis del monitoreo donde muestra sus características dentro del área de trabajo.

Tabla III.8 Medición de los puntos de control en enero

MEDICIÓN DE PUNTOS DE CONTROL ENERO 2018 WGS84			
HITOS	ESTE	NORTE	COTA
Bot. Q.B. Picapiedra-1	293612.744	8652241.691	401.013
Bot. Q.B. Picapiedra-2	293637.122	8652262.262	401.575
Bot. Q.B. Picapiedra-3	293921.565	8652346.877	405.053
Bot. Guayabo-4	294194.733	8651341.856	387.749
Bot. Guayabo-5	293178.183	8650835.921	301.612
Bot. Guayabo-6	293264.833	8650819.017	332.944
Bot. Guayabo-7	293531.785	8650760.339	374.161
Bot. Guayabo-8	293228.462	8650532.189	282.804
Bot. Guayabo-9	292864.429	8650630.907	236.662
Bot. Guayabo-10	292839.397	8650583.453	213.918
Bot. Qda. Blanca-11	292713.087	8652647.634	307.449
Bot. Qda. Blanca-12	292867.841	8652882.003	336.872
Tajo Atocongo - Guayabo-13	293882.221	8651497.922	275.233
Tajo Atocongo - Guayabo-14	293899.364	8651495.884	289.013
Bot. Qda. Blanca-15	292569.014	8652584.326	284.756
Bot. Puquio-16	293383.668	8650733.831	329.797

Fuente, Elaboración propia

La siguiente Tabla 3.8, se muestra el monitoreo topográfico realizado gracias a la tecnología del GPS Leica GNS 15 controlando la horizontalidad, (Este Norte), y la verticalidad (Cota), con un nivel de ingeniero Bot. Qda. Blanca-11, Bot. Qda. Blanca-12, Bot. Qda. Blanca-15; y todos estos valores corresponden al mes de Enero 2018.

Tabla III.9 Medición de los puntos de control en febrero

MEDICIÓN DE PUNTOS DE CONTROL FEBRERO 2018 WGS84			
HITOS	ESTE	NORTE	COTA
Bot. Q.B. Picapiedra-1	293612.743	8652241.69	401.014
Bot. Q.B. Picapiedra-2	293637.123	8652262.26	401.573
Bot. Q.B. Picapiedra-3	293921.564	8652346.876	405.054
Bot. Guayabo-4	294194.732	8651341.857	387.748
Bot. Guayabo-5	293178.181	8650835.922	301.613
Bot. Guayabo-6	293264.832	8650819.015	332.943
Bot. Guayabo-7	293531.786	8650760.338	374.162
Bot. Guayabo-8	293228.461	8650532.188	282.803
Bot. Guayabo-9	292864.428	8650630.909	236.663
Bot. Guayabo-10	292839.396	8650583.452	213.917
Bot. Qda. Blanca-11	292713.086	8652647.635	307.448
Bot. Qda. Blanca-12	292867.84	8652882.004	336.871
Tajo Atocongo - Guayabo-13	293882.222	8651497.921	275.233
Tajo Atocongo - Guayabo-14	293899.363	8651495.883	289.013
Bot. Qda. Blanca-15	292569.013	8652584.325	284.755
Bot. Puquio-16	293383.667	8650733.83	329.796

Fuente, Elaboración propia

En la Tabla 3.9, se muestra el monitoreo topográfico con GPS Leica GNS 15 controlando la horizontalidad, (Este Norte), y la verticalidad (Cota), con un nivel de ingeniero Bot. Qda. Blanca-11, Bot. Qda. Blanca-12, Bot. Qda. Blanca-15 y los datos corresponden al mes de Febrero 2018.

Tabla III.10 Medición de los puntos de control en octubre

MEDICION DE PUNTOS DE CONTROL OCTUBRE 2018 WGS84			
HITOS	ESTE	NORTE	COTA
Bot. Q.B. Picapiedra-1	293612.743	8652241.691	401.013
Bot. Q.B. Picapiedra-2	293637.122	8652262.26	401.574
Bot. Q.B. Picapiedra-3	293921.564	8652346.876	405.053
Bot. Guayabo-4	294194.732	8651341.856	387.747
Bot. Guayabo-5	293178.181	8650835.921	301.611
Bot. Guayabo-6	293264.832	8650819.015	332.943
Bot. Guayabo-7	293531.785	8650760.338	374.161
Bot. Guayabo-8	293228.461	8650532.187	282.803
Bot. Guayabo-9	292864.428	8650630.905	236.662
Bot. Guayabo-10	292839.395	8650583.452	213.917
Bot. Qda. Blanca-11	292713.086	8652647.633	307.446
Bot. Qda. Blanca-12	292867.839	8652882.005	336.87
Tajo Atocongo - Guayabo-13	293882.221	8651497.921	275.232
Tajo Atocongo - Guayabo-14	293899.363	8651495.883	289.012
Bot. Qda. Blanca-15	292569.013	8652584.324	284.755
Bot. Puquio-16	293383.667	8650733.829	329.795

Fuente, Elaboración propia

La siguiente tabla nos muestra el monitoreo topográfico con GPS Leica GNS 15 controlando la horizontalidad, (Este Norte), y la verticalidad (Cota), con un nivel de ingeniero Bot. Qda. Blanca-11, Bot. Qda. Blanca-12, Bot. Qda. Blanca-15, y todos estos datos corresponden al mes de Octubre 2018.

## CAPÍTULO IV . RESULTADOS

### 4.1. RESULTADOS

A continuación, en esta sección, se presentan los obtenidos resultados de la investigación la cual se basó en analizar el riesgo de falla del talud en la modificación del área en el depósito de Quebrada Blanca (Atocongo), Villa María del Triunfo provincia de Lima - Perú. En el periodo 2018, los resultados señalados a seguir son:

Tabla IV.1 Resumen de los costos totales y unitarios

<b>COSTO DE CARGUJO</b>	<b>1,510,279</b>
<b>COSTO DE ACARREO</b>	<b>6,610,818</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>8,121,097</b>
<b>COSTO INDIRECTOS 20%</b>	<b>1,624,219</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>9,745,316</b>

Fuente, Elaboración propia

En la Tabla anterior, se presentan los costos unitarios, los mismos que fueron determinados considerando los factores analizados inicialmente en el desarrollo del presente trabajo, cuyos cálculos se presentan en el Anexo N° 1 de esta investigación.

#### 4.1.1. Resultado del objetivo general

Se diseñó el depósito de desmonte quebrada blanca considerando geología regional, y local y el tipo suelo o material, en el levantamiento topográfico la densidad de puntos 11,588 género que la superficie sea buena para el desarrollo del proyecto, al diagnosticar el riesgo de falla del talud se cumplió con los factores de seguridad del análisis estático, 1.984, 2.362 pseudo estático, 1.422, 1.606 Del diseño de la sección A-A se observa que inician desde el nivel 230, 258, 300, 342 msnm, con una altura promedio de 42m. Y como altura total 112 metros.

#### 4.1.2. Resultado del objetivo 01:

Exploración regional y local el tipo de los suelos o material del depósito de Desmonte

Se consideró según la Clasificación SUCS,

De las muestras C-01, C-02

- Contenido Humedad, GP Grava bien gradada, las mezclas son gravosas, poco o ningún fino, -GM Grava limosa, con mezclas grava, arena y limo
- Corte Directo, Angulo de Fricción (°) 31.8, 32.7
- Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) 1.61, 1.98
- Materiales, Desmonte Quebrada Blanca, Caliza, Depósito Coluvial, Depósito Aluvial, Monzogranodiorita, Volcánica Andesítico.

#### 4.1.3. Resultado del objetivo 02:

Se logró con el Levantamiento topográfico del depósito de Desmonte, esto con la ayuda de buenos planos con curvas de nivel a 01 metro. Así mismo, se utilizó el software del civil 3D Como herramienta de soporte, los que han sido mostrados dentro del desarrollo de los planteados objetivos de esta tesis, y estos indican los distintos aspectos por los que está compuesto el suelo a través de pruebas que también se aplicaron en el apartado correspondiente.

#### 4.1.4. Resultado del objetivo 03:

Dado el análisis planteado se logró el diagnóstico del riesgo de falla y desprendimiento del talud, lo cual se representa en los distintos accidentes geográficos de la zona, además de tener en cuenta el ambiente que rodea este yacimiento y las propiedades y características de estos. Para el siguiente análisis se usó el software Slide educacional para el análisis del factor de la correspondiente seguridad, el cual demostró los distintos tipos de parámetros que se tuvo tanto en un escenario estático y en un escenario pseudo – estático. En el primero se aprecia que se tiene factores de riesgo promedio en determinadas zonas de 1.422, 1.606 lo que corresponde a la zona perfil del talud, la cual se encuentra en una mayor inestabilidad, todos estos factores se encuentran medidos en una escala de 0 a 6; y en el segundo el factor de la correspondiente seguridad 1.984 en su estado proyectado > 1.5 estable periodo a largo Plazo. Dicha fracción está comprendida entre  $\frac{1}{3}$  y  $\frac{1}{2}$  y para este estudio se ha pronosticado utilizar  $\frac{1}{2}$ , coeficiente sísmico de 0.16.

#### 4.1.5. Resultado del objetivo 4:

En este punto se tiene que la implementación del diseño y el mapa propuesto del talud, dentro de lo cual se cumplió con el objetivo. Modificación del área del Depósito desmonte de la quebrada Blanca y la zona de cantera de Atocongo y el área reservada para la zona industria. Con la implementación sostenida en esta tesis, se demuestra que el Angulo de fricción y el cálculo FS determinan el perfil y la gradiente, la cual permitirá de manera ordenada y clara la instalación del personal operativo para los trabajos de campo, así como también la maquinaria necesaria para esta labor.

#### 4.1.6. Resultado del objetivo 5:

Para este análisis se logró establecer el Monitoreo de la estabilidad de talud, para lo cual se utilizó el método topográfico en la medición del control de la estabilidad, los cuales se muestran a seguir respecto de los resultados hallados de la medición para los meses de Enero, luego Febrero, y Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, hasta Octubre del 2018 son los siguientes:

Tabla IV.2 Control de estabilidad de taludes botaderos Qda. Blanca 15

MINERA SAN MARTIN DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y TOPOGRAFIA Bot. Qda. Blanca-15 ENERO			CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES BOTADEROS						
			Punto de control			Bot. Qda. Blanca-15 ENERO			
Reg. N°	Fecha dd/mm/aa	Tiempo (días)	COORDENADAS			dif. N (cm)	dif. E (cm)	dif. Co (cm)	
			Norte (m)	Este (m)	cota (msnm)				
1	sábado, 20 de enero de 2018	8.30am	0	8652584.326	292569.014	284.756	000	000	000
2	martes, 20 de febrero de 2018	8.30am	20	8652584.325	292569.013	284.755	000	000	000
3	martes, 20 de marzo de 2018	9.30am	40	8652584.325	292569.014	284.755	000	000	000
4	sábado, 21 de abril de 2018	9.30am	60	8652584.325	292569.014	284.755	000	000	000
5	martes, 22 de mayo de 2018	9.30am	81	8652584.325	292569.013	284.755	000	000	000
6	miércoles, 20 de junio de 2018	10.30am	102	8652584.325	292569.013	284.755	000	000	000
7	sábado, 21 de julio de 2018	10.30 am	124	8652584.326	292569.015	284.757	000	000	000
8	lunes, 20 de agosto de 2018	9.30 am	154	8652584.323	292569.013	284.755	000	000	000
9	jueves, 20 de septiembre de 2018	10.00 am	174	8652584.321	292569.014	284.755	000	000	000
10	sábado, 20 de octubre de 2018	8.00 am	194	8652584.324	292569.013	284.755	000	000	000
11									
12									
13									
14									

Fuente, Elaboración propia



Las variaciones en cuanto al desplazamiento de mes a mes se encuentran dentro de los márgenes de error de medición con el GPS ( $\pm 5$  centímetros), teniendo en cuenta que las variaciones están en el orden de las milésimas ya que las coordenadas están en metros.

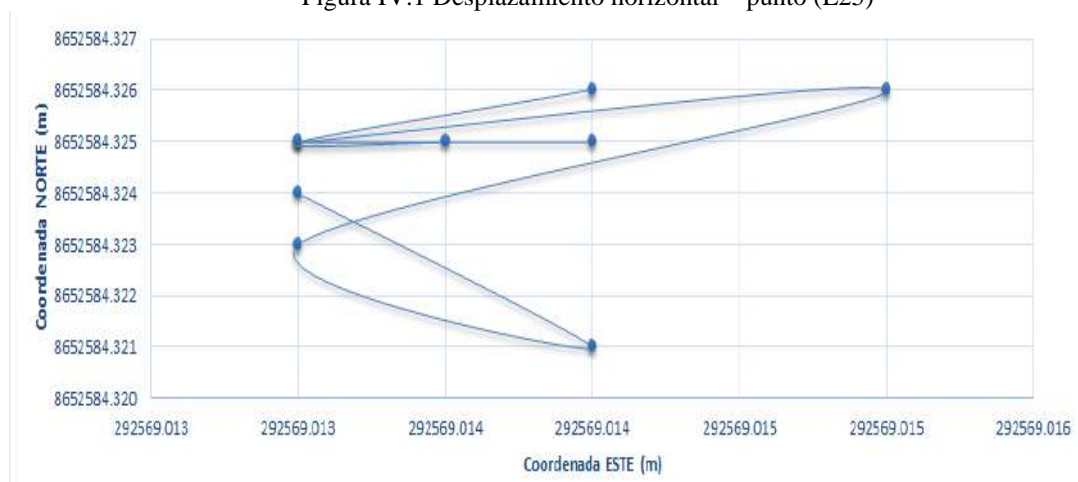
Tabla IV.3 Coordenadas para el desplazamiento horizontal, vertical, del punto y velocidad

DATOS ACUMULATIVOS						
HORIZONTAL		VERTICAL		RESULTANTE		
DIST. (cm)	AZIMUT (°)	DIST. (cm)	ANG. (°)	DIST. (cm)	VELOC. (cm/día)	V.INCR. (cm/día)
0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
0.1	225	-0.1	-35.3	0.2	0.01	0.01
0.1	207	-0.1	-41.8	0.2	0.00	0.00
0.1	180	-0.1	-45.0	0.1	0.00	0.00
0.1	225	-0.1	-35.3	0.2	0.00	0.00
0.1	225	-0.1	-35.3	0.2	0.00	0.00
0.1	0	0.1	45.0	0.1	0.00	0.00
0.3	198	-0.1	-17.5	0.3	0.00	0.01
0.5	180	-0.1	-11.3	0.5	0.00	0.01
0.2	207	-0.1	-24.1	0.2	0.00	-0.01

Fuente, Elaboración propia

Del cuadro de Coordenadas relacionas la información para el desplazamiento horizontal, vertical, y desplazamiento del punto y velocidad en el tiempo.

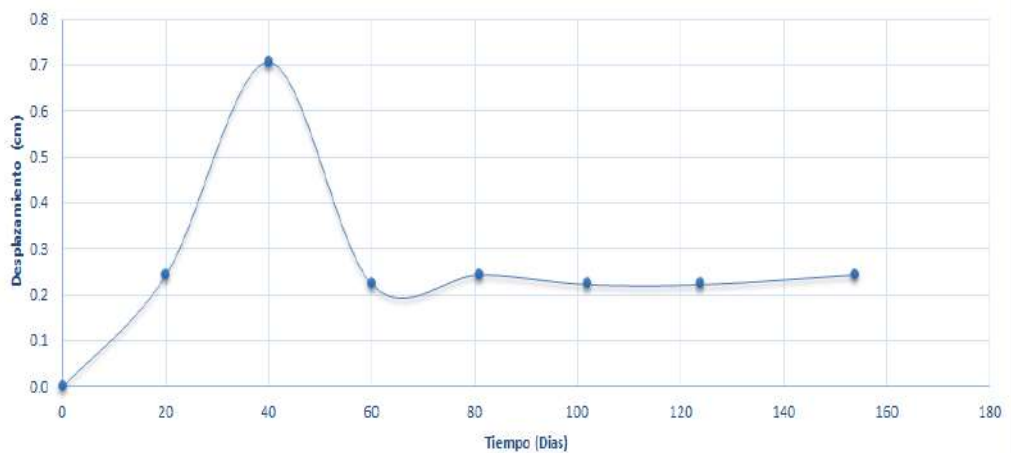
Figura IV.1 Desplazamiento horizontal – punto (L25)



Fuente, Elaboración propia

Desplazamiento horizontal (Norte, Este) es milimétrico por error equipo y observación se encuentran dentro de los márgenes de error de medición.

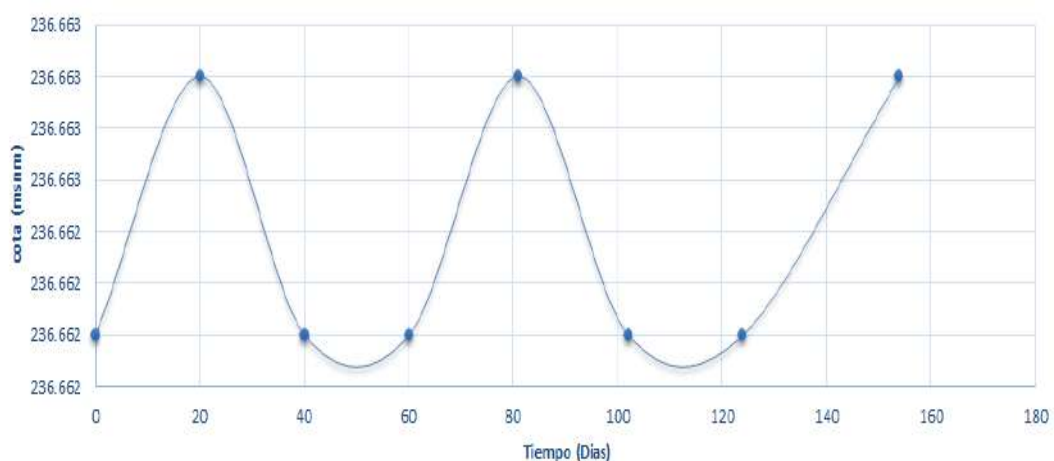
Figura IV.2 Desplazamiento– punto (L25)



Fuente, Elaboración propia

Desplazamientos Punto (Km, Tiempo) en el mes de marzo hubo una desviación y continuo constante durante los siguientes meses. Se encuentran dentro de los márgenes de error de medición.

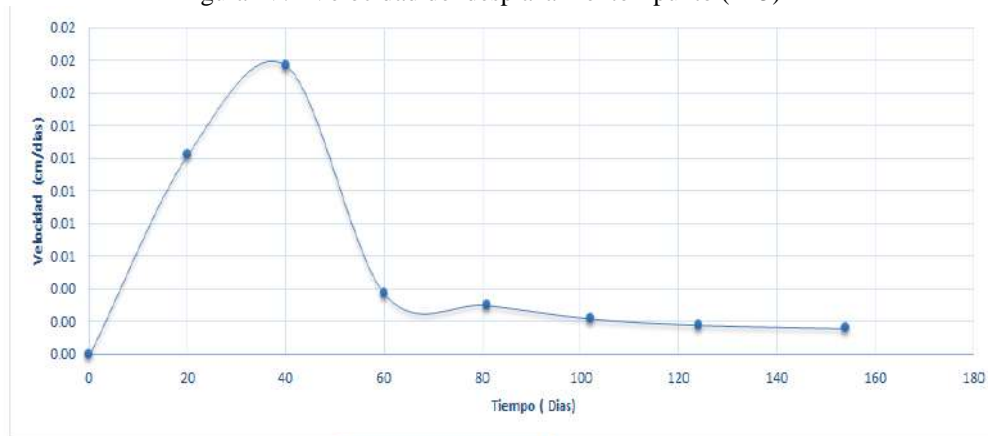
Figura IV.3 Desplazamiento vertical - punto (L25)



Fuente, Elaboración propia

Desplazamientos horizontal (Norte, Este) es milimétrico por error equipo y observación, se encuentran dentro de los márgenes de error de medición.

Figura IV.4 Velocidad del desplazamiento - punto (L25)



Fuente, Elaboración propia

Velocidad Desplazamientos Punto (Velocidad, Tiempo) en el mes de marzo hubo una desviación y continuo constante durante los siguientes meses. Se encuentran dentro de los márgenes de error de medición.

## CAPÍTULO V . CONCLUSIONES

Se tiene que dado el planteamiento inicial de la tesis, en primer término se tenía el análisis de estabilidad de los taludes, por la modificación del área surgida, lo cual se logró de manera exitosa dado el desarrollo y alcance de cinco objetivos específicos, los cuales se han ido desarrollando a lo largo de la presente tesis; entonces las conclusiones estarán dadas por el cumplimiento de estos objetivos y este análisis.

- En primer término, dentro del objetivo específico uno, se determinó la exploración regional, la unidad Cantera Atocongo, Botadero de Desmontes Quebrada Blanca, de Cementos Lima, están ubicadas en la costa central, extremo inferior de las estribaciones de la Cordillera de los Andes, afloran depósitos de rocas sedimentarias y volcánicas y tipo del suelo local o material del área en estudio donde se encuentra el talud y Los parámetros geotécnicos empleados en los modelos de análisis, fueron obtenidos a partir de los ensayos de campo y ensayos de laboratorio y sus correlaciones. en el depósito Desmonte Quebrada Blanca, y también se logró seleccionar información de estudios anteriores: “Cantera de Caliza Atocongo – Estudio Geotécnico de los Botaderos de Escombros” (SVS Ingenieros – año 2006), “Informe de Estudio de Estabilidad Tajo y Botaderos de Desmonte – Unidad Atocongo”- Andes Asociados S.A.C.
- En segundo lugar, como parte del objetivo específico dos, se realizó de manera exitosa el levantamiento topográfico del área correspondiente al talud que es el depósito de Desmonte Quebrada Blanca, asimismo se alcanzó la realización del plano topográfico del depósito desmonte con una densidad 11,588 puntos topográficos que describe una superficie solidada, para nuestro proyecto.
- En tercer lugar, dentro del objetivo específico tres, se pudo diagnosticar el riesgo de falla y desprendimiento del talud ubicado en el depósito de desmonte Quebrada Blanca, pseudo estático 1.422, 1.606, estático 1.984, 2.362 y se comprobó que cumple con los criterios establecidos, pseudo estático el factor de la seguridad está por encima de la unidad (factor de seguridad mayor o igual a 1.0), estático (factor de seguridad mayor o igual a 1.5 periodo largo esto con la aplicación del software del Slide De la propuesta de mejora en el análisis sostenido. En el análisis de estabilidad local a largo

plazo, considerando un coeficiente sísmico mínimo de 0,16 que corresponde aproximadamente a 1/2 del MCE, considerando una vida útil de 50 años de la estructura. Este factor es considerado por varias agencias del estado de California (División of Mines and Geology 1997).

- En cuarto lugar, como parte del objetivo específico cuatro, se logró el diseño talud por la modificación del área y propuesta del talud banquetas de (50,10, 25, 20, 20, 10)metros y niveles (258, 268, 280,290, 300, 310, 332, 342)msnm y una altura de 113 metros y un ángulo  $33^\circ$  en el depósito de Desmonte Quebrada Blanca través del programa de diagnosticar el riesgo de falla se configuro el diseño geométrico con una mejora en el talud y las banquetas que nos permiten minimizar los siniestros en caso de desastre.
- Por último se tiene que, dentro del objetivo específico cinco, se logró monitorear los hitos topográficos, (Bot. Qda. Blanca-11, Bot. Qda. Blanca-12, Bot. Qda. Blanca-15) en forma mensual para verificar el comportamiento de la posibles deformaciones de los materiales durante la operación y controlar la evolución del riesgo. de la estabilidad de talud ubicado en el depósito Desmonte Quebrada Blanca, con la medición y lectura topográfica habitual y controlando con el GPS la horizontalidad y la verticalidad con el Nivel Ingeniero, se mantiene alerta los esfuerzos de tipo lateral.

## RECOMENDACIONES

Se tiene que dado el planteamiento inicial de la tesis, la cual sostenía el análisis del talud luego de la reconfiguración y el posterior de cinco objetivos principales, los cuales se han ido desarrollando a lo largo de la presente tesis; entonces las recomendaciones estarán dadas por la realización de los objetivos.

- Se recomienda en primer lugar que, en los posteriores trabajos de investigaciones geotécnicas se definan las características de los materiales que conforman el cuerpo de los botaderos de desmontes y del macizo rocoso sobre el cual reposa, a partir de lo cual se define el modelo geotécnico para los análisis de estabilidad física de los taludes actuales y proyectados.
- Se recomienda también la realización del diagnóstico de riesgo de falla y desprendimiento del talud en el depósito de desmonte de la quebrada blanca (Atocongo) 2018, Villa María del Triunfo, Lima Perú, lo cual se sostendrá gracias a las pruebas y evaluaciones realizadas en el campo de aplicación del yacimiento, tomando en cuenta además el entorno en que este se encuentra. el factor de seguridad está por encima de la unidad (factor de seguridad mayor o igual a 1.0), lo cual indica que no existirá potencial alguno para generarse deformaciones permanentes.
- Se recomienda controlar la estabilidad del talud del depósito de Desmote Quebrada Blanca (Atocongo) 2018, Villa María del Triunfo, Lima Perú; esto con la aplicación de la propuesta, el material está conformado por gravas 75.29 % aproximadamente, se recomienda tener un ritmo de compactación cada 30-40 cm
- También se recomienda la modificación del área y la influencia, riesgo de falla y desprendimiento del talud en Quebrada blanca (Atocongo) 2017, Villa María del Triunfo, Lima Perú; a través del diseño que configura una mejora con el sistema de los denominados taludes y banquetas.
- Por ultimo también se recomienda el control de la estabilidad de conocido talud en el depósito de Desmonte Quebrada Blanca (Atocongo) 2018 Villa María del triunfo, Lima Perú; teniendo en cuenta la distribución del suelo de la zona, controlar el comportamiento de un talud frente a la estabilidad, se recurre a la instrumentación topográfica, a fin de obtener información sobre el comportamiento del mismo y las características del movimiento.

## REFERENCIAS

- A. Materials. (1997). *Annual Book of ASTM Standards*. Estados Unidos: ASTM.
- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. (2001). *MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA*. Medellín: LA RED.
- AYALA CARCEDO, R. O. (1985). *Manual para el Diseño y Construcción de Escombreras y Presas de Residuos Mineros*. Madrid, España: ALMANSA.
- Bañon Blazquez, L. (2006). *Estabilidad de Taludes*. Sevilla.
- Barbat, A., & Pujades, L. (2004). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y DEL RIESGO SÍSMICO EN ZONAS URBANAS. APLICACIÓN A BARCELONA*. Barcelon - España: Congreso Nacional de Sismología e Engenharia Sísmica.
- Benyeto, P., Gutierrez, G., Mroginski, J., Di Rado, Hector, A., & Awruch, A. (2011). *Análisis de estabilidad de taludes mediante técnicas de optimización heurística*. Argentina: Mecánica computacional.
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. New York: John Wiley.
- Bonifaz, H. (2016). *Estudio de Taludes en condiciones dinámicas para áreas urbanas en el cantón Esmeralda, sector "Las Palmas"*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Buenaventura Ingenieros S.A. (2007). *Actualización de Estudio de la estabilidad de Taludes*. Lima: Publicaciones Buenaventura.
- Colegio de Arquitectos de Madrid. (2015). *Curso Aplicado de Cimentaciones*. Madrid: Colegio de Arquitectos Ediciones.
- CRAIG, R. (1974). *Soil Mechanics*.
- Division of Mine and Geology. (1997). *Guidelines for Evaluating and Mitigating Seismic Hazards in California*. California: Department of Conservation.
- Duncan, J., & Wright, S. (2005). *Soil strength and slope stability*. Edit. John Wiley and Sons.
- Estrada, M. (22 de Septiembre de 2017). *Informalidad en el sector construcción: ¿Por qué las edificaciones se caen? ¿Cómo evitarlo?* Obtenido de Capital: <http://www.capital.com.pe/actualidad/informalidad-en-el-sector-construccion-por-que-las-edificaciones-se-caen-como-evitarlo-noticia-1078286>
- Flores Berrones, R. (2003). *Efecto del flujo de agua en la estabilidad de los taludes*. Madrid.
- Gavilanes, J. (2003). *Parametros geotecnicos y estabilidad de taludes en Ecuador*. Guayaquil: Asociación de Ingenieros de Mina de Ecuador.
- Gerscovich, D. (2013). *Estabilidade de Taludes*. Sao Paulo: Oficina de Textos.
- Giraldo, F. A. (2018). "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA CIUDAD DE HUARAZ –

- AÑO 2016". (*Tesis de Título Profesional*). UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO", Ancash- Perú.
- Helios Consorcio Vial. (2011). *Estudio de estabilidad y estabilización de taludes, muros de contención y terraplenes*. Bogota: HMV Ingenieros.
- HOEK, E. a. (1977). *Rock Slope engineering*. Londres, Inglaterra.
- HURTADO, A. (2013). *Estabilidad de Taludes*. Lima, Peru.
- HURTADO, A. (2013). *Soluciones Geotecnicas en Estabilidad de Taludes*. Lima.
- Kliche, C. (1999). *Rock Slope Stability*. Estados Unidos: SME.
- Kuroiwa, J. H. (2002). *Reducción de desastres Viviendo en armonía*. Lima, Lima, Perú: Bruño.
- Materials), A. (. (1997). *Annual Book of ASTM Standars*. United State of America.
- Mendoza Loayza, J. (2016). *Analisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay*. Lima: PUCP.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS . (Enero de 1997). *Guia Ambiental Para la Estabilidad de Taludes en Depositos de Residuos Solidos de Mina*. Lima, Peru.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Sanamiento. (2006). *Norma E.020*. Lima: <http://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Norma E.030*. Lima: <http://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISEÑO%20SISMORRESISTENTE.pdf>.
- Moller, O. (2011). *Análisis de la estabilidad de los taludes mediante técnicas de optimización*. Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- Mosqueira, M. M. (2012). *Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Revista "Ciencia y Tecnología", Escuela de Postgrado - UNT*.
- Ortuño Abad, L. (2004). *Estabilización de taludes en suelos. Curso de Geomecánica para Infraestructuras*. Sevilla.
- Oteo, C. (2002). *Taludes*. Madrid: Pearson .
- Quea Gutierrez, L. (2016). *Diseño de estabilidad de taludes para el nivel de resistencia al corte en el frente minado del proyecto San Antonio y Maria - Ananea*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Rocdata V 3.0. (2004). *Strength analysis of rocks and soil masses*. User Guide.
- Roríguez Marqués, F. (2017). *Analisis de la estabilidad del desplazamiento de porciles (Asturias)*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Salazar Acuña, C. (2015). *Metodología de investigación del diseño geotécnico para la estabilización de taludes en un proyecto en la Costa Verde*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.



- Santamarta, J. (2003). *Ingeniería geológica y geotecnia en medios volcánicos*. Medellín: Universidad de la Laguna.
- SENCICO. (2006). *Norma E.70*. Lima: <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>.
- SENCICO. (2010). *NORMA E.060*. Lima: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=190>.
- Skempton, A., & Hutchinson, J. (1969). *Estabilty of natural slopes and embankment foundations*. Mexico D.F.: Soil Mechanics and Foundations Engineering.
- Sobarzo, V., Villalobos, F., & King, S. (2011). Estudio de la estabilidad de los taludes en roca meteorizada de la formación quiriquina. *Obras y Proyectos*, 21-53.
- Tavera, H. (2014). *ESCENARIO DE SISMO Y TSUNAMI EN EL BORDE OCCIDENTAL DE LA REGIÓN CENTRAL DEL PERÚ*. Lima - Perú: IGP.
- UNACEM. (2018). *UNACEM*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de [http://www.unacem.com.pe/?page\\_id=5](http://www.unacem.com.pe/?page_id=5)
- Watson Quesada, R. (2005). Diseño de Taludes. *Geomecánica aplicada a la pequeña minería.*, 21-53.

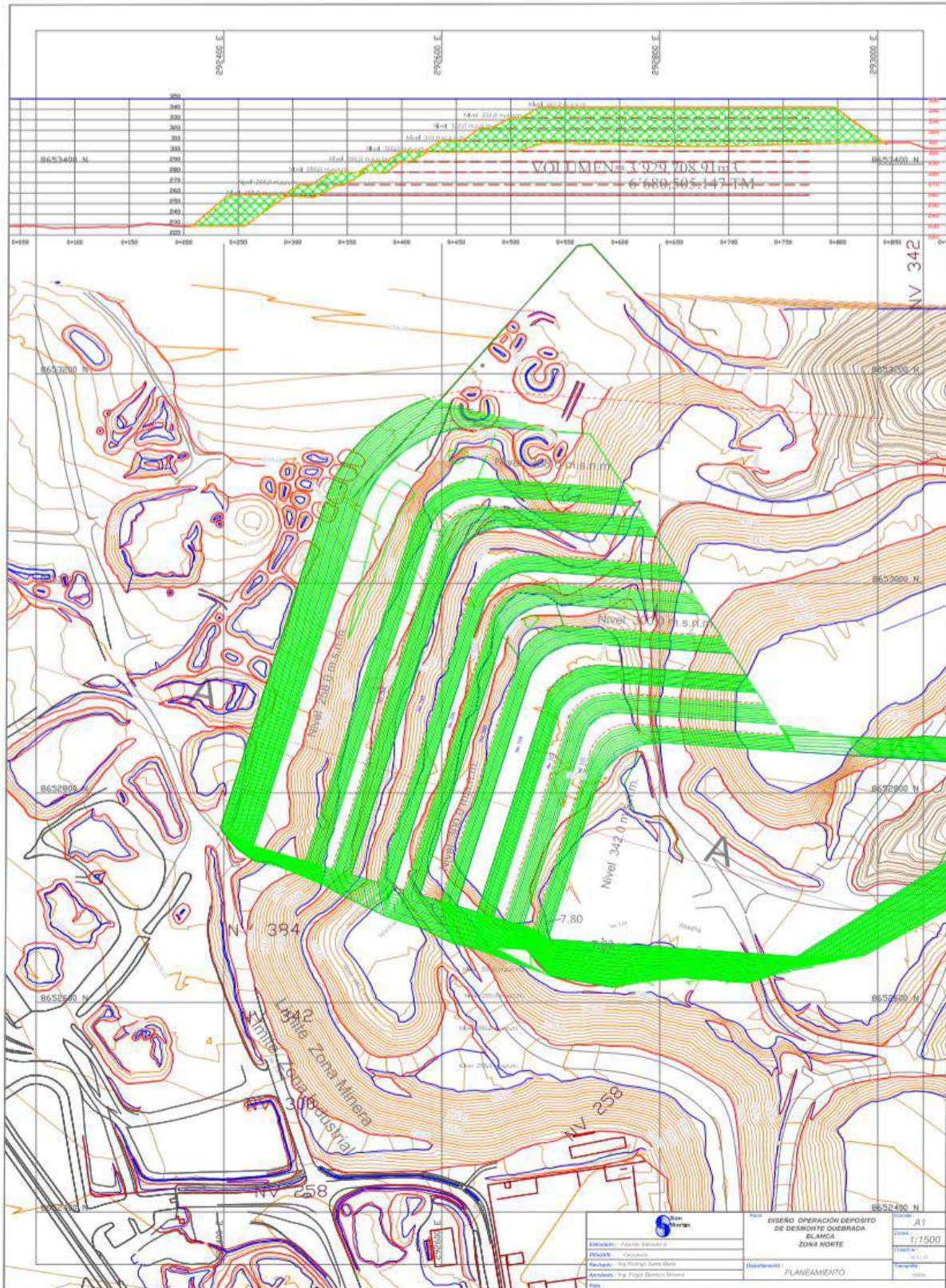
## ANEXOS

Anexo 1 Cálculo de rendimiento, capacidad, costos .....	79
Anexo 2 Diseño de plano de depósito de desmonte Qda. Blanca .....	80
Anexo 3 Memoria de cálculo del estudio .....	81
Anexo 4 Topografía y estudio de mecánica de suelos .....	95

Anexo I Cálculo de rendimiento, capacidad, costos

<b>Toneladas a Mover</b>	6,680,505.00				
<b>Parámetros</b>					
Distancia Ponderada (km)	2.80				
Velocidad Cargado (km/hra)	13.00				
Velocidad Vacío (Kmhra)	15.00				
<b>Tiempo de Viaje Cargado (min)</b>	12.92				
<b>Tiempo de Viaje Vacío (min)</b>	11.20				
Tiempo de Carguío (min)	4.00				
Tiempo de Descarga (min)	2.65				
<b>Tiempo Total (min)</b>	30.77				
<b>Rendimientos Acarreo</b>				<b>Rendimientos Carguío</b>	
Nro Equipos por frente	8.00			Nro Equipos por frente	1.00
Nro frentes	1.00			Nro frentes	1.00
Total Equipos volvo FMx8x4	8.00			Total Equipos Excavadora 374	1.00
Ciclo Ponderado (Vueltas/hra)	1.95			Rendimientos Carguío	504.90
<b>Capacidad Carga</b>				<b>Horas Carguío</b>	
Capacidad Carga (m <sup>3</sup> )	22.00			Horas Máquina	13,231.34
Densidad	1.70				
Rendimiento	90%				
Capacidad Carga (ton)	33.66			<b>COSTO DE CARGUÍO</b>	
<b>Horas Acarreo</b>				DEPRECIACION DE EQUIPO	653,364
Horas Máquina	101,792			COMBUSTIBLE	526,740
<b>COSTO DE ACARREO</b>				MANTENIMIENTO	375,109
DEPRECIACION DE EQUIPO	2,544,807			MANO DE OBRA	126,359
COMBUSTIBLE	1,029,120				<b>1,681,571</b>
MANTENIMIENTO	3,053,768				
MANO DE OBRA	732,904				
	<b>7,360,600</b>				
<b>COSTO DE CARGUÍO</b>	<b>1,681,571</b>				
<b>COSTO DE ACARREO</b>	<b>7,360,600</b>				
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>9,042,171</b>				
<b>COSTO INDIRECTOS 20%</b>	<b>1,808,434</b>				
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>10,850,606</b>				

Anexo 2 Diseño de plano de depósito de desmote Qda. Blanca

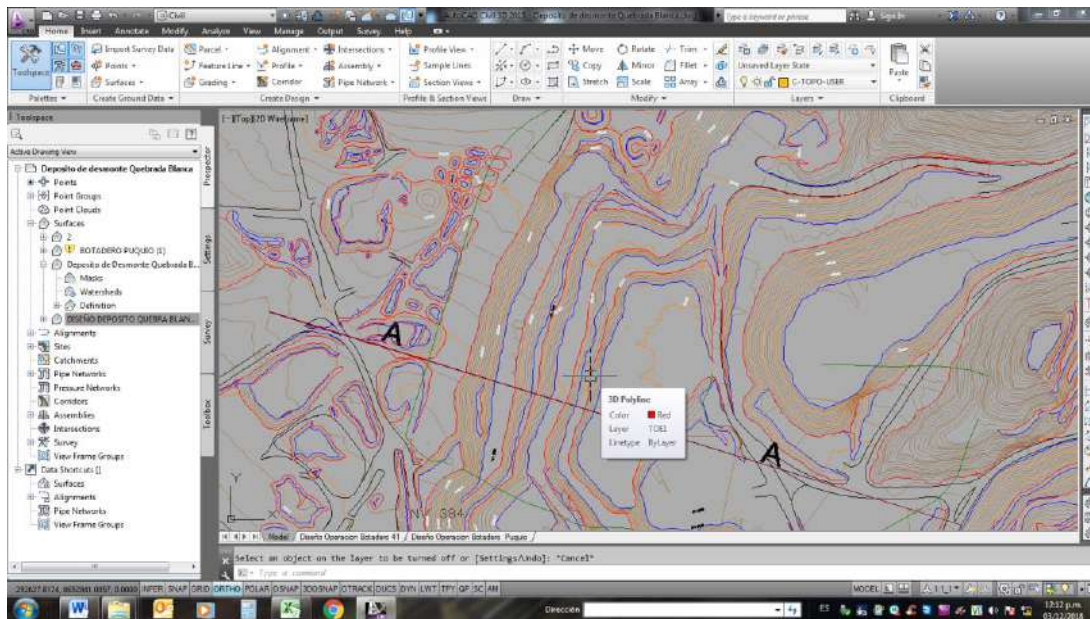


Anexo 3 Memoria de cálculo del estudio

**Memoria de cálculo del talud, del depósito de desmonte Quebrada blanca**

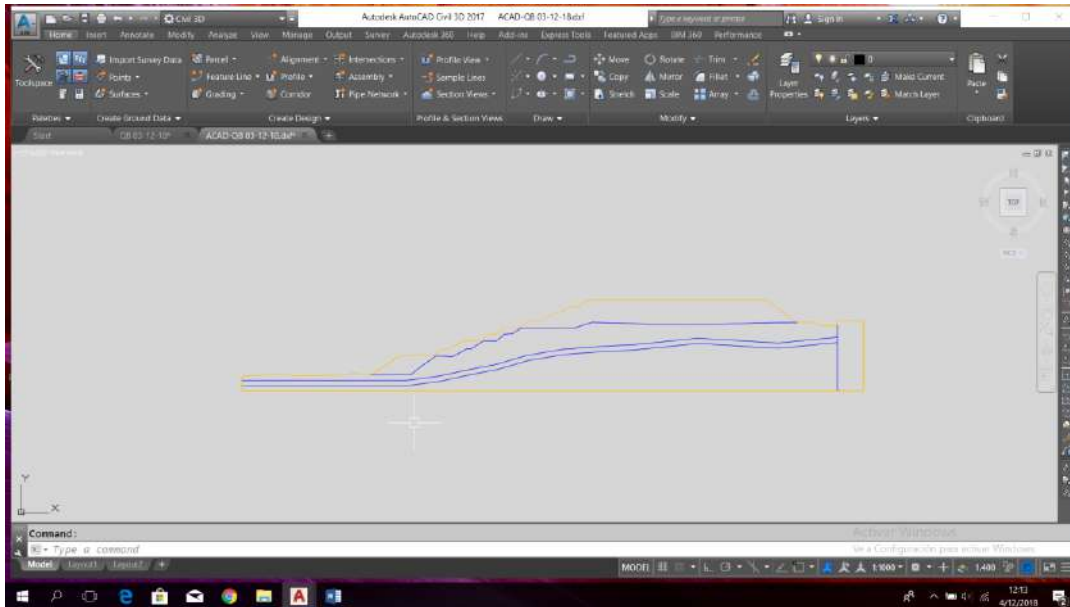
1. Plano topográfico en civil 3D.

- Plano topográfico
- Sección A-A

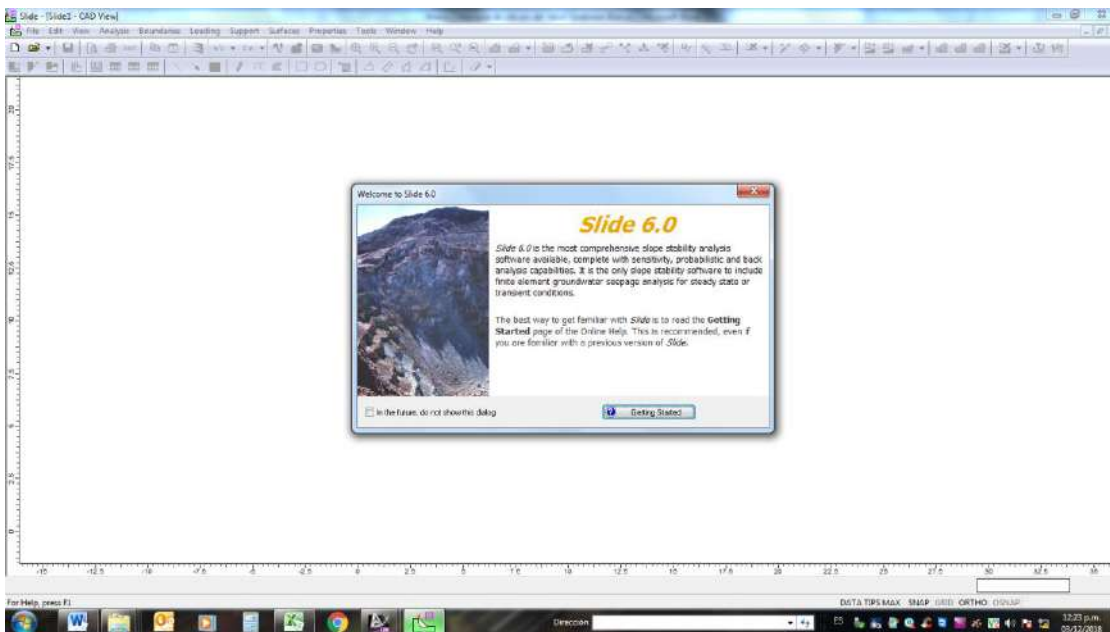


2. Dimensionamiento del Talud

- Perfil topográfico
- Geológico de los materiales
- En DXF versión 2000



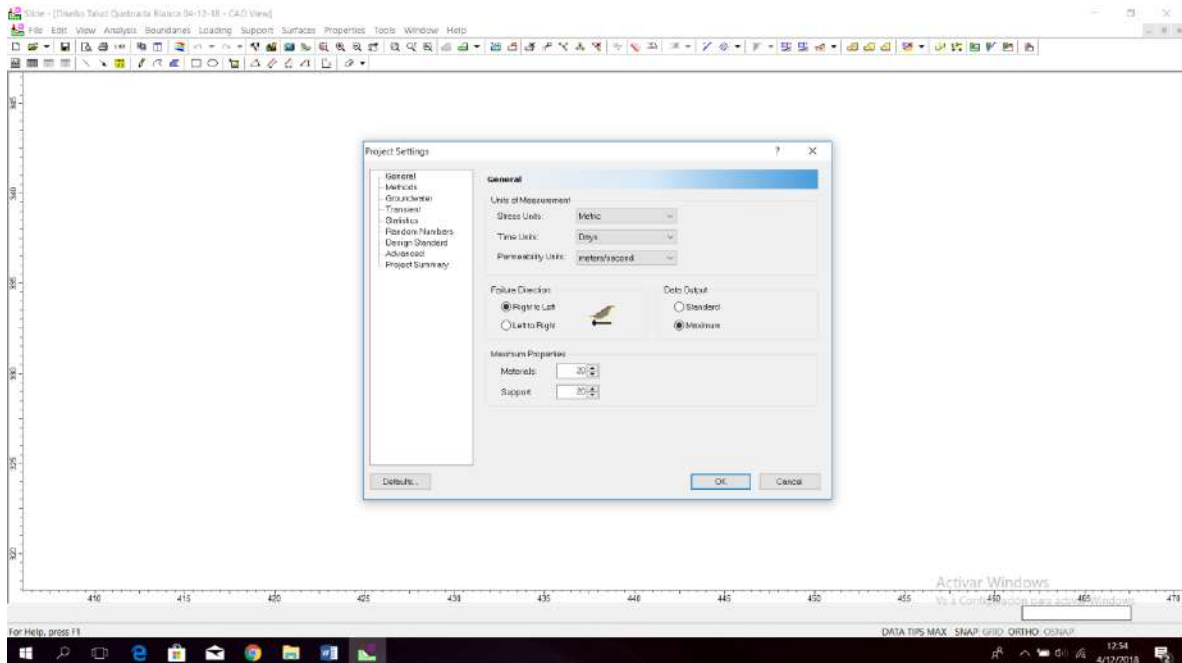
### 3. Uso del software del Slide



### 4. Configuración Slide

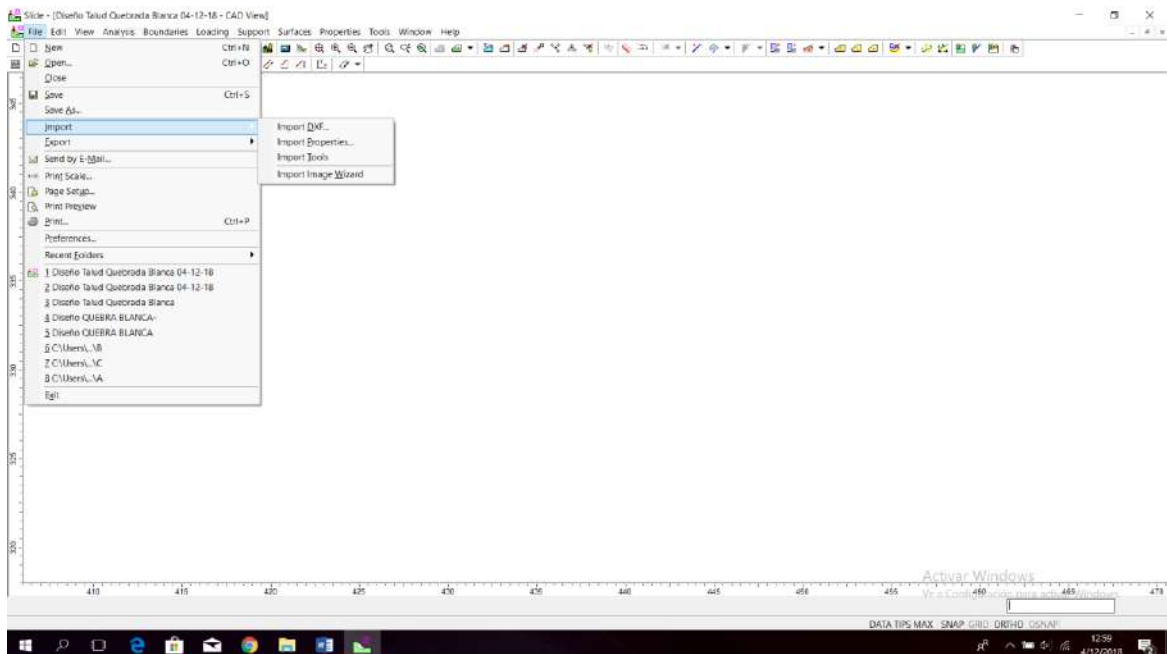
Parámetros del modelo de cálculo de diferentes autores, Bishop, Janbu, Spencer

Métodos de cálculo, unidades, gravedad, dirección Talud en su presentación

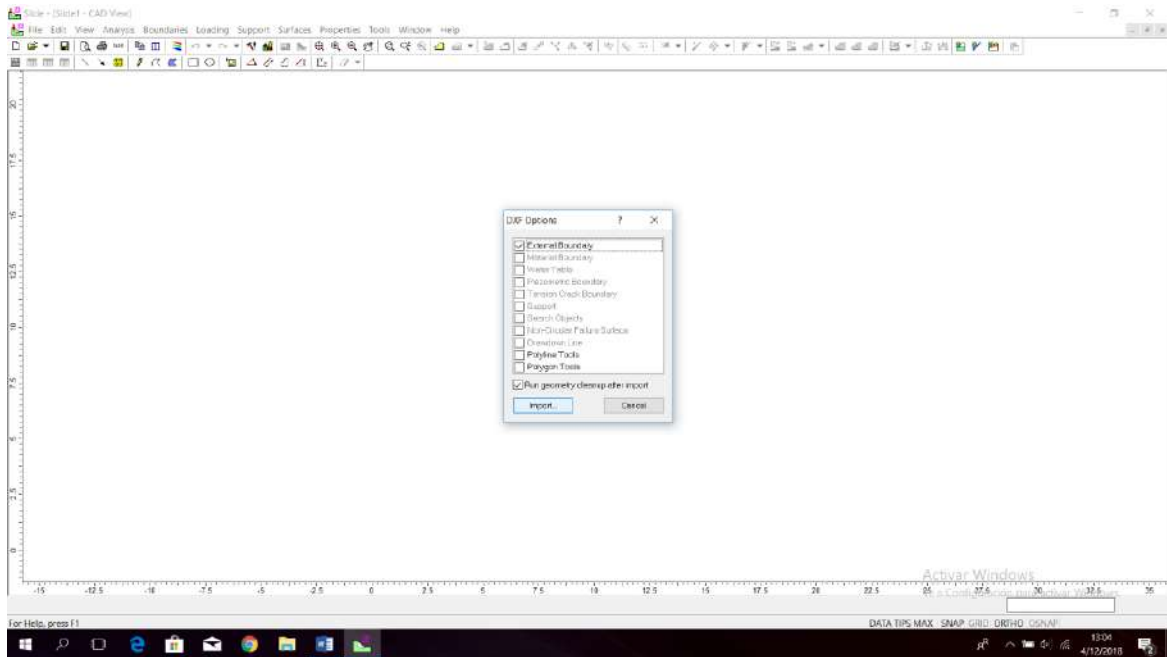


5. Importamos el dimensionamiento final. del Talud y la sección A-A

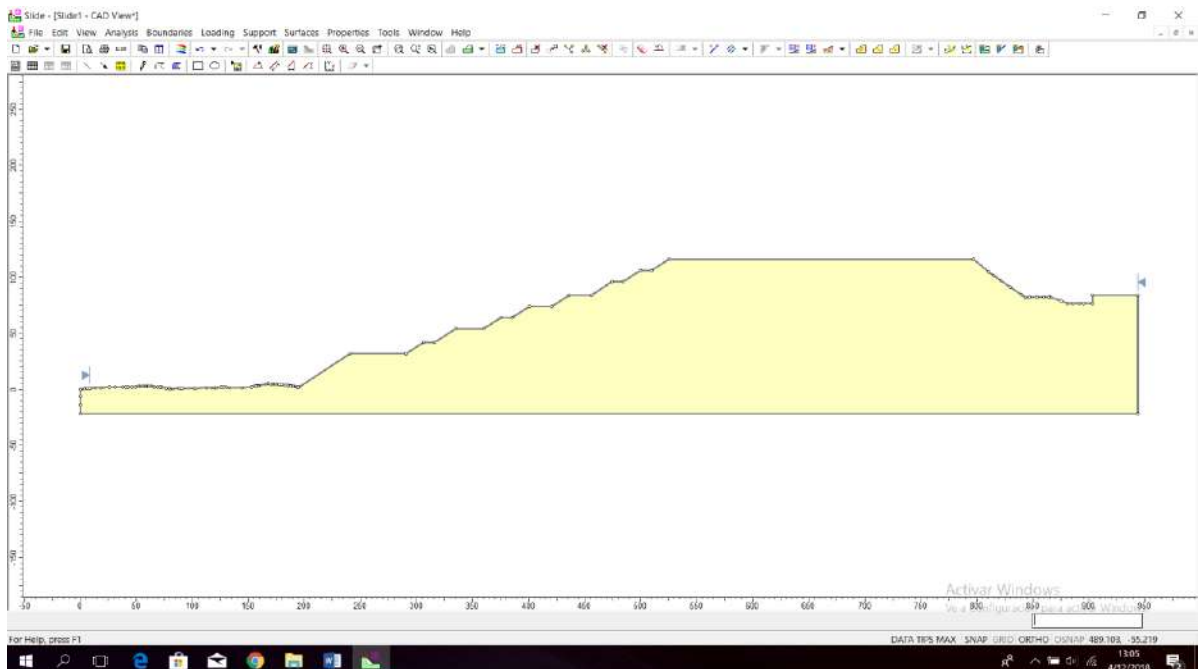
- En el formato DXF



6. Cuadro de dialogo de primera Poligonal a importar

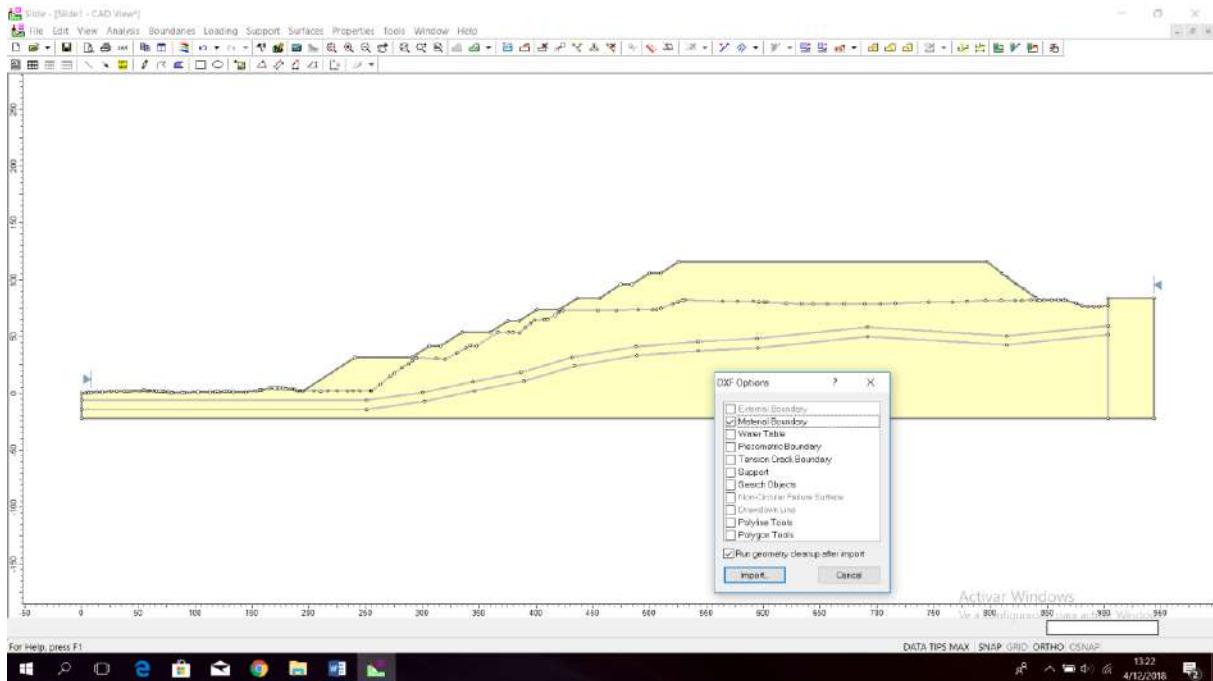


## 7. Primera Información total en Slide, Ingresando límites

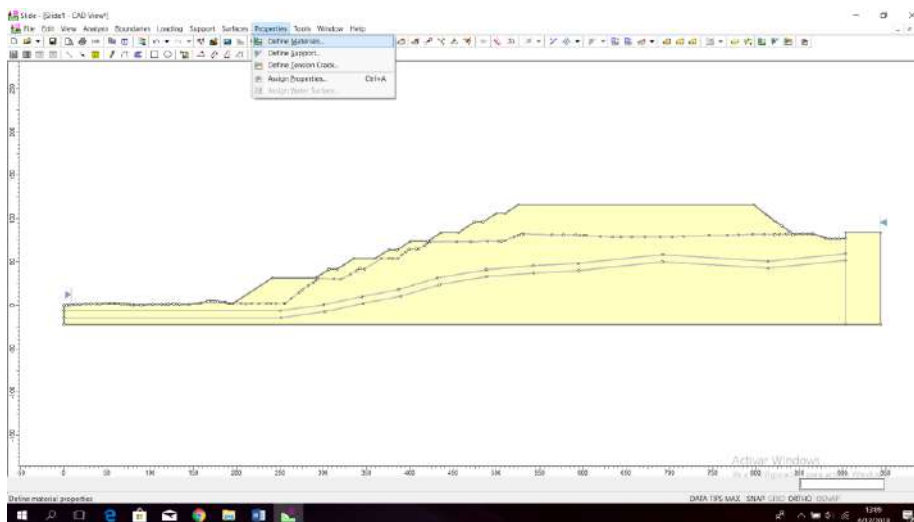


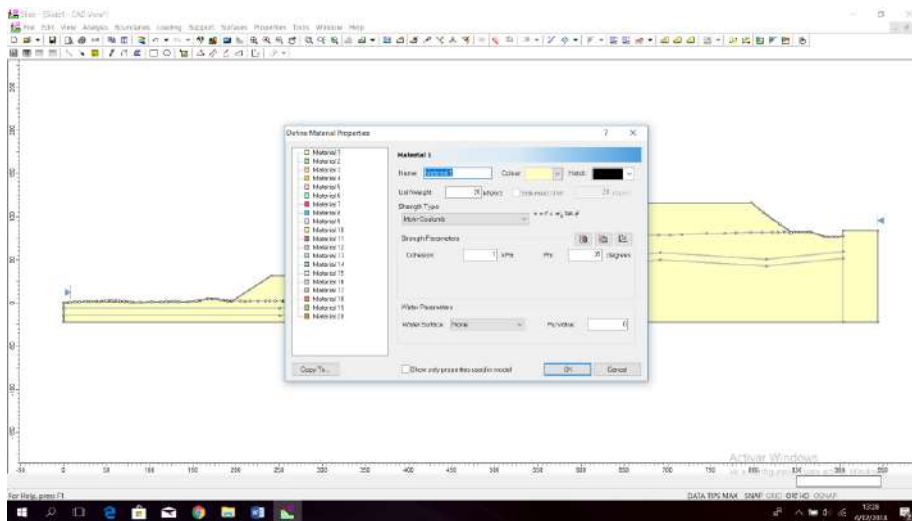
## 8. Segunda información del perfil de los materiales





## 9. Asignar los Materiales





#### 10. Denominación del material

- Desmote,
- Unidad de peso,
- Tipo de resistencia de Mohr Coul,
- Cohesión,
- Angulo de fricción

Define Material Properties

**Demonte**

Name: Demonte Colour:   Hatch:  

Unit Weight:  kN/m<sup>3</sup>  Saturated U.W.  kN/m<sup>3</sup>

Strength Type: Mohr-Coulomb  $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion:  kPa Phi:  degrees

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value:

Show only properties used in model

### Desmonte Coluvial

Define Material Properties

**Desmonte Coluvial**

Name: Desmonte Coluvial Colour:   Hatch:  

Unit Weight:  kN/m<sup>3</sup>  Saturated U.W.  kN/m<sup>3</sup>

Strength Type: Mohr-Coulomb  $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

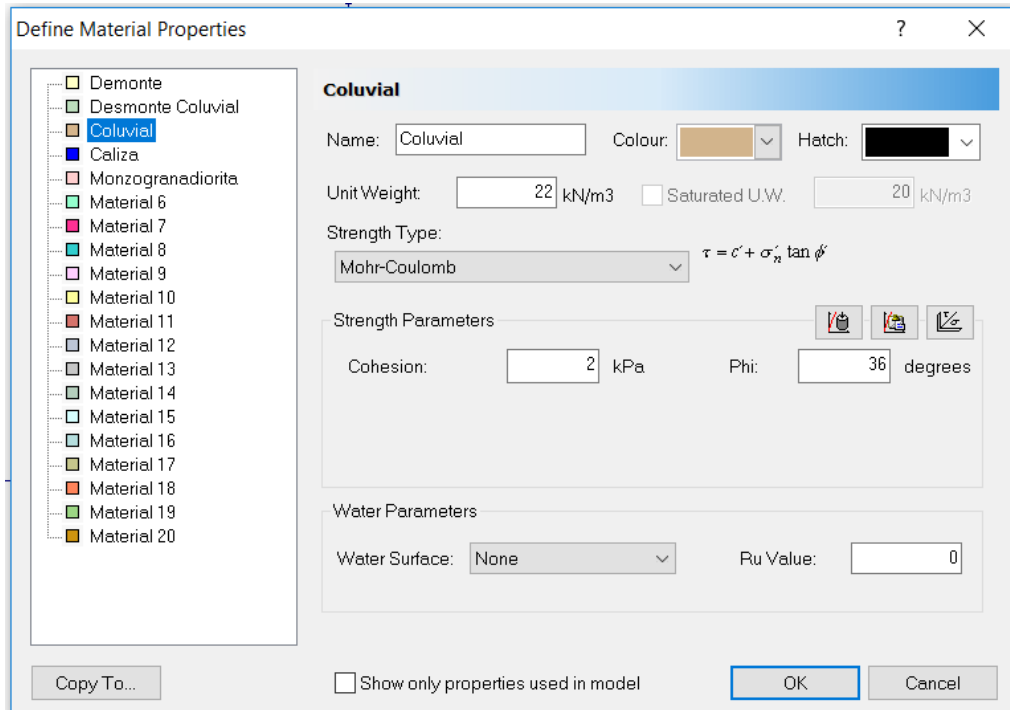
Cohesion:  kPa Phi:  degrees

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value:



Show only properties used in model

Coluvial,



**Define Material Properties**

**Coluvial**

Name: Coluvial Colour:  Hatch: 

Unit Weight:  kN/m<sup>3</sup>  Saturated U.W.  kN/m<sup>3</sup>

Strength Type: Mohr-Coulomb  $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

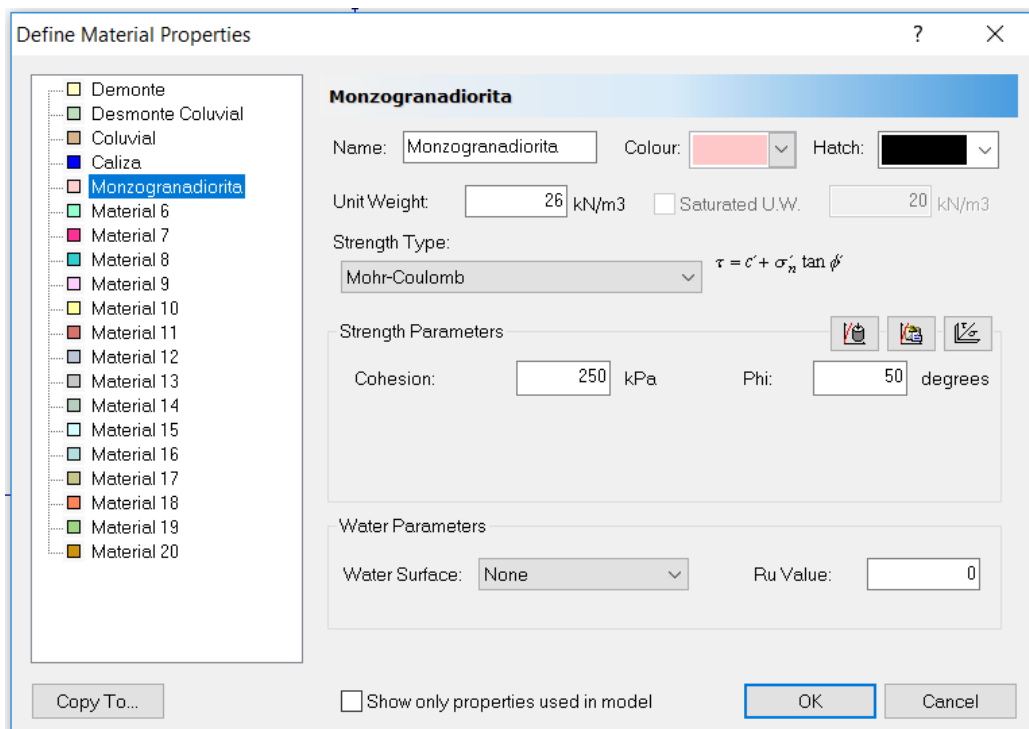
Cohesion:  kPa Phi:  degrees

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value:



Show only properties used in model

Monzogranodiorita



**Define Material Properties**

**Monzogranodiorita**

Name: Monzogranodiorita Colour:  Hatch: 

Unit Weight:  kN/m<sup>3</sup>  Saturated U.W.  kN/m<sup>3</sup>

Strength Type: Mohr-Coulomb  $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

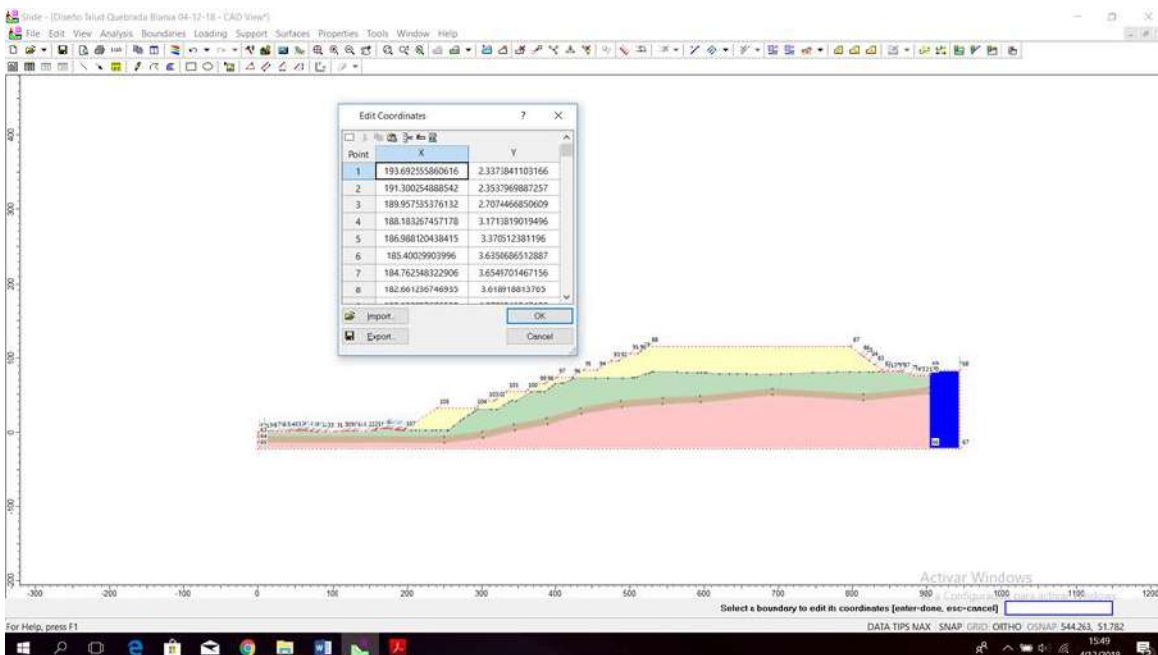
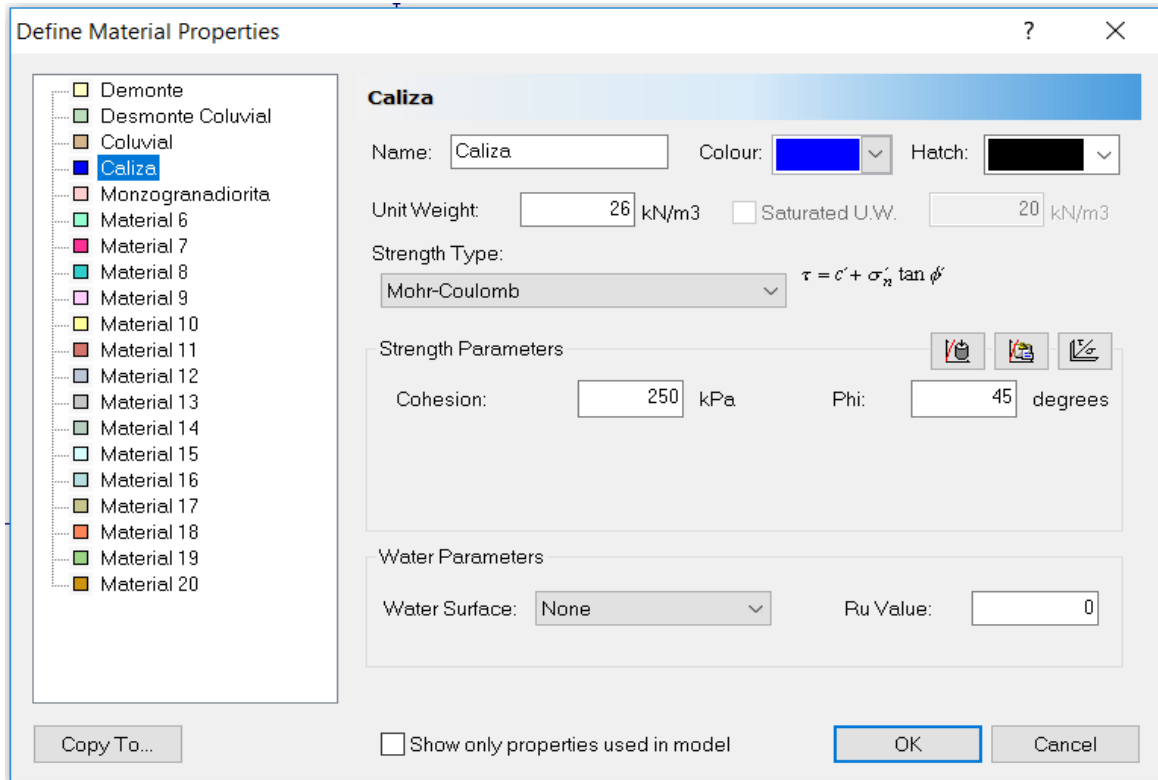
Cohesion:  kPa Phi:  degrees

Water Parameters

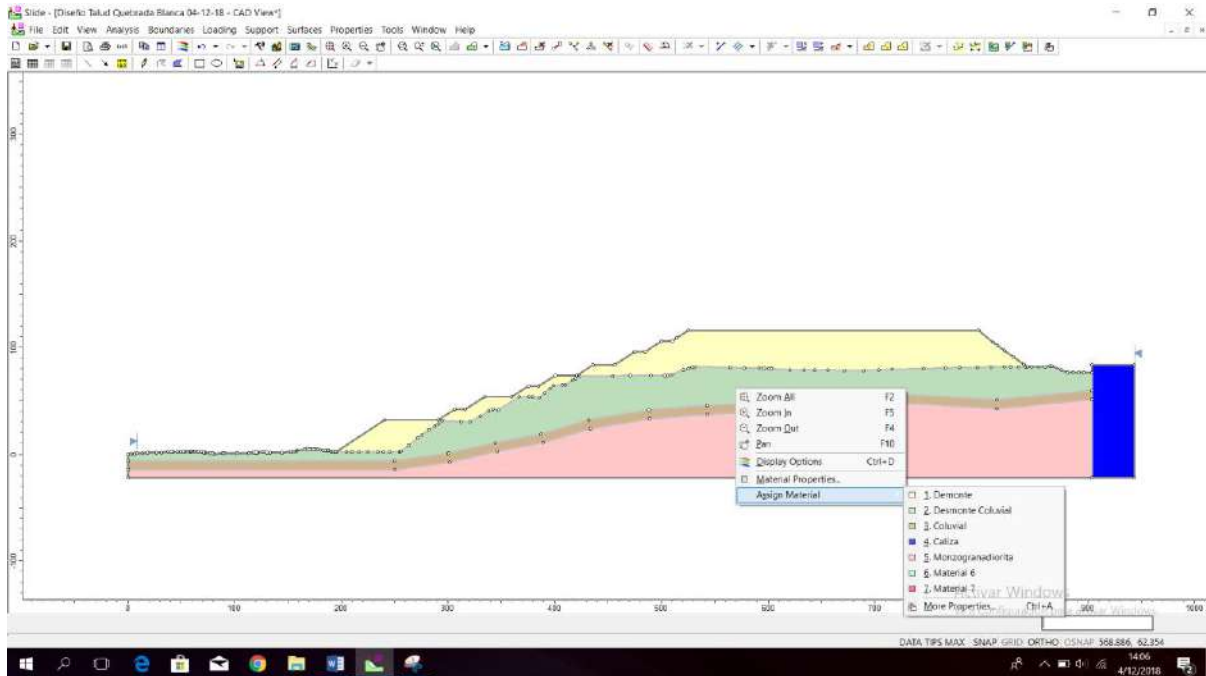
Water Surface: None Ru Value:

Show only properties used in model

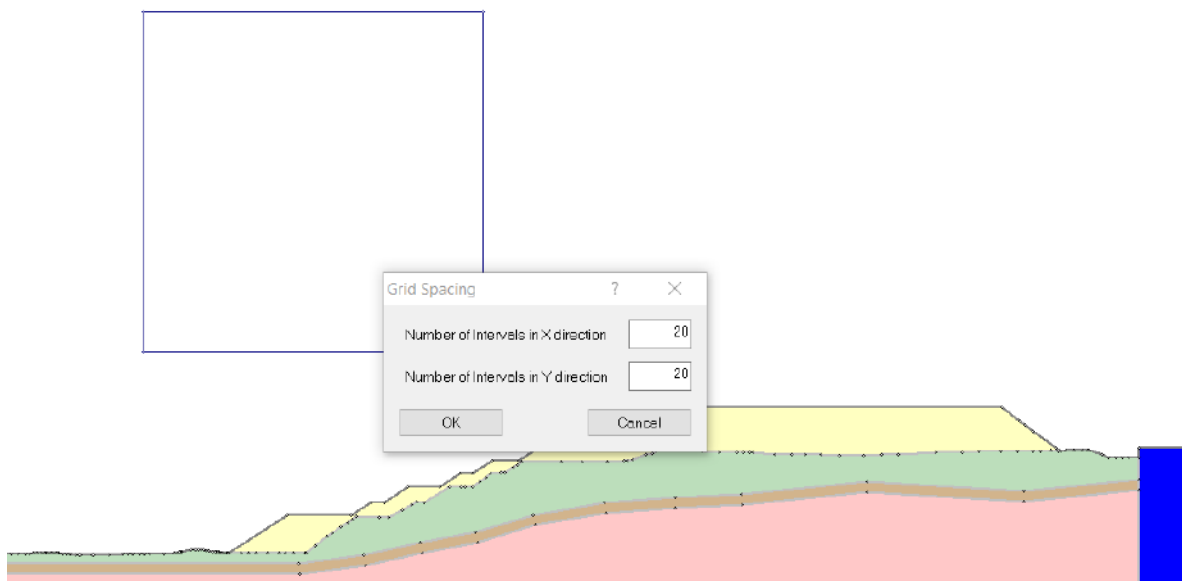
Caliza,



11. Adicionado los materiales Asignados Estamos creando el modelo y podemos proceder al inicio del análisis e interpretar los resultados

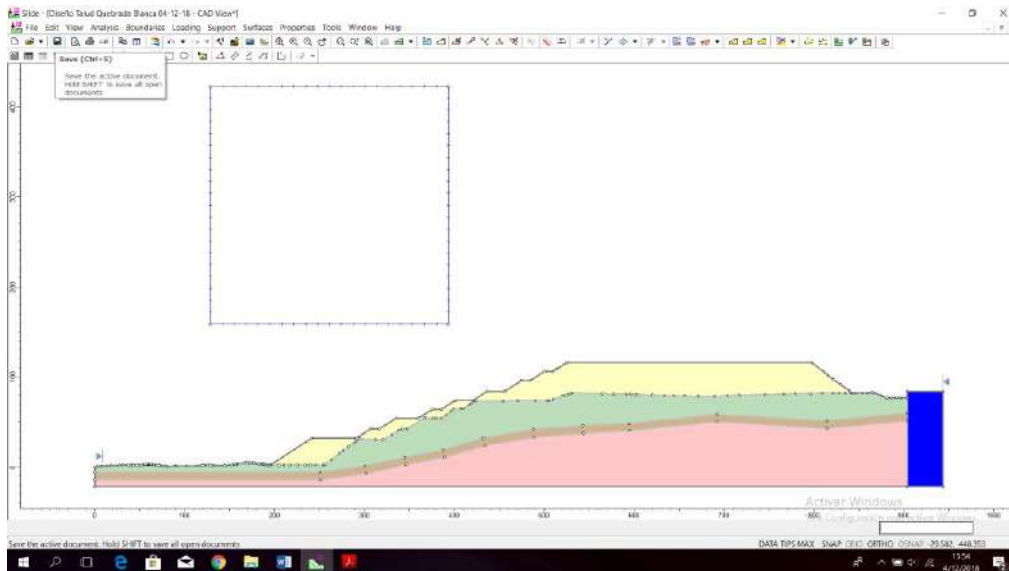


12. Las cuadrículas 20x20 de centro de fallas de la superficie circular, con el más bajo factor de seguridad



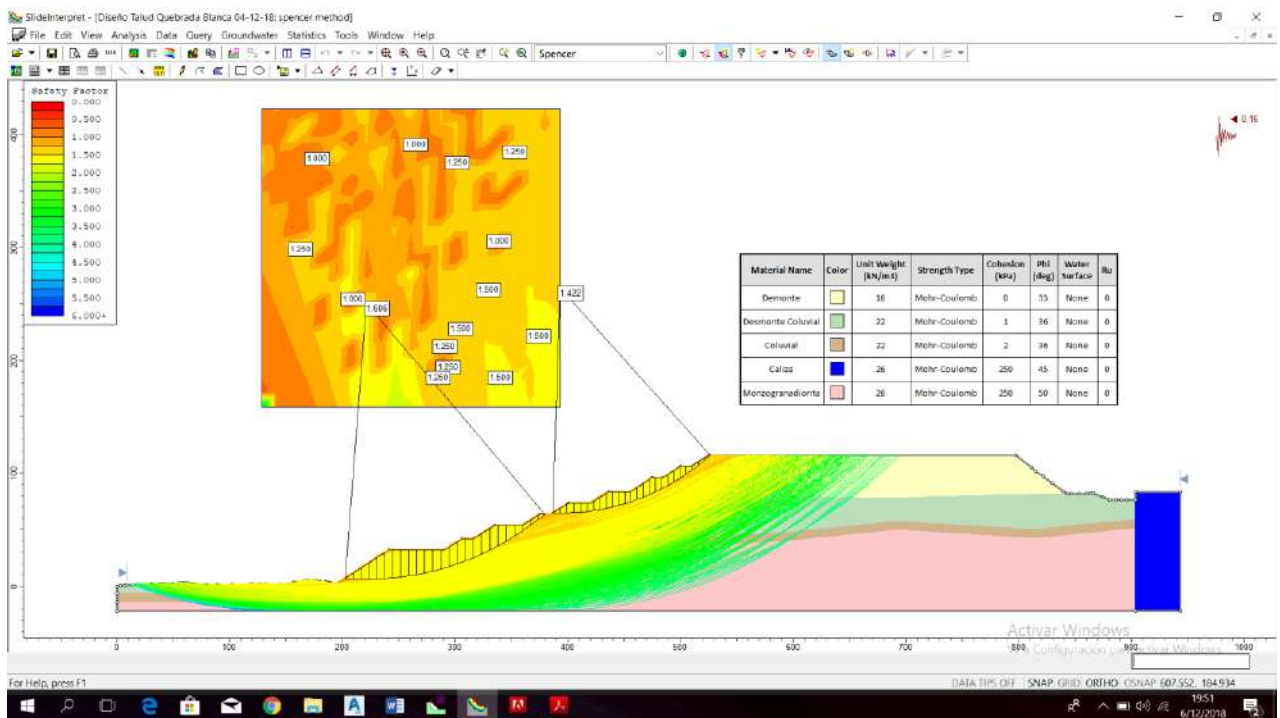
### 13. Guardar el archivo, Diseño de talud quebrada blanca. Slim

- La calculadora del Slide procederá Calcular, Para interpretar Análisis



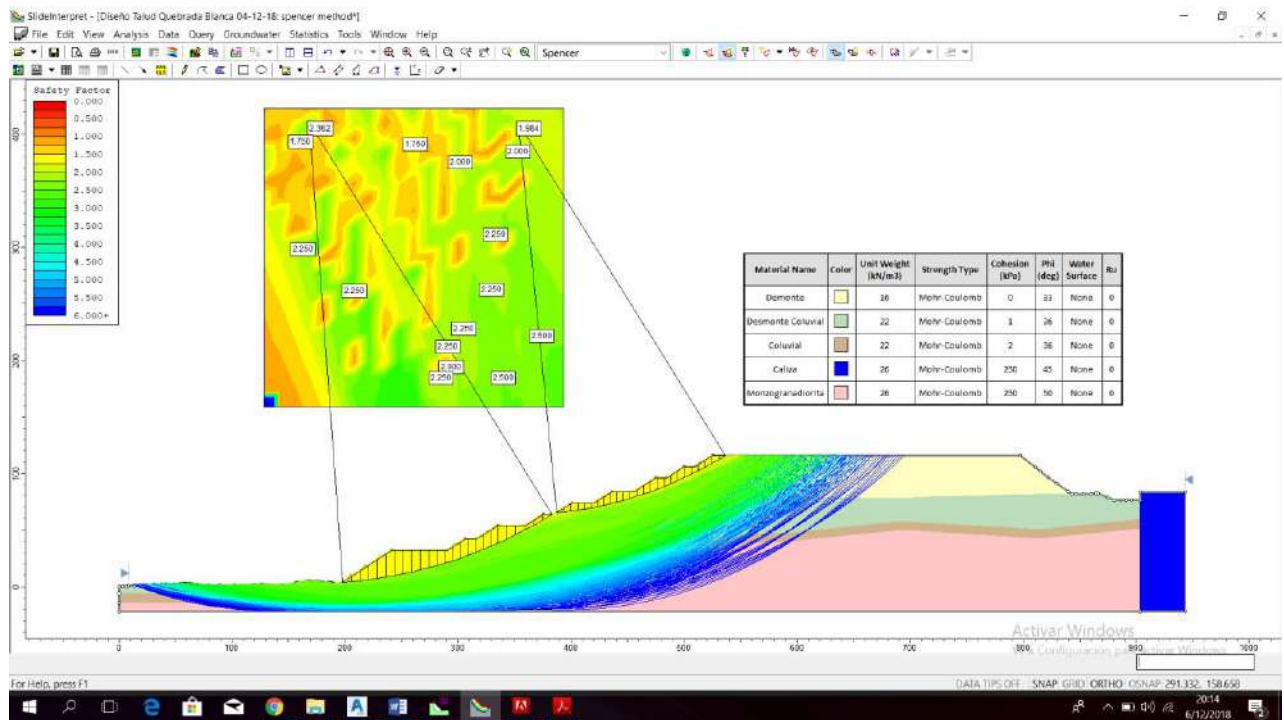
### 14. Análisis Pseudo estático

Análisis de estabilidad por el método de Spencer de la sección A-A el factor de seguridad 1.42 en su estado proyectado  $1.42 \geq 1.00$  es estable para un periodo a largo plazo



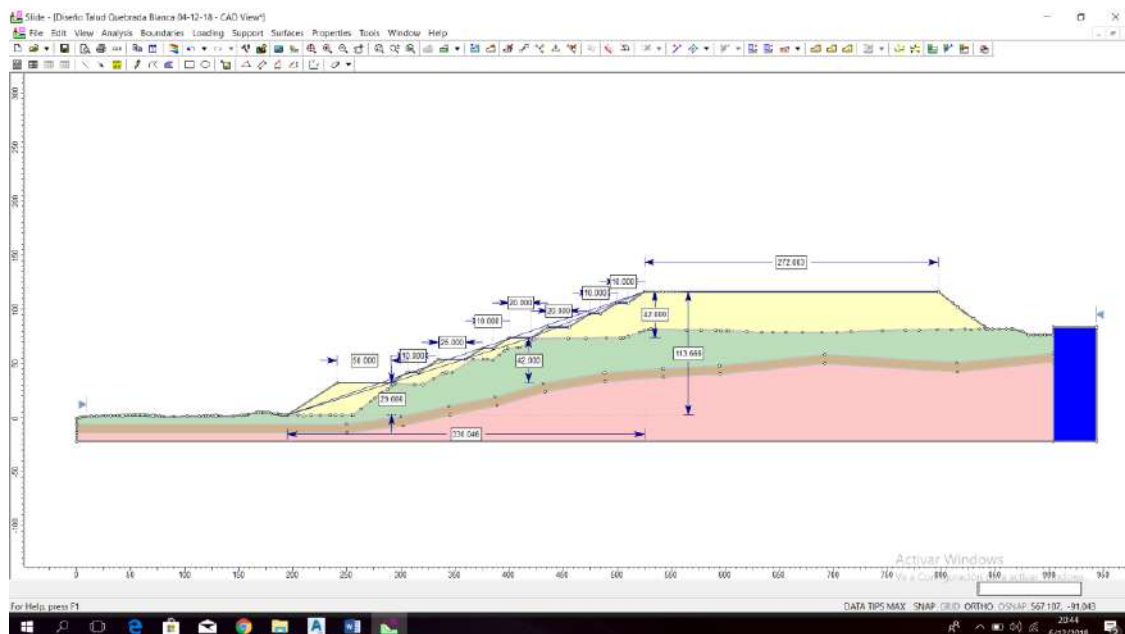
## 15. Análisis del estático

Análisis de estabilidad por el método de Spencer de la sección A-A el factor de seguridad 1.98 en su estado proyectado  $1.98 \geq 1.50$  es estable para un periodo a largo plazo



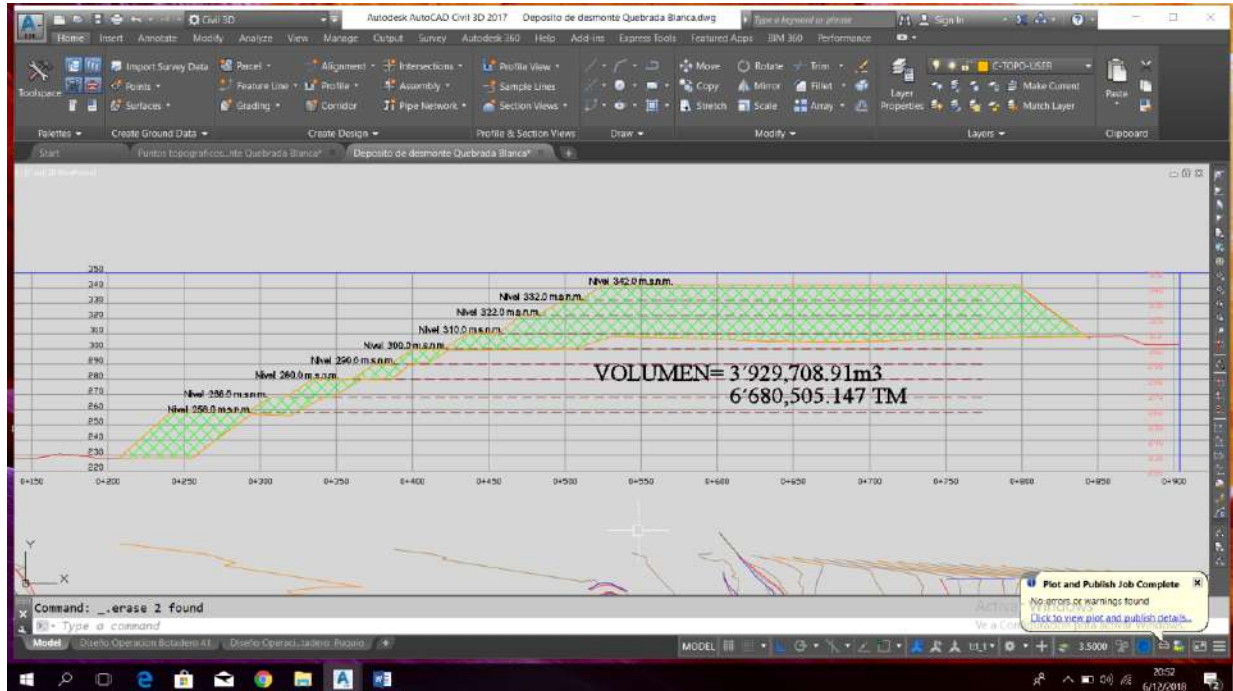
## 16. Propuesta del talud

- El perfil se exportar en DXF

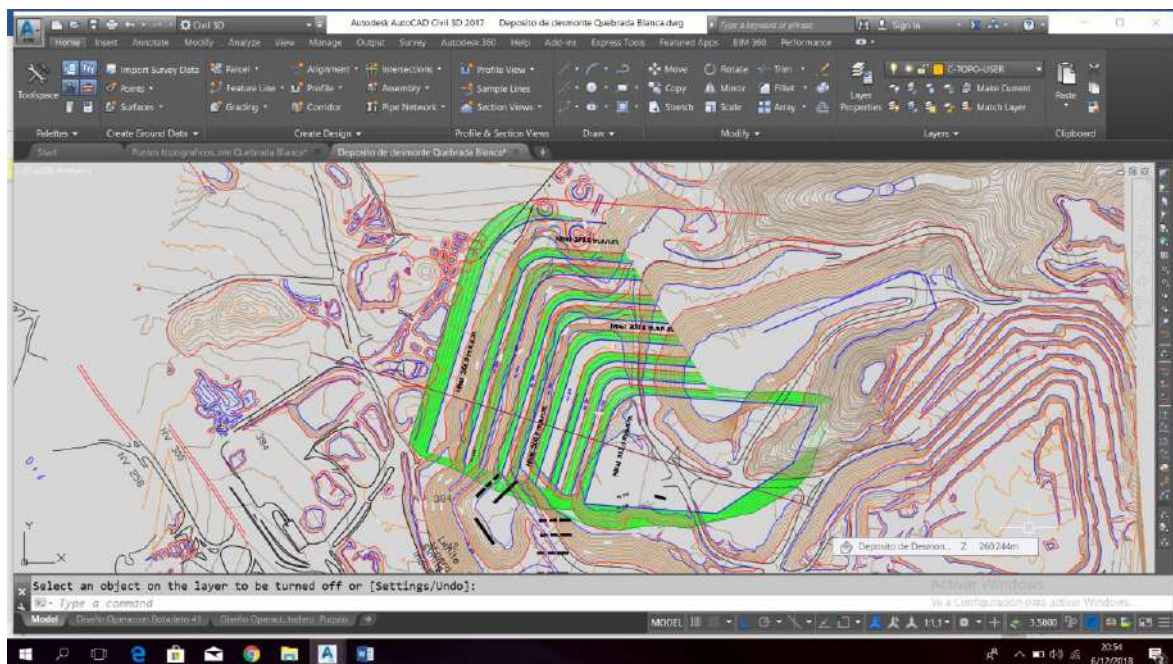




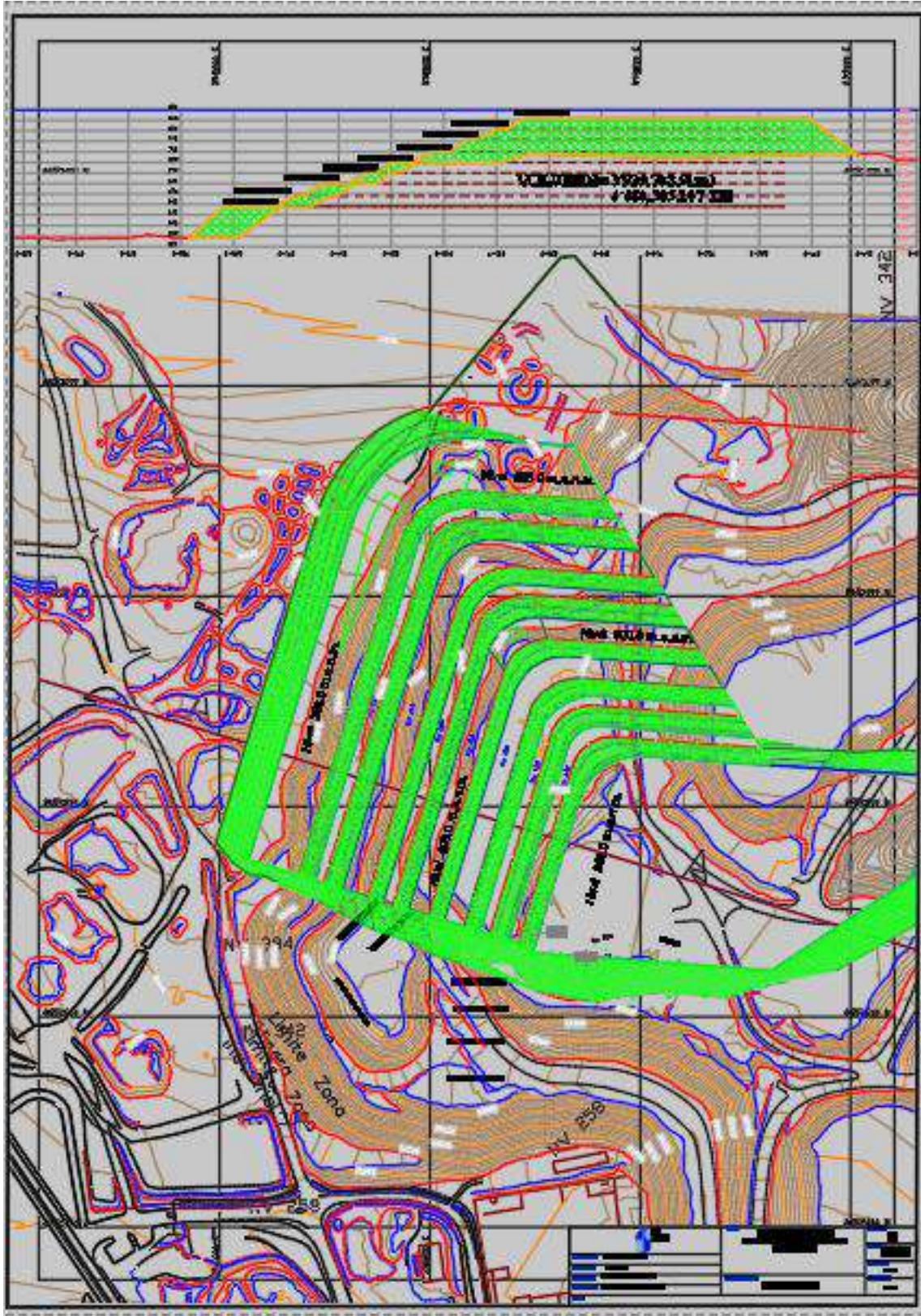
17. Importar el perfil en civil 3d



18. El diseño geométrico del depósito de desmorte quebrada Blanca



19. Diseño del Depósito de Desmonte de Quebrada Blanca zona Norte



Anexo 4 Topografía y estudio de mecánica de suelos

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Depósito de Desmonte Quebrada Blanca (Atocongo) 2018 Villa MARÍA DEL triunfo, Lima Perú

Figura 01



**EVALUACIÓN TOPOGRÁFICA**

- La evaluación de riesgos compromete las siguientes fases
- Análisis del riesgo Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPERC)
- GPS (LEICA, TRIMBLE)



En esta figura tomada desde la zona de la quebrada blanca, se muestra el punto geodésico del base representado con las coordenadas  $N=8'652374.71$ ,  $E=292563.800$ ,  $Z=215.006$ , WGS 84. En la zona del fortín donde se encuentra el yacimiento para su exploración y el análisis que se realiza antes de los trabajos.

**ADMINISTRACIÓN DE LOS PUNTOS TOPOGRÁFICOS PUNTOS 11,588**

N°PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	292667.524	8652915.06	299.488	lev
2	292666.252	8652911.96	299.427	lev
3	292663.912	8652910.11	299.505	lev
4	292661.848	8652905.5	299.407	lev
5	292660.993	8652903.59	299.493	lev
6	292659.346	8652900.92	299.342	lev
7	292657.581	8652896.99	299.221	lev
8	292656.308	8652893.5	299.285	lev
9	292655.672	8652890.51	299.211	lev
10	292654.508	8652887.48	299.311	lev
11	292653.467	8652884.88	299.256	lev
12	292652.34	8652882.63	299.117	lev
13	292650.605	8652880.46	299.193	lev
14	292648.61	8652877.95	299.164	lev
15	292647.482	8652875.44	299.269	lev
16	292646.702	8652872.75	299.251	lev
17	292645.662	8652870.21	299.243	lev
18	292645.402	8652867.27	299.267	lev
19	292644.534	8652864.32	299.146	lev
20	292643.407	8652861.37	299.181	lev
21	292643.146	8652857.74	299.169	lev
22	292642.192	8652855.14	299.354	lev
23	292641.664	8652851.9	299.374	lev
24	292641.401	8652848.92	299.082	lev
25	292641.247	8652845.96	299.184	lev
26	292641.407	8652842.83	299.112	lev
27	292640.956	8652838.29	299.222	lev
28	292641.078	8652834	299.092	lev
29	292640.712	8652829.85	299.089	lev
30	292640.263	8652826.88	299.123	lev
31	292639.457	8652824.28	299.214	lev
32	292638.739	8652820.62	299.228	lev
33	292638.021	8652817.11	299.208	lev
34	292637.662	8652814.17	299.193	lev
35	292636.805	8652812.29	298.923	lev
36	292636.518	8652808.7	298.931	lev
37	292634.217	8652803.79	299.005	lev
38	292632.955	8652799.76	299.215	lev
39	292632.404	8652796.27	299.157	lev
40	292630.194	8652791.93	299.144	lev
41	292629.184	8652788.53	299.261	lev
42	292625.97	8652784.22	299.4	lev
43	292622.94	8652780.46	299.274	lev
44	292621.195	8652776.61	299.258	lev
45	292619.91	8652773.86	299.242	lev
46	292618.715	8652771.73	299.331	lev
47	292617.705	8652769.07	299.452	lev
48	292616.96	8652765.53	299.216	lev
49	292616.96	8652765.53	299.216	c
50	292615.842	8652763.74	299.188	c

51	292615.433	8652761.25	299.18	c
52	292614.767	8652758.45	299.064	c
53	292613.539	8652755.71	299.49	c
54	292612.785	8652752.5	299.461	c
55	292612.547	8652749.11	299.329	c
56	292612.587	8652746.89	299.15	c
57	292611.813	8652743.93	299.376	c
58	292611.119	8652740.81	299.02	c
59	292611.189	8652737.97	299.135	c
60	292612.132	8652734.3	298.896	c
61	292613.581	8652730.86	298.908	c
62	292615.168	8652727.55	298.885	c
63	292616.756	8652725.21	298.863	c
64	292619.738	8652722.13	298.666	c
65	292621.296	8652720.06	298.714	c
66	292623.158	8652716.89	298.647	c
67	292625.445	8652714.9	298.581	c
68	292627.973	8652711.78	298.744	c
69	292683.26	8652678	299.668	c
70	292681.781	8652677.2	299.552	c
71	292679.441	8652676.51	299.556	c
72	292676.351	8652676.45	299.39	c
73	292673.011	8652676.01	299.405	c
74	292670.052	8652675.8	299.586	c
75	292667.371	8652675.63	299.441	c
76	292664.513	8652675.84	299.712	c
77	292660.866	8652676.77	299.552	c
78	292657.523	8652679.32	299.651	c
79	292655.568	8652681.52	299.82	c
80	292653.883	8652684.06	299.674	c
81	292652.55	8652686.69	299.372	c
82	292651.354	8652688.89	299.341	c
83	292648.442	8652690.59	299.044	c
84	292646.235	8652692.15	298.916	c
85	292643.882	8652693.94	298.876	c
86	292641.809	8652695.98	298.903	c
87	292639.561	8652697.91	298.665	c
88	292637.476	8652700.59	298.713	c
89	292635.419	8652703.08	299.029	c
90	292633.454	8652705.76	298.983	c
91	292631.582	8652708.24	298.962	c
92	292629.3	8652710.63	298.801	c
93	292627.973	8652711.78	298.744	c
94	292530.063	8653007.66	236.824	p
95	292528.446	8653004.78	236.995	p
96	292524.463	8653000.99	236.731	p
97	292521.903	8652996.64	236.501	p
98	292518.868	8652991.43	236.201	p
99	292516.602	8652987.65	236.017	p
100	292514.65	8652984.76	235.772	p

401	292580.573	8652983.22	261.145	p
402	292581.89	8652987.78	261.484	p
403	292584.366	8652992.42	261.716	p
404	292586.357	8652996.64	262.03	p
405	292588.441	8653002.01	262.361	p
406	292590.364	8653006.44	262.505	p
407	292592.642	8653011.12	262.527	p
408	292594.352	8653016.05	262.658	p
409	292595.802	8653020.47	262.663	p
410	292597.14	8653027.32	262.769	p
411	292600.376	8653031.54	262.932	p
412	292603.795	8653036.06	262.981	p
413	292606.356	8653040.65	263.201	p
414	292608.241	8653045.5	263.482	p
415	292609.92	8653049.9	263.472	p
416	292611.889	8653054.47	263.499	p
417	292614.73	8653059.18	263.805	p
418	292617.424	8653062.39	263.855	p
419	292543.111	8652896.36	255.416	p
420	292543.611	8652900.05	256.058	p
421	292545.104	8652904.21	254.821	p
422	292545.413	8652907.8	256.019	p
423	292545.467	8652911.03	256.7279	p
424	292546.725	8652914.62	256.695	p
425	292548.232	8652916.62	256.965	p
426	292557.152	8652866.37	267.433	c
427	292557.451	8652869.65	267.282	c
428	292558.232	8652871.94	267.344	c
429	292558.81	8652875.13	267.215	c
430	292560.013	8652879.28	267.278	c
431	292561.622	8652883.48	267.279	c
432	292562.677	8652887.63	267.284	c
433	292563.928	8652891.34	267.182	c
434	292565.545	8652894.93	267.33	c
435	292567.322	8652898.18	267.259	c
436	292568.098	8652899.48	267.313	c
437	292571.142	8652902.13	267.196	c
438	292571.142	8652902.13	267.196	c
439	292573.249	8652908.52	267.918	c
440	292574.234	8652911.63	267.947	c
441	292575	8652914.98	268.01	c
442	292576.422	8652918.32	268.063	c
443	292577.188	8652921.44	268.086	c
444	292578.354	8652924.61	268.157	c
445	292579.034	8652929.24	267.604	c
446	292580.306	8652932.8	268.229	c
447	292581.857	8652936.44	268.246	c
448	292584.576	8652939.5	268.308	c
449	292587.45	8652941.83	267.955	c
450	292587.845	8652944.28	267.94	c

5151	292103.508	8653101.21	230.514	r
5152	292101.059	8653106.17	230.759	r
5153	292099.046	8653111.92	230.964	r
5154	292097.522	8653116.91	231.142	r
5155	292095.678	8653121.67	231.412	r
5156	292092.964	8653126.9	231.487	r
5157	292090.958	8653131.43	231.789	r
5158	292089.245	8653136.38	232.085	r
5159	292087.936	8653141.37	232.448	r
5160	292086.012	8653146.84	232.693	r
5161	292083.449	8653155.14	233.042	r
5162	292082.293	8653157.82	233.061	r
5163	292080.24	8653162.45	233.444	r
5164	292077.945	8653167.29	233.803	r
5165	292076.309	8653172.34	234.117	r
5166	292074.107	8653177.06	234.217	r
5167	292071.936	8653181.48	234.52	r
5168	292069.662	8653186.2	234.851	r
5169	292066.68	8653192.64	235.187	r
5170	292062.265	8653192.34	234.975	r
5171	292058.31	8653189.57	234.685	r
5172	292055.197	8653187.26	234.485	r
5173	292051.591	8653184.68	234.329	r
5174	292047.712	8653181.63	233.873	r
5175	292044.592	8653179.02	233.72	r
5176	292040.717	8653176.31	233.529	r
5177	292036.572	8653172.88	233.332	r
5178	292036.567	8653170.35	233.28	r
5179	292038.915	8653165.62	233.116	r
5180	292040.852	8653160.74	232.919	r
5181	292042.56	8653156.52	232.818	r
5182	292044.14	8653152.35	232.591	r
5183	292045.898	8653148.15	232.421	r
5184	292047.544	8653143.9	232.116	r
5185	292048.996	8653140.11	232.022	r
5186	292050.722	8653135.99	231.937	r
5187	292052.326	8653131.34	231.63	r
5188	292054.432	8653127.11	231.464	r
5189	292056.347	8653122.79	231.101	r
5190	292058.002	8653118.78	230.862	r
5191	292060.092	8653114.4	230.561	r
5192	292062.027	8653110.3	230.223	r
5193	292063.296	8653107.28	230.173	r
5194	292065.03	8653102.65	229.871	r
5195	292066.87	8653098.18	229.686	r
5196	292069.015	8653093.34	229.515	r
5197	292070.846	8653089.21	229.359	r
5198	292073.252	8653085.11	229.295	r
5199	292075.257	8653080.81	228.942	r
5200	292077.069	8653076.75	228.709	r

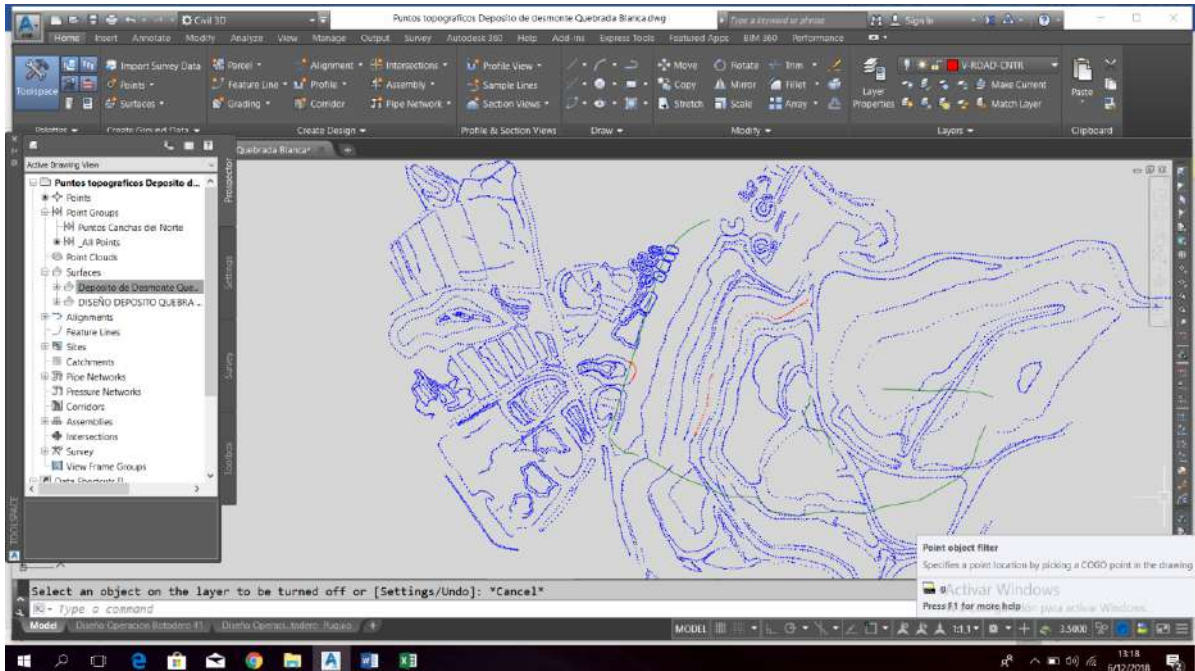
8401	293085.995	8652531.47	285.796	a
8402	293090.583	8652532.18	285.145	a
8403	293094.996	8652532.4	284.58	a
8404	293099.776	8652532.77	284.162	a
8405	293104.248	8652533.2	283.81	a
8406	293109.047	8652533.67	283.418	a
8407	293113.131	8652534.03	282.844	a
8408	293117.166	8652534.34	282.077	a
8409	293121.648	8652534.64	281.513	a
8410	293126.532	8652535.05	281.111	a
8411	293130.258	8652535.42	280.497	a
8412	293134.634	8652535.64	279.844	a
8413	293139.075	8652535.78	279.486	a
8414	293143.491	8652536.21	278.852	a
8415	293148.081	8652536.65	278.286	a
8416	293151.926	8652536.52	277.899	a
8417	293156.003	8652536.41	277.202	a
8418	293160.67	8652536.28	276.701	a
8419	293165.598	8652536.41	276.22	a
8420	293170.132	8652536.93	275.791	a
8421	293174.352	8652537.45	275.293	a
8422	293179.14	8652538.13	274.989	a
8423	293183.786	8652538.93	274.706	a
8424	293188.345	8652539.98	274.427	a
8425	293192.41	8652540.69	273.918	a
8426	293196.744	8652541.52	273.738	a
8427	293201.037	8652541.56	273.609	a
8428	293205.027	8652540.64	273.317	a
8429	293209.376	8652539.01	273.231	a
8430	293213.324	8652536.61	273.17	a
8431	293217.03	8652533.76	273.322	a
8432	293219.903	8652531.23	273.374	a
8433	293222.866	8652528.48	273.508	a
8434	293225.684	8652525.67	273.571	a
8435	293228.629	8652522.37	273.662	a
8436	293231.386	8652519.3	273.771	a
8437	293233.987	8652516.38	273.762	a
8438	293236.745	8652513.1	273.897	a
8439	293239.205	8652510.21	273.826	a
8440	293241.863	8652507.03	273.988	a
8441	293244.396	8652503.75	274.001	a
8442	293246.837	8652500.62	274.101	a
8443	293249.263	8652497.15	274.137	a
8444	293251.924	8652493.52	274.237	a
8445	293254.103	8652490.54	274.324	a
8446	293256.507	8652487.08	274.481	a
8447	293258.822	8652483.55	274.534	a
8448	293261.097	8652480.27	274.642	a
8449	293263.508	8652476.77	274.761	a
8450	293266.002	8652473.14	275.008	a



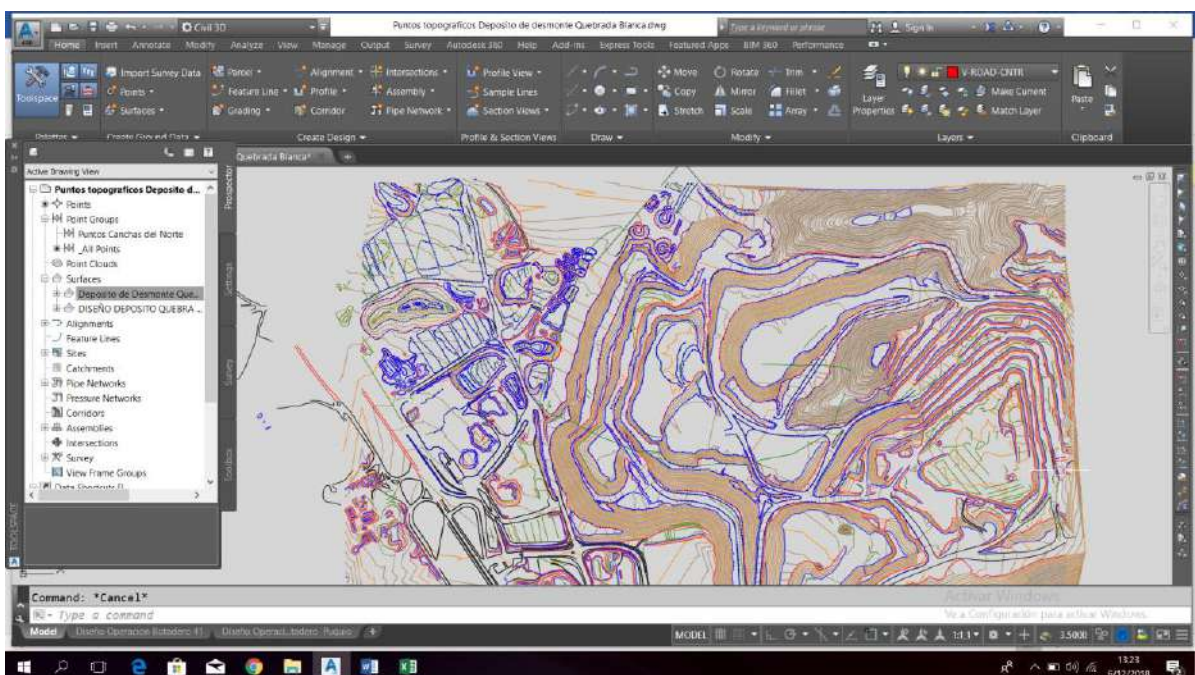
10001	292250.006	8652779.14	220.889	p
10002	292246.144	8652777.41	220.554	p
10003	292241.393	8652775.01	220.26	p
10004	292237.024	8652773.93	219.924	p
10005	292232.928	8652774.16	219.861	p
10006	292229.364	8652774.9	219.619	p
10007	292224.468	8652776.42	219.225	p
10008	292221.346	8652777.91	219.357	p
10009	292218.137	8652782.31	219.304	p
10010	292216.297	8652785.85	219.18	p
10011	292213.552	8652788.68	219.109	p
10012	292211.121	8652791.46	218.932	p
10013	292208.163	8652795	219.093	p
10014	292205.895	8652797.22	219.034	p
10015	292201.913	8652801.24	219.063	p
10016	292199.43	8652803.85	219.075	p
10017	292196.051	8652807.43	219.237	p
10018	292194.388	8652810.68	219.483	p
10019	292192.183	8652813.86	219.758	p
10020	292190.328	8652817.62	219.767	p
10021	292189.649	8652820.41	220.096	p
10022	292189.85	8652823.2	220.443	p
10023	292187.38	8652825.32	220.367	p
10024	292184.735	8652826.01	220.574	p
10025	292185.716	8652828.75	222.008	p
10026	292203.83	8652827.96	229.447	c
10027	292203.739	8652825.44	229.554	c
10028	292204.981	8652821.44	229.436	c
10029	292206.916	8652818.12	229.41	c
10030	292208.57	8652814.09	229.465	c
10031	292209.725	8652810.36	229.227	c
10032	292211.595	8652807.42	229.014	c
10033	292214.65	8652804.65	229.006	c
10034	292217.939	8652802.21	228.991	c
10035	292220.481	8652799.6	228.836	c
10036	292223.204	8652796.86	228.826	c
10037	292225.591	8652794.29	228.774	c
10038	292228.379	8652791.74	228.78	c
10039	292231.348	8652790.27	228.899	c
10040	292235.662	8652786.67	228.813	c
10041	292237.621	8652787.42	228.878	c
10042	292239.75	8652788.11	228.935	c
10043	292265.867	8652790.95	221.769	p
10044	292268.629	8652792.68	221.962	p
10045	292270.544	8652794.33	222.058	p
10046	292273.183	8652796.19	222.552	p
10047	292275.507	8652798.07	222.463	p
10048	292277.861	8652802.32	222.589	p
10049	292279.711	8652805.08	222.678	p
10050	292279.711	8652805.08	222.678	p

11551	292624.751	8652644.13	269.853	p
11552	292623	8652647.85	270.014	p
11553	292620.952	8652652.08	270.519	p
11554	292619.946	8652654.35	270.676	p
11555	292618.325	8652657.52	270.985	p
11556	292616.963	8652661.53	271.276	p
11557	292616.066	8652664.37	271.213	p
11558	292614.592	8652667.25	271.041	p
11559	292613.196	8652669.98	271.006	p
11560	292611.382	8652672.59	271.258	p
11561	292604.824	8652672.93	274.933	p
11562	292603.584	8652676.09	271.976	p
11563	292603.256	8652679.02	272.341	p
11564	292602.359	8652682.33	272.242	p
11565	292601.361	8652685.52	272.385	p
11566	292600.578	8652688.38	272.783	p
11567	292600.448	8652692.55	274.238	p
11568	292782.354	8653078.86	279.501	p
11569	292776.706	8653076.61	278.515	p
11570	292769.462	8653069.48	278.47	p
11571	292765.584	8653061.64	277.543	p
11572	292763.842	8653057	276.656	p
11573	292762.172	8653052.99	275.869	p
11574	292760.464	8653048.72	274.969	p
11575	292758.068	8653042.68	274.258	p
11576	292755.119	8653036.14	273.997	p
11577	292753.667	8653031.27	272.863	p
11578	292774.999	8653064.18	279.21	c
11579	292776.951	8653068.72	279.308	c
11580	292779.334	8653072.38	279.09	c
11581	292782.354	8653078.86	279.501	c
11582	292782.975	8653054.41	278.841	c
11583	292780.793	8653051.82	279.057	c
11584	292779.72	8653048.75	278.816	c
11585	292778.964	8653046.02	278.823	c
11586	292778.439	8653043.53	278.569	c
11587	292777.339	8653040.83	278.605	c
11588	292776.365	8653038.58	278.514	c

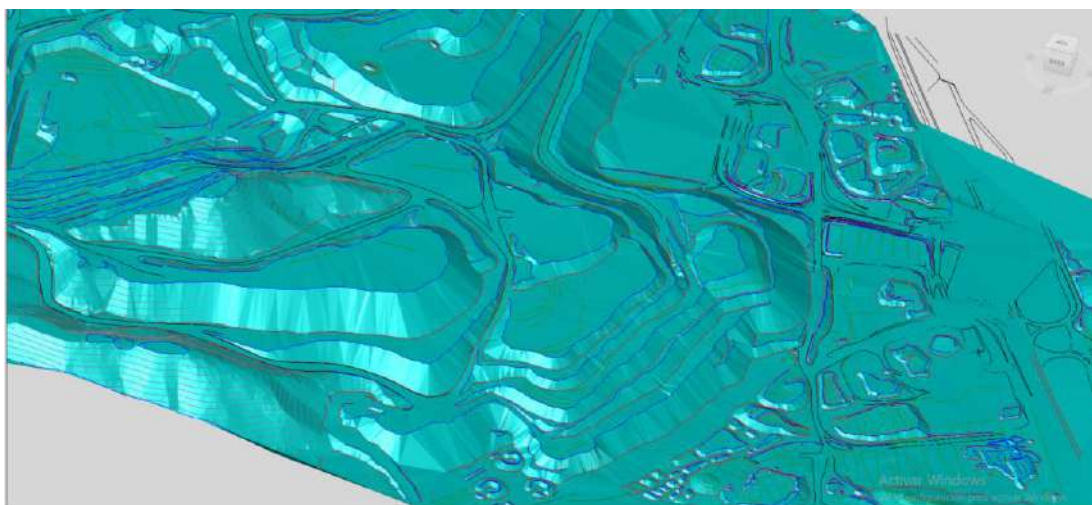
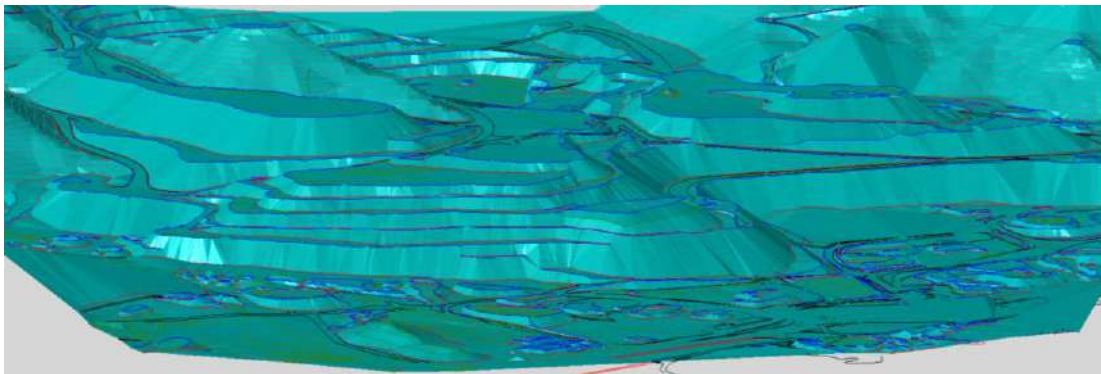
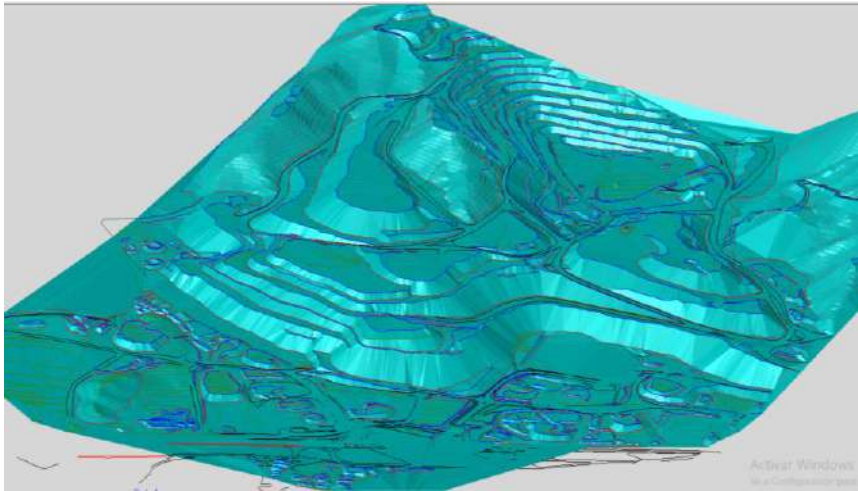
## IMPORTACIÓN DE LOS PUNTOS TOPOGRÁFICOS AL CIVIL 3D



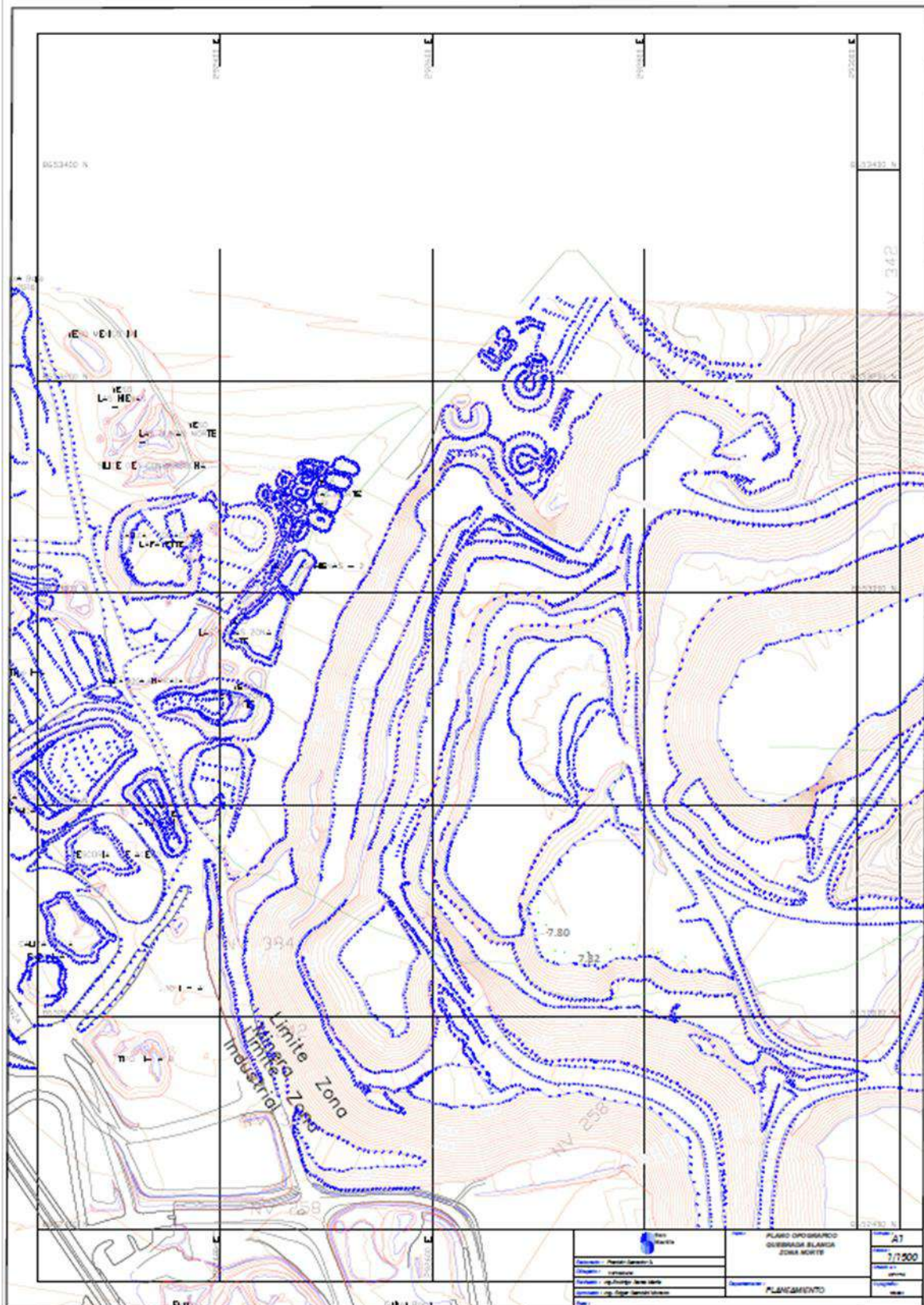
## EL PLANO TOPOGRÁFICO CON CURVAS DE NIVEL A 1 METRO



### VISUALIZACIÓN EN 3D



**PLANO TOPOGRÁFICO**



## CERTIFICADO DE INSPECCIÓN DEL EQUIPO TOPOGRÁFICO



when it has to be right  
**Leica**  
Geosystems

**Leica Geosystems**

**Certificado de Inspección 0**

De acuerdo con la norma DIN 55 350 Part: 18-4.2.1

<b>Producto</b>	GS15 SmartAntenna "Profesional"
<b>N° de Artículo</b>	771504
<b>N° de Serie</b>	1513507
<b>N° de Equipo</b>	5266451
<b>Fecha Inspección</b>	12.03.2018
<b>Solicitado por</b>	Química Suiza Industrial del Perú Lima Perú
<b>N° de Pedido</b>	1885839
<b>Cliente</b>	Química Suiza Industrial del Perú Lima Perú

**Especificaciones**

De acuerdo con el Manual de Uso suministrado en la entrega.

**Certificado**

Certificamos a continuación que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones arriba mencionadas. El establecido por nuestro Sistema de Calidad, auditado ISO 9001 por una entidad independiente acreditada a nivel nacional.

	Leica Geosystems	12.03.2018
	Simon Metzler Manager	 Patrick Kahl Team Leader

Leica Geosystems AG  
Spencerstraße 127  
CH-6443 Allschwil  
Switzerland  
Teléfono +41 71 7372131  
www.leica-geosystems.com



when it has to be right. **Leica**  
Geosystems

**Leica Geosystems**

**Certificado de Inspección O**

De acuerdo con la norma DIN 55 350 Part 18-4.2.1

Producto	CS10 3.5G Field Controller
N° de Artículo	781597
N° de Serie	2527020
N° de Equipo	5211660
Fecha Inspección	12.03.2018
Solicitado por	Química Sulza Industrial del Perú Lima Perú
N° de Pedido	1885839
Cliente	Química Sulza Industrial del Perú Lima Perú

**Especificaciones**

De acuerdo con el Manual de Uso suministrado en la entrega.

**Certificado**

Certificamos a continuación que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones arriba mencionadas. El establecido por nuestro Sistema de Calidad, auditado 150 9001 por una entidad independiente acreditada a nivel nacional.

	Leica Geosystems	12.03.2018
	Simon Metzler Manager	 Patrick Kehl Team Leader

Leica Geosystems AG  
Spiezstrasse 137  
CH-2443 WILDNAU  
Switzerland  
Telefono +41 71 7572131  
www.leica-geosystems.com



**Ubicación:**

Departamento: Lima  
Provincia: Lima  
Distrito: Villa María del Triunfo

**Elaborado por.**

**ACOMISA**

Asesores y Consultores Mineros S.A  
Cal. Jorge Muelle N°169 Dpto. 1 pis C.H. Torres de Lima Tambo  
San Borja-Lima



## ANEXOS

Anexo A: Investigaciones de Campo

Perfil Estratigráfico

Anexo B: Ensayos de Laboratorio

Anexo B.1: Ensayos de Mecánica de Suelos

Clasificación SUCS

Contenido Humedad

Corte Directo

Densidad de cono de arena

Densidad Máxima y Mínima

Peso Relativo de Sólidos (Gs)

Proctor Modificado

Anexo B.2: Ensayos de Mecánica de Rocas

Carga Puntual

Propiedades Físicas

Anexo C: Análisis de Estabilidad

Análisis de Estabilidad en Estado Actual

Análisis de Estabilidad en Estado Proyectado

Anexo D: Planos

Ubicación UB-01

Geología Regional GE-01

Geología Local GE-02

Investigaciones Geotécnicas IG-01

Plano Actual Geológico - Geotécnico IG-02

Secciones Actuales Geológicas - Geotécnicas A-A' Y B-B' IG-03

Plano Proyectado Geológico - Geotécnico IG-04

Secciones Proyectadas Geológicas -Geotécnicas A-A' Y B-B' IG-05

## **INFORMACION GEOTECNICA**

A fin de desarrollar el estudio de estabilidad del Botadero Quebrada Blanca ubicado en las instalaciones de UNACEM, ACOMISA ha revisado la siguiente información y documentos técnicos enviados por el cliente.

Estudio de Estabilidad Tajo y Botaderos de Desmonte (Anddes Asociados S.A.C. Febrero-2014).

“Cantera de Caliza Atocongo - Estudio Geotécnico de los Botaderos de Escombros” (SVS, Diciembre 2006).

Resultados de Laboratorio de caracterización de material no consolidado (Garudha Ingenieros S.A.C.).

La información antes mencionada permitió complementar las investigaciones geotécnicas realizados por ACOMISA para este proyecto. En el Anexo F: Información Recopilada ANDDES ASOCIADOS S.A.C., adjunto a este informe, se presenta la recopilación de los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos los estudios desarrollados por ANDDES ASOCIADOS S.A.C.

A continuación se describe la información que ACOMISA considera de interés para el desarrollo del presente informe.

## **ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS**

ANDDES ASOCIADOS S.A.C. realizó estudios con fines de evaluar la presente estabilidad de los denominados tajos y botaderos desde el año 1998. El trabajo desarrollado por ANDDES ASOCIADOS S.A.C; corresponde a trabajos de perforación y calicatas. Así también, ACOMISA evaluó los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas por ANDDES ASOCIADOS S.A.C.

El resumen de las investigaciones y ensayos geotécnicos ejecutados, anteriormente, por ANDDES S.A.C. se presentan en el Anexo A: Investigación de Campo y Anexo B: Ensayos de Laboratorio.

## **INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS**

Para la ejecución del presente estudio, ACOMISA planificó un programa de investigación geotécnica de campo, las cuales se ejecutaron en los botaderos presentes en las unidades Atocongo y Pucará. Adicionalmente, ACOMISA supervisó el desarrollo de 02 calicatas orientadas sobre el tajo de Atocongo, con la finalidad de conocer la condición del material que se aloja en el Botadero de Desmonte Quebrada Blanca. Adicionalmente, se tomaron muestras para ejecutar posteriores ensayos de laboratorio GARUDHA INGENIEROS S.A., en la ciudad de Lima.

El presente informe presenta los datos recogidos de la unidad Atocongo- Botadero de Desmonte Quebrada Blanca. Las investigaciones geotécnicas fueron complementadas con la información proporcionada por el cliente.

## **CALICATAS**

El 06 de diciembre del 2016, ACOMISA desarrolló un programa de investigaciones de campo el cual consistió en la ejecución de 2 calicatas convenientemente ubicada y distribuida dentro del área de estudio. El personal de ACOMISA supervisó la ejecución de cada calicata y en cada una de ellas se realizó una descripción detallada de los tipos de materiales encontrados. Todas las calicatas se efectuaron de manera mecánica. Ver Anexo E: Galería Fotográfica.

La Tabla 8.1 presenta un resumen detallado de las calicatas en el sistema de coordenadas WGS-84 Zona 18S; ejecutadas en campo en los diferentes años; por la empresa Anddes Asociados S.A.C. y las realizadas por ACOMISA S.A. Siendo la profundidad máxima alcanzada de 4.0 m para las calicatas desarrolladas por ACOMISA S.A. La ubicación de estas calicatas se muestra en el Anexo D: Planos/investigaciones Geotécnicas IG-01

Tabla: Resumen excavación calicatas

Calicata	Coordenadas		Suelo	Nivel	Nivel	Profundidad
	Este	Norte	Orgánico (m)	Agua (m)	Roca (m)	Total (m)
CA-UNA13-101	292566	8652835	NE	NE	NE	6.0
CA-UNA13-102	292763	8652701	NE	NE	NE	3.5
CA-UNA13-103	292835	8652845	NE	NE	NE	3.5
CA-UNA13-104	292619	8652710	NE	NE	NE	3.5
CA-UNA13-105	292416	8652696	NE	NE	NE	5.5
CA-UNA13-106	292628	8652585	NE	NE	NE	3.0
CA-UNA13-107	292528	8652432	NE	NE	NE	5.5
CA-UNA13-108	292937	8652653	NE	NE	NE	4.0
CA-UNA13-109	292839	8652502	NE	NE	NE	4.5
CA-UNA13-110	292814	8652344	NE	NE	NE	6.0
C-01	292717	8652718	NE	NE	NE	4.0
C-02	292492	8652444	NE	NE	NE	4.0

CA-UNA13-101,102, 103, 104, 105, 106, 107, 108,109 Y 110 Son calicatas que fueron construidas por  
ANDES S.A.C. (Julio 2013).

C-01 y C-02 Son calicatas construidas por Asesores y Consultores Mineros S.A. (Diciembre 2016)

Elaborado por: Asesores y Consultores Mineros S.A.

## ENSAYOS DE CAMPO

### ENSAYO DE DENSIDAD IN SITU - MÉTODO DEL CONO DE ARENA

En las calicatas se desarrollaron ensayos in situ mediante el método de cono de arena, con la finalidad de determinar la densidad natural de los suelos de cimentación de cada botadero de desmonte y del material depositado en ellos, esto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8.2: Ensayo de densidad por el método cono de arena

Calicata	Muestra N°	Clasificación SUCS	Profundidad de Ensayo (m)	Densidad Seca(gr/cm <sup>3</sup> )
C-01	D-1	GP-GM	0.00-4.00	1.61
C-02	D-1	GW	0.00-4.00	1.98

C-01 y C-02: Calicata desarrollada por ACOMISA S.A. (Diciembre 2016).

## ENSAYOS DE LABORATORIO

Se tiene que algunas de estas muestras fueron seleccionadas con la finalidad de llevar a cabo los ensayos de mecánica de suelos.

Estos ensayos tendrán la finalidad de determinar los parámetros geotécnicos del suelo de cimentación y del material que conforma el Botadero Quebrada Blanca. Cabe señalar que como información complementaria se tomó en cuenta los ensayos de laboratorio desarrollados en las muestras tomadas en el Estudio de Estabilidad Tajo y Botaderos de Desmonte (ANDDES S.A.C). Para la caracterización del macizo rocoso que se encuentra debajo del Botadero de desmonte, se recurrió a la recopilación de información procedente del Estudio de Estabilidad de Tajo y Botadero de Desmonte desarrollado por ANDDES ASOCIADOS S.A.C, mediante la ejecución perforaciones geotécnicas y calicatas.

Los ensayos de caracterización física y mecánica fueron realizados en el laboratorio geotécnico de GARUDHA INGENIEROS S.A, con sede, en la ciudad de Lima. Los ensayos de laboratorio fueron llevados a cabo siguiendo los procedimientos recomendados según las versiones actualizadas de los

métodos de ensayo de la Sociedad Norteamericana de Ensayos y Materiales (ASTM). Los resultados certificados de los ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo B: Ensayos de Laboratorio.

A continuación, se presenta la descripción de los ensayos realizados y algunos comentarios de los resultados obtenidos.

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Se tiene que las propiedades de los suelos ensayados se resumen en la Tabla 8.3, en términos de granulometría. El programa de ensayos para suelos corresponde, únicamente, a la evaluación geotécnica de los botaderos de desmonte. Cabe señalar que los ensayos desarrollados para la caracterización del suelo se encuentran en el Anexo B: Ensayos de Laboratorio.

Las normas correspondientes que rigen estos ensayos para clasificar muestras de suelo son:

Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro, NTP 339.128 / ASTM D-422.

Contenido de humedad, NTP 339.127 / ASTM D-2216.

Tabla 8.3: Resumen de Caracterización de material no consolidado

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Clasificación SUCS	Granulometría		
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
CA-UNA13-101	M-1	1.2-6.0	SW	34.2	62.1	3.7
CA-UNA13-103	M-2	0.0-3.5	GW-GC	58	36.5	5.5
CA-UNA13-105	M-3	0.0-5.5	SP-SM	36.3	56.4	7.3
CA-UNA13-106	M-4	0.0-3.0	GC-GM	50.5	33.9	15.5
CA-UNA13-107	M-5	0.0-5.5	SP-SM	37.4	57.4	5.3
CA-UNA13-109	M-6	0.0-4.5	GP-GC	53.8	35.6	10.6
CA-UNA13-110	M-7	0.8-6.6	SP-SM	40	50	10

Mezcla (CA-UNA13-104, CA-UNA13-106)	M-8	0.0-0.3	GP-GC	58.9	29.6	11.4
C-01	M-1	0.0-4.0	GP-GM	75.29	18.52	6.19
C-02	M-1	0.0-4.0	GW	80.81	15.86	3.33

CA-UNA13-101, 103, 105, 106, 107, 109 y 110 Son calicatas que fueron construidas por ANDDES S.A.C. (Julio 2013).

C-01 y C-02, calicatas desarrolladas por ACOMISA S.A. (Diciembre 2016).

## ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Se realizaron ensayos de contenido de humedad a 2 muestras, la cual nos permitió determinar la densidad seca del suelo en los puntos donde se realizaron los ensayos de densidad in situ.

Tabla 8.4: Ensayos de Contenido de Humedad

Calicata	Clasificación SUCS	Profundidad (m)	Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )
CA-UNA13-101	SW	1.2-6.0	2.00	2.15
CA-UNA13-106	GC-GM	0.0-3.0	2.20	2.40
CA-UNA13-110	SP-SM	0.8-6.6	1.90	1.95
C-01	GP-GM	0.0-4.0	3.65	1.61
C-02	GW	0.0-4.0	3.10	1.98

CA-UNA13-101, 106 y 110 Son calicatas desarrolladas por ANDDES S.A.C. (Julio 2013)

C-01 y C-02 Son calicatas construidas por Asesores y Consultores Mineros S.A. (Diciembre 2016)

Elaborado por: Asesores y Consultores Mineros S.A.

## ENSAYO DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO

Para evaluar los parámetros de resistencia cortante, se realizaron ensayos en 2 muestras de suelo mediante el laboratorio de Garudha Ingenieros S.A.C. La muestra de suelo fue recogida del material expuesto en la calicata en el Botadero Quebrada Blanca, siguiendo el procedimiento de la norma ASTM D-5607. Cabe señalar que en el Anexo B: Ensayos de Laboratorio/Corte Directo, se detalla



los datos obtenidos de laboratorio que se obtuvieron de las muestras. Finalmente, se tomó en cuenta los valores obtenidos de los ensayos desarrollados por ANDDES S.A.C. En la siguiente tabla se muestran, a manera de resumen los resultados obtenidos:

Tabla 8.5: Resumen Propiedades mecánicas de material no consolidado en el Botadero de Desmonte Quebrada Blanca

Calicata	Muestra	Litología/ SUCS	Profundidad (m)	Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Mezcla (CA-UNA13-105 /CA-UNA13-110)	M-1	SM	0.0-5.0 /0.8-6.6	39	0.00
PR-AT13-01	M-1	Caliza	43.75-44.05	26.39	0.108
PR-AT13-01	M-5	Caliza	85.40-85.66	26.98	0.106
PR-AT13-02	M-3	Volcánico Andesítico	58.60-58.75	27.04	0.093
C-01	M-1	GP-GM	0.00-4.00	31.8	0.00
C-02	M-1	GW	0.00-4.00	32.7	0.00

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

CA-UNA13-105/CA-UNA13-110 Calicata construida por la empresa ANDDES S.A.C. (Julio 2013).

PR-AT13-01 y 02 Son perforaciones construidas por la empresa ANDDES S.A.C. (Julio 2013).

C-01 y C-02 Son calicatas construida por la empresa ACOMISA S.A. (Diciembre 2016).

La Cohesión y ángulo de fricción son producto de esfuerzos efectivos.

## ENSAYOS EN MACIZO ROCOSO

### ENSAYO DE PROPIEDADES FISICAS

El terreno donde está depositado el desmonte proveniente de las operaciones de la Unidad Atocongo está caracterizado por ser caliza. Los ensayos de propiedades físicas se tomaron durante el desarrollo del Estudio de Estabilidad de Tajo y Botaderos de Desmonte desarrollado por ANDDES Asociados durante febrero del 2014. Los resultados de dichos ensayos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8.6: Resumen de propiedades físicas del basamento rocoso.

Estación Geomecánica	Muestra	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Absor. (%)	Peso Específico Aparente (KN/m <sup>3</sup> )
C-01	M-1	1.61	1.68	0.58	0.59	26.51
C-02	M-1	1.98	2.04	0.31	0.31	27.19

Las calicatas C-01 y C-02 han sido realizadas por la empresa ACOMISA S.A. (Diciembre 2016).

Elaborado por: Asesores y Consultores Mineros S.A.

## ENSAYOS DE PROPIEDADES MECANICAS

Las propiedades mecánicas se concentran más que todo en la resistencia al corte directo, a la compresión simple y compresión Triaxial, los cuales permiten determinar el comportamiento del basamento rocoso frente a la presencia del Botadero de desmonte para determinar la Estabilidad Física. Debido a que la Desmontera ya está emplazada, se ha tenido que recopilar información procedente de Estudio de Estabilidad Tajo y Botaderos de Desmonte elaborado por ANDDES S.A.C.

El procedimiento consiste en romper una muestra entre dos puntas cónicas metálicas accionadas por una prensa. Finalmente, con la presión registrada por la prensa hasta la rotura de la muestra, se determina la Resistencia a la compresión simple.

Tabla 8.7: Resumen de propiedades mecánicas del macizo rocoso conformado por Caliza

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Litología	Carga Puntual		Grado Dureza
				Is (50) Mpa	$\sigma_0$ Mpa	
C-01	M-1	0.0-0.4	Caliza	2.03	45.8	R-3
	M-2	0.4-0.8	Caliza	2.46	55.5	R-4
	M-3	0.8-1.2	Caliza	2.65	59.9	R-4
	M-4	1.2-1.6	Caliza	2.10	47.5	R-3
	M-5	1.6-2.0	Caliza	2.40	54.1	R-4
	M-6	2.0-2.4	Caliza	2.82	63.6	R-4
	M-7	2.4-2.8	Caliza	2.17	49.0	R-3
	M-8	2.8-3.2	Caliza	2.65	59.9	R-4
	M-9	3.2-3.6	Caliza	2.48	56.0	R-4
	M-10	3.6-4.0	Caliza	2.62	59.2	R-4
C-02	M-1	0.0-0.4	Caliza	3.10	70.0	R-4

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Litología	Carga Puntual		Grado Dureza
				Is (50) Mpa	$\sigma_0$ Mpa	
	M-2	0.4-0.8	Caliza	3.47	78.5	R-4
	M-3	0.8-1.2	Caliza	2.81	63.3	R-4
	M-4	1.2-1.6	Caliza	2.89	65.1	R-4
	M-5	1.6-2.0	Caliza	3.05	68.8	R-4
	M-6	2.0-2.4	Caliza	2.81	63.3	R-4
	M-7	2.4-2.8	Caliza	2.81	63.4	R-4
	M-8	2.8-3.2	Caliza	3.24	73.2	R-4
	M-9	3.2-3.6	Caliza	2.98	67.3	R-4
	M-10	3.6-4.0	Caliza	3.10	69.9	R-4

La calicata C-01 y C-02 ha sido realizado por ACOMISA S.A (Diciembre 2016).

Is (50): Índice de carga puntual corregido

$\sigma_0$ : Resistencia a la Compresión Simple no Confinado

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422**

PROYECTO ATOCONGO  
 OBRA CONSTRUCCIÓN FECHA: DICIEMBRE 2016  
 SOLICITADO UNACEM RESPONSABLE ING. A. ZEGARRA  
 UBICACIÓN Prov. Lima, Dpto.Lima HECHO POR JCHR/AZ  
 DESMONT. QUEBRADA BLANCA  
 CALICATA C - 1 MUESTRA: M - 1 PROFUNDIDAD (m.): Represent.

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

3,649
6148,000
5769,411
378,589

LIMITE LIQUIDO:

LIMITE PLASTICO:

CLASIF. SUCS

N.T.
<b>GP-GM</b>

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76,200				100,00
2 1/2"	63,500	238,85	3,89	3,89	96,11
2"	50,800	317,00	5,16	9,04	90,96
1 1/2"	38,100	754,00	12,26	21,31	78,69
1"	25,400	578,00	9,40	30,71	69,29
3/4"	19,050	706,00	11,48	42,19	57,81
1/2"	12,700	728,00	11,84	54,03	45,97
3/8"	9,525	447,00	7,27	61,30	38,70
N° 4	4,760	860,00	13,99	75,29	24,71
N° 10	2,000	394,79	6,42	81,71	18,29
N° 20	0,840	443,31	7,21	88,92	11,08
N° 30	0,595	92,75	1,51	90,43	9,57
N° 40	0,426	43,58	0,71	91,14	8,86
N° 100	0,148	114,78	1,87	93,01	6,99
N° 200	0,074	49,33	0,80	93,81	6,19
FONDO	.....	2,03	0,03	93,84	6,16
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	20,261
D30	6,562
D10	0,665
Cu	30,467
Cc	3,196

Gravas	75,29
Arenas	18,52
Finos	6,19

Gruesa	42,19
Fina	33,10
Gruesa	6,42
Media	8,72
Fina	3,38

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422**

PROYECTO ATOCONGO  
 OBRA CONSTRUCCIÓN FECHA: DICIEMBRE 2016  
 SOLICITADO UNACEM RESPONSABLE ING. A. ZEGARRA  
 UBICACIÓN Prov. Lima, Dpto.Lima HECHO POR JCHR/AZ  
 DESMONT. QUEBRADA BLANCA  
 CALICATA C - 2 MUESTRA: M - 1 PROFUNDIDAD (m.): Represent.

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

3,096
7244,000
7007,659
236,342

LIMITE LIQUIDO:

LIMITE PLASTICO:

CLASIF. SUCS

N.T.
<b>GW</b>

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76,200				100,00
2 1/2"	63,500	500,00	6,90	6,90	93,10
2"	50,800	883,00	12,19	19,09	80,91
1 1/2"	38,100	346,00	4,78	23,87	76,13
1"	25,400	1126,00	15,54	39,41	60,59
3/4"	19,050	869,00	12,00	51,41	48,59
1/2"	12,700	643,00	8,88	60,28	39,72
3/8"	9,525	479,00	6,61	66,90	33,10
N° 4	4,760	1008,00	13,91	80,81	19,19
N° 10	2,000	497,17	6,86	87,67	12,33
N° 20	0,840	414,63	5,72	93,40	6,60
N° 30	0,595	63,25	0,87	94,27	5,73
N° 40	0,426	22,66	0,31	94,58	5,42
N° 100	0,148	95,87	1,32	95,91	4,09
N° 200	0,074	54,99	0,76	96,67	3,33
FONDO	.....	5,10	0,07	96,74	3,26
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	25,089
D30	8,462
D10	1,529
Cu	16,411
Cc	1,867

Gravas	80,81
Arenas	15,86
Finos	3,33

Gruesa	51,41
Fina	29,40
Gruesa	6,86
Media	6,60
Fina	2,40

PROYECTO : ATOCONGO  
 OBRA : CONSTRUCCIÓN  
 UBICACIÓN : Prov. Lima, Dpto.Lima  
 HECHO POR : JCHR/AZ

FECHA : DICIEMBRE 2016

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

MUESTRAS	DESMONT.		DESMONT.	
	QUEBRADA BLANCA		GUAYABO	
CALICATA	C - 1	C - 2	C - 1	C - 2
MUESTRA N°	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	Represent.	Represent.	Represent.	Represent.
FRASCO No	61	88	1	142
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs	92,80	96,75	89,64	89,92
2. Peso recipiente + suelo seco grs	89,72	94,02	87,12	87,18
3. Peso de agua (1) - (2) grs	3,08	2,73	2,52	2,74
4. Peso de recipiente grs	5,32	5,84	5,85	5,36
5. Peso de suelo seco (2) -(4) grs	84,40	88,18	81,27	81,82
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	3,65	3,10	3,10	3,35

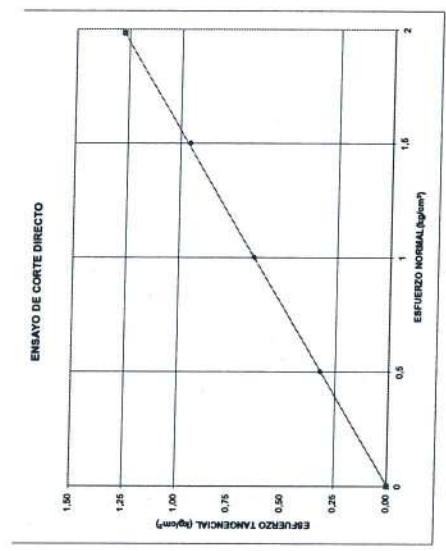
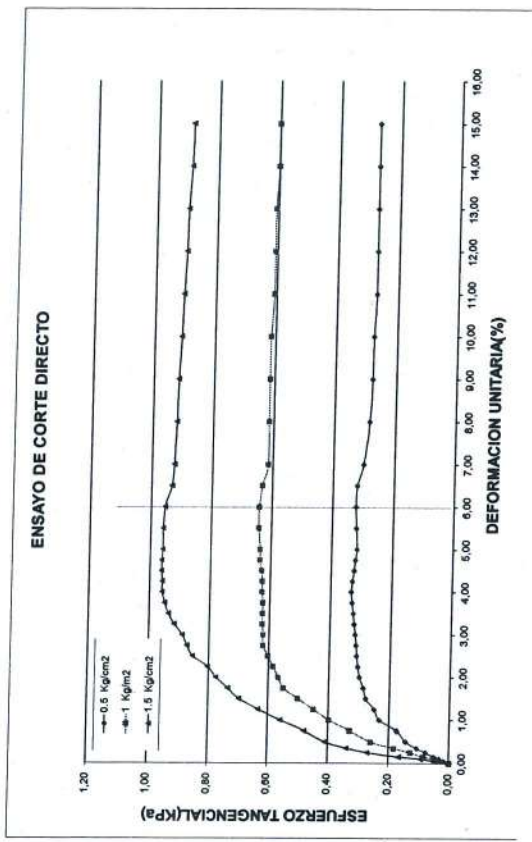
MUESTRAS	DESMONT.			
	PUQUIO			
CALICATA	C - 1	C - 2		
MUESTRA N°	M - 1	M - 1		
PROFUNDIDAD (m)	Represent.	Represent.		
FRASCO No	94	148		
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs	99,40	98,70		
2. Peso recipiente + suelo seco grs	97,65	95,10		
3. Peso de agua (1) - (2) grs	1,75	3,60		
4. Peso de recipiente grs	6,21	5,42		
5. Peso de suelo s. (2) -(4) grs	91,44	89,68		
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	1,91	4,01		

MUESTRAS				
CALICATA				
MUESTRA N°				
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No				
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs				
2. Peso recipiente + suelo seco grs				
3. Peso de agua (1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente grs				
5. Peso de suelo seco (2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %				

## ENSAJO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

Proyecto: ATOCONGO  
 Solicitud: UNACEM  
 Ubicación: Prov. Lima, Dpto. Lima  
 Fecha: Diciembre 2016  
 Muestra: C-2 (M.-1) Tipo de suelo: **GW** Represent.:

Área: 29,2743 Wde: 102,92  
 Cte Dial: 0,451 yd = 1,82  
 DESMONTE QUEBRADA BLANCA  
 GRAVA 80,81  
 ARENA 15,98  
 FINOS 3,33  
 L.L. N.T.  
 L.P. N.P.



$\Phi = 32,7$   
 $C = 0,00$

Carga Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de Corte				Esfuerzo Normal			
	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5	2.0
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	1.10	0.50	0.02	0.00	2.10	0.95	0.31	1.40
0.10	2.00	0.90	0.03	0.00	3.00	1.35	0.05	5.80
0.15	3.10	1.40	0.05	0.08	5.20	2.35	0.08	10.50
0.25	4.80	2.16	0.08	0.13	8.10	3.65	0.13	16.90
0.35	6.70	3.02	0.11	0.18	11.50	5.19	0.18	21.30
0.50	9.10	4.10	0.15	0.26	16.20	7.31	0.26	25.70
0.75	10.90	4.92	0.17	0.33	20.80	9.29	0.33	30.10
1.00	14.50	6.54	0.23	0.40	24.80	11.23	0.40	35.10
1.25	15.90	7.04	0.25	0.45	28.20	12.72	0.45	39.70
1.50	17.40	7.85	0.28	0.50	31.80	14.25	0.50	43.70
1.75	18.00	8.12	0.29	0.55	34.50	15.56	0.55	48.00
2.00	18.80	8.48	0.30	0.57	36.70	16.55	0.59	50.40
2.25	19.20	8.68	0.31	0.62	38.90	17.54	0.62	55.80
2.50	19.50	8.79	0.31	0.62	39.10	17.63	0.62	57.50
2.75	19.70	8.88	0.31	0.62	37.80	17.05	0.60	53.60
3.00	19.90	8.97	0.32	0.62	38.00	17.54	0.62	54.80
3.25	20.20	9.11	0.32	0.62	39.10	17.63	0.62	57.50
3.50	20.40	9.20	0.33	0.62	39.10	17.63	0.62	57.50
3.75	20.70	9.34	0.33	0.62	39.10	17.63	0.62	57.50
4.00	20.90	9.43	0.33	0.63	39.30	17.72	0.63	60.10
4.25	20.70	9.34	0.33	0.63	39.30	17.72	0.63	60.10
4.50	20.40	9.20	0.33	0.63	39.50	17.81	0.63	60.30
4.75	20.20	9.11	0.32	0.64	39.00	17.81	0.63	60.30
5.00	19.90	8.97	0.32	0.64	39.00	17.81	0.64	60.30
5.50	20.10	9.07	0.32	0.64	40.30	18.18	0.64	60.10
6.00	20.30	9.16	0.32	0.64	40.30	18.18	0.64	59.80
6.50	20.10	9.07	0.32	0.63	39.70	17.90	0.63	58.50
7.00	19.90	8.92	0.30	0.62	38.00	17.41	0.62	58.10
8.00	17.80	8.03	0.28	0.62	38.00	17.41	0.62	57.80
9.00	17.40	7.85	0.28	0.62	38.00	17.41	0.62	57.60
10.00	17.30	7.80	0.28	0.62	38.00	17.41	0.62	57.60
11.00	16.90	7.62	0.27	0.61	38.10	17.18	0.61	56.90
12.00	16.90	7.62	0.27	0.61	38.10	17.18	0.61	56.50
13.00	16.90	7.62	0.27	0.61	38.10	17.18	0.61	56.30
14.00	16.90	7.62	0.27	0.60	37.70	17.00	0.60	55.80
15.00	16.90	7.62	0.27	0.60	37.70	17.00	0.60	55.00

**ALFREDO ZEGARRA TAMBO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 58647

Lakshmi.Garudha.Corp@gmail.com - Garudha.Lab@gmail.com  
 Tif. 482-9856 - 989053236 http://www.garudhaingenieros.com/

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

Proyecto: ATOCONGO  
 Solicitado: UNACEM  
 Ubicación: Prov. Lima, Dpto. Lima  
 Fecha: Diciembre 2016

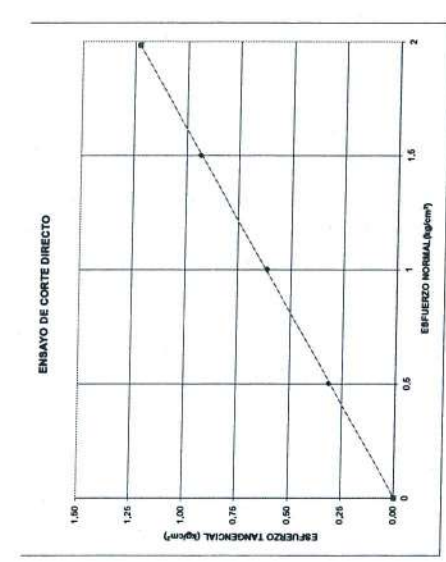
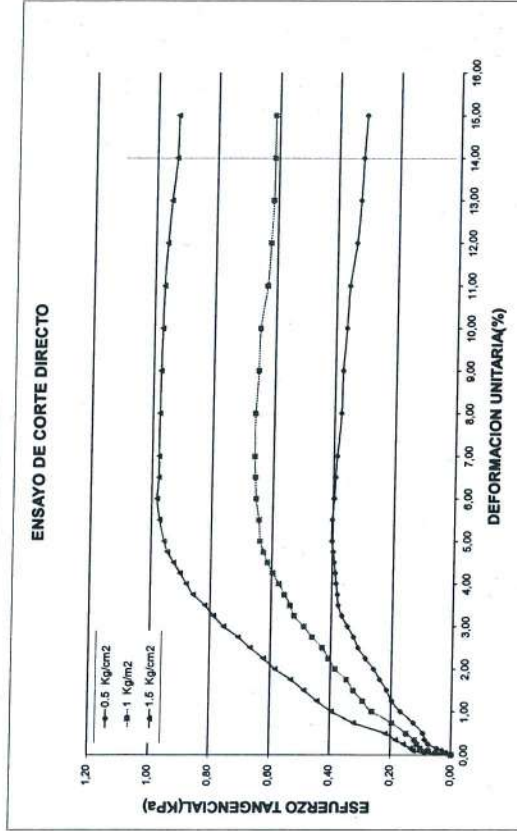
Área: 28,2745      W/d: 104.62  
 Cte. Dial: 0.451       $\gamma_d = 1.85$

DESMONTE QUEBRADA BLANCA

GRAVA 75.29  
 ARENA 18.52  
 FINOS 6.19  
 L.L. N.T.  
 L.P. N.P.

Represent:

Muestra: C-1 (M-1) Tipo de suelo: **GP-GH**



$\Phi = 31,8$   
 $C = 0,00$

Deformación Tangencial %	DATOS DE LABORATORIO					
	0.5 kg/cm²	1 kg/cm²	1.5 kg/cm²	0.5 kg/cm²	1 kg/cm²	1.5 kg/cm²
	Carge	Carge	Carge	Carge	Carge	Carge
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.41	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
0.10	1.80	0.81	0.03	1.40	0.05	0.00
0.15	2.07	1.31	0.05	4.00	0.07	0.00
0.25	4.70	2.12	0.07	6.30	0.10	0.00
0.35	5.40	2.44	0.09	7.00	0.11	0.00
0.50	5.80	2.62	0.09	7.50	0.12	0.00
0.75	7.80	3.52	0.12	9.30	0.15	0.00
1.00	10.60	4.78	0.17	12.30	0.20	0.00
1.25	12.40	5.59	0.20	16.40	0.26	0.00
1.50	13.50	6.09	0.22	18.30	0.29	0.00
1.75	14.90	6.72	0.24	20.30	0.32	0.00
2.00	16.20	7.31	0.26	21.70	0.35	0.00
2.25	17.90	8.07	0.29	24.10	0.38	0.00
2.50	19.40	8.75	0.31	26.80	0.41	0.00
2.75	20.40	9.20	0.33	28.80	0.43	0.00
3.00	21.70	9.79	0.35	30.70	0.46	0.00
3.25	22.90	10.33	0.37	32.80	0.49	0.00
3.50	23.70	10.89	0.38	33.70	0.52	0.00
3.75	23.90	10.78	0.38	34.90	0.54	0.00
4.00	24.20	10.91	0.39	36.10	0.56	0.00
4.25	24.40	11.00	0.39	37.40	0.58	0.00
4.50	24.70	11.14	0.39	38.50	0.61	0.00
4.75	24.90	11.23	0.40	40.10	0.63	0.00
5.00	25.20	11.37	0.40	40.40	0.64	0.00
5.50	25.20	11.37	0.40	40.40	0.64	0.00
6.00	24.90	11.23	0.40	41.10	0.66	0.00
6.50	24.70	11.14	0.39	41.30	0.66	0.00
7.00	24.40	11.00	0.39	41.50	0.66	0.00
8.00	23.70	10.69	0.38	41.50	0.66	0.00
9.00	23.50	10.60	0.37	41.00	0.65	0.00
10.00	22.90	10.33	0.37	40.80	0.65	0.00
11.00	22.40	10.10	0.36	39.50	0.63	0.00
12.00	21.10	9.52	0.34	36.00	0.59	0.00
13.00	20.40	9.20	0.33	36.00	0.59	0.00
14.00	20.00	9.02	0.32	38.50	0.61	0.00
15.00	19.40	8.75	0.31	38.50	0.61	0.00

Lakshmi.Garudha.Corp@gmail.com - Garudha.Lab@gmail.com  
 Tlf. 482-9856 - 989053236 http://www.garudhaingenieros.com/

**ALFREDO ZEGARRA TAMBO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 58647



## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

### METODO DEL CONO DE ARENA

ASTM D1556

PROYECTO : ATOCONGO  
 OBRA : CONSTRUCCIÓN  
 UBICACIÓN : Dist. Lima, Prov. Lima, Dpto.Lima  
 HECHO POR : JCHR/AZ

FECHA: DICIEMBRE 2016

#### DENSIDAD DE CAMPO

CALICATA	DESMONT. QUEBRADA BLANCA		DESMONT. GUAYABO	
	C - 1	C - 2	C - 1	C - 2
MUESTRA N°	D - 1	D - 1	D - 1	D - 1
PROFUNDIDAD (m.)	Represent.	Represent.	Represent.	Represent.
1. Peso del frasco + arena	7000.00	7000.00	7000.00	7000.00
2. Peso del frasco + arena que queda	3745.00	3500.00	3645.00	3890.00
3. Peso de arena empleada (1) - (2)	3255.00	3500.00	3355.00	3110.00
4. Peso de arena en el cono	1535.00	1535.00	1535.00	1535.00
5. Peso de arena en excavación (3) - (4)	1720.00	1965.00	1820.00	1575.00
6. Densidad de la arena	1.35	1.35	1.35	1.35
7. Volumen de material extraído (5)/(6)	1274.07	1455.56	1348.15	1166.67
8. Peso de la muestra	2135.00	2975.00	2385.00	2060.00
9. Densidad húmeda (8)/(7)	1.68	2.04	1.77	1.77
10. Humedad	3.99	3.49	1.29	2.92
11. Densidad seca (9)/((1+(10/100)))	1.61	1.98	1.75	1.72

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

TARA N°	18	48	88	144
1. Peso recipiente + suelo húmedo	105.94	124.13	118.55	124.69
2. Peso recipiente + suelo seco	102.10	120.14	117.12	121.32
3. Peso de agua (1) - (2)	3.84	3.99	1.43	3.37
4. Peso de recipiente	5.91	5.70	5.84	5.89
5. Peso de suelo seco (2) - (4)	96.19	114.44	111.28	115.43
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	3.99	3.49	1.29	2.92

**DENSIDADES MINIMA Y MAXIMA  
A.S.T.M. D-4254**

PROYECTO: : ATOCONGO  
 OBRA: : CONSTRUCCIÓN  
 UBICACIÓN: : Prov. Lima, Dpto.Lima  
 FECHA : DICIEMBRE 2016

Wm+b - 1	5167,00 Con chuzado		Volumen		2200,12	
	DESMONT. QUEBRADA BLANCA		DESMONT. GUAYABO		DESMONT. PUQUIO	
CALICATA	C - 1	C - 2	C - 1	C - 2	C - 1	C - 2
MUESTRA	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1
<b>MAXIMAS</b>						
Ws+m+b (1)	9312,00	9706,00	9725,00	9442,00	9387,00	9747,00
Ws+m+b (2)	9315,00	9709,00	9724,00	9445,00	9390,00	9750,00
<b>MINIMAS</b>						
Ws+m+b (1)	8928,00	9100,00	9286,00	8869,00	9068,00	9174,00
Ws+m+b (2)	8931,00	9104,00	9288,00	8872,00	9065,00	9177,00
Dmaxima (1)	1,88	2,06	2,07	1,94	1,92	2,08
Dmaxima (2)	1,89	2,06	2,07	1,94	1,92	2,08
Dminima (1)	1,71	1,79	1,87	1,68	1,77	1,82
Dminima (2)	1,71	1,79	1,87	1,68	1,77	1,82
<b>DENS MAXIMA</b>	1,89	2,06	2,07	1,94	1,92	2,08
<b>DENS MINIMA</b>	1,71	1,79	1,87	1,68	1,77	1,82

**PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)**

**A.S.T.M. - D - 854**

**PROYECTO :** ATOCONGO  
**SOLICITANTE:** CONSTRUCCIÓN  
**UBICACIÓN :** Prov. Lima, Dpto.Lima  
**FECHA :** JCHR/AZ

ZONA		Desmonte Quebrada Blanca		Desmonte Quebrada Blanca	
SONDAJE		C - 1		C - 2	
MUESTRA		M - 1		M - 1	
PROFUNDIDAD		Representativa		Representativa	
NRO DEL FRASCO		4	4	5	5
1	Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	678,12	630,38	645,80	676,18
2	Peso del frasco volumétrico	404,98	404,98	404,98	404,98
3	Peso del suelo seco ( 1 - 2 ) (gr)	273,14	225,40	240,82	271,20
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	1593,37	1562,81	1573,27	1593,29
5	Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	1421,72	1421,72	1421,72	1421,72
6	Volumen del suelo (3 + 5 - 4) (cm <sup>3</sup> )	101,49	84,31	89,27	99,63
7	Gs (3)/(6) gr/cc	2,69	2,67	2,70	2,72
6	GS Promedio gr/cc	2,68		2,71	

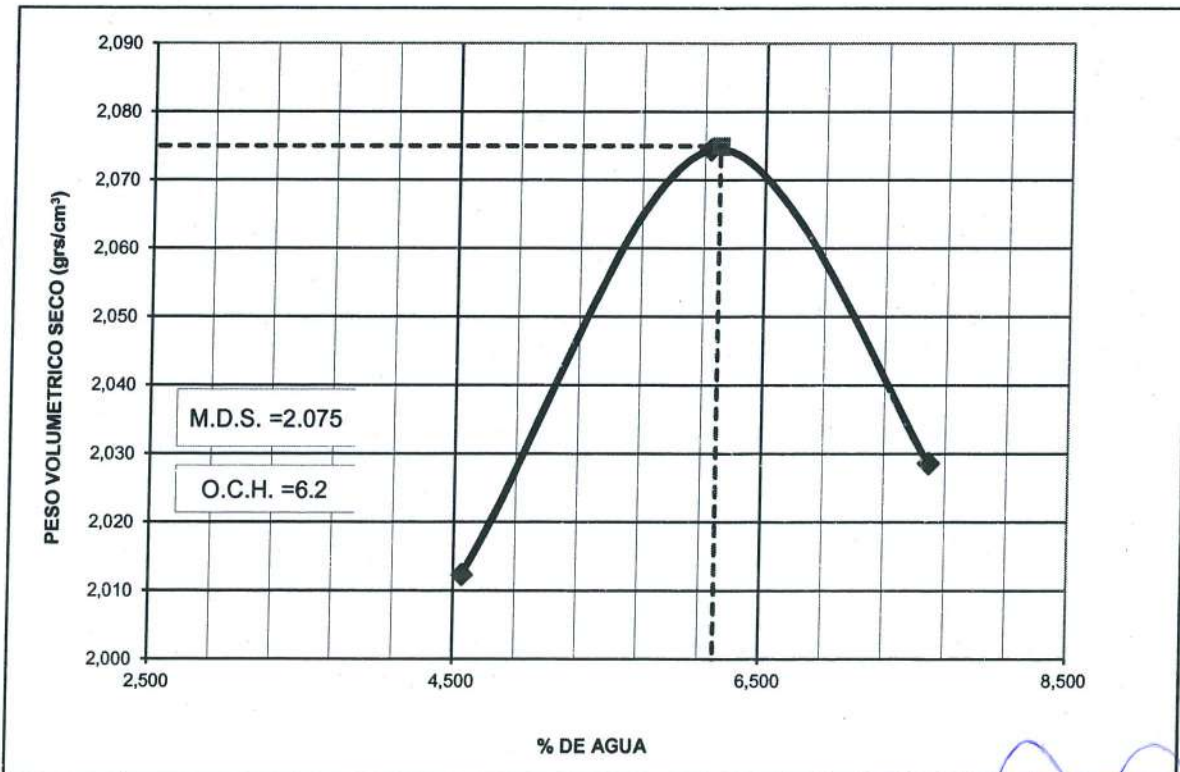
ZONA		Desmonte Guayabo		Desmonte Guayabo	
SONDAJE		C - 1		C - 2	
MUESTRA		M - 1		M - 1	
PROFUNDIDAD		Representativa		Representativa	
NRO DEL FRASCO		6	6	7	7
1	Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	656,00	699,40	488,82	535,15
2	Peso del frasco volumétrico	404,98	404,98	404,98	404,98
3	Peso del suelo seco ( 1 - 2 ) (gr)	251,02	294,42	83,84	130,17
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	1580,98	1608,55	1474,45	1503,92
5	Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	1421,72	1421,72	1421,72	1421,72
6	Volumen del suelo (3 + 5 - 4) (cm <sup>3</sup> )	91,76	107,59	31,11	47,97
7	Gs (3)/(6) gr/cc	2,74	2,74	2,69	2,71
6	GS Promedio gr/cc	2,74		2,70	

**ENSAYO DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO**

PROYECTO: ATOCONGO  
 SOLICITADO: UNACEM  
 UBICACIÓN: Prov. Lima, Dpto.Lima

FECHA: DICIEMBRE 2016  
 DESMONT: QUEBRADA BLANCA  
 MUESTRA: C-2 M-1

MOLDE N°:	F						VOLUMEN	2200,12 cc
	C							
Peso suelo + Molde	7137						7352	7310
Peso Molde	2508						2508	2508
Peso suelo húmedo compactado	4629						4844	4802
Peso volumétrico húmedo	2,104						2,202	2,183
Recipiente N°	125	133	142	44	79	18		
Peso suelo húmedo + Tara	110,50	101,28	99,43	105,86	113,92	107,43		
Peso suelo seco + Tara	105,98	97,05	94,04	100,03	106,21	100,30		
Tara	5,32	5,47	5,36	5,90	5,13	5,91		
Peso de agua	4,52	4,23	5,39	5,83	7,71	7,13		
Peso de suelo seco	100,66	91,58	88,68	94,13	101,08	94,39		
Contenido de agua	4,49	4,62	6,08	6,19	7,63	7,55		
Humedad promedio	4,555		6,136		7,591			
Peso volumétrico seco	2,012		2,074		2,029			



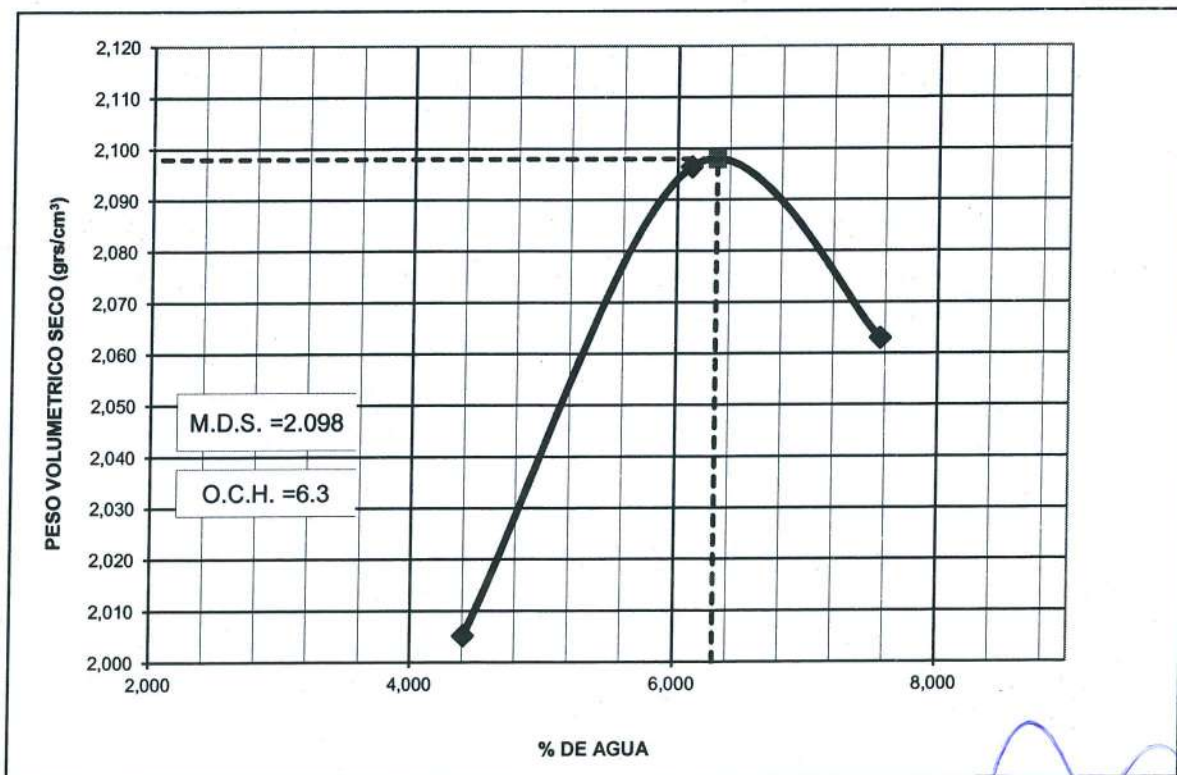
OBSERVACIONES  
**Lakshmi Garudha**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO**

PROYECTO: ATOCONGO  
 SOLICITADO: UNACEM  
 UBICACIÓN: Prov. Lima, Dpto.Lima

FECHA: DICIEMBRE 2016  
 DESMONT. QUEBRADA BLANCA  
 MUESTRA: C - 1 M - 1

MOLDE N° :	F					
	C		VOLUMEN		2200,12 cc	
Peso suelo + Molde	7114		7402		7390	
Peso Molde	2508		2508		2508	
Peso suelo húmedo compactado	4606		4894		4882	
Peso volumétrico húmedo	2,094		2,224		2,219	
Recipiente N°	20	131	122	110	115	25
Peso suelo húmedo + Tara	100,53	95,44	89,95	91,75	99,55	99,69
Peso suelo seco + Tara	96,47	91,70	85,41	86,45	93,05	92,97
Tara	5,85	5,35	5,43	5,33	5,24	5,93
Peso de agua	4,06	3,74	4,54	5,30	6,50	6,72
Peso de suelo seco	90,62	86,35	79,98	81,12	87,81	87,04
Contenido de agua	4,48	4,33	5,68	6,53	7,40	7,72
Humedad promedio	4,406		6,105		7,561	
Peso volumétrico seco	2,005		2,096		2,063	



OBSERVACIONES

**Corporación  
Lakshmi Garudha**


Teléf. 482-9856 - 989053236  
 Lakshmi.Garudha.Corp@gmail.com - Garudha.Lab@gmail.com  
<http://www.garudhaingenieros.com/>

**ALFREDO ZEGARRA TAMBO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 58647

**EXCAVACION DE EXPLORACION - CALICATA**

PROYECTO : ATOCONGO  
 UBICACIÓN : Prov. Lima, Dpto.Lima  
 CALICATA N° : C - 1 QUEBRADA BLANCA  
 FECHA : DICIEMBRE 2016


NIVEL(m): --  
 N.F.(m) : --

Prof.	Muestra	Descripción	Símbolo	Clasificación
0,1	M-1	Grava mal graduada con limo con presencia de bolonería de 10 pulgadas y de material fino.		GP-GM
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
<b>1</b>				
1,1				
1,2				
1,3				
1,4				
1,5				
1,6				
1,7				
1,8				
1,9				
<b>2</b>				
2,1				
2,2				
2,3				
2,4				
2,5				
2,6				
2,7				
2,8				
2,9				
<b>3</b>				
3,1				
3,2				
3,3				
3,4				
3,5				
3,6				
3,7				
3,8				
3,9				
<b>4</b>				

## EXCAVACION DE EXPLORACION - CALICATA

**PROYECTO :** ATOCONGO  
**UBICACIÓN :** Prov. Lima, Dpto.Lima  
**CALICATA N° :** C - 2 QUEBRADA BLANCA  
**FECHA :** DICIEMBRE 2016

**NIVEL(m):** -  
**N.F.(m) :** -

Prof.	Muestra	Descripcion	Símbolo	Clasificación
0,1				GW
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
<b>1</b>				
1,1				
1,2				
1,3				
1,4				
1,5				
1,6				
1,7				
1,8	M-1	Grava bien graduada con piedras anguladas entre 10 y 13 pulgadas y presencia de material fino.		
1,9				
<b>2</b>				
2,1				
2,2				
2,3				
2,4				
2,5				
2,6				
2,7				
2,8				
2,9				
<b>3</b>				
3,1				
3,2				
3,3				
3,4				
3,5				
3,6				
3,7				
3,8				
3,9				
<b>4</b>				

## ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL EN ROCA (ASTM D 5731)

PROYECTO : ATOCONGO  
SOLICITADO : Prov.: Lima, Dept.: Lima  
UBICACIÓN : UNACEM S.A.A.

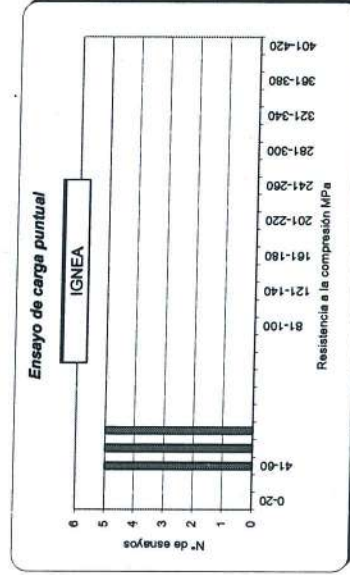
FECHA : DICIEMBRE\_2016

TECNICO : J.D.M

MUESTRA : DESM. QUEB. BLANCA C - 1  
PROFUND.: Representativa  
Equipo de Carga Concentrada Capacidad 55 kN (13,000 lb).

Nombre de la Roca	Prof.	N° de Muestra	Tipo de Roca	Dureza de roca (Martillo Geológico)	GEOMETRIA DE LA MUESTRA			D <sub>2</sub>	Presión Hidráulica P <sub>hid</sub> (kN)	I <sub>p</sub> Calculado (N/mm <sup>2</sup> )	I <sub>p</sub> Calculado (Mpa)	I <sub>p(09)</sub> Corregido (Mpa)	σ <sub>c1</sub> Calculado (Mpa)	σ <sub>c2</sub> Calculado (Mpa)
					Ancho (mm)	Largo (mm)	Altura (mm)							
	Sup.	M1	IGNEA	R3	66,00	110,00	45,00	3781,52	7,00	1,85	1,85	2,03	48,8	45,8
	Sup.	M2		R4	69,00	121,00	40,00	3514,14	8,00	2,28	2,28	2,46	59,0	55,5
	Sup.	M3		R4	71,00	115,00	41,00	3706,40	9,00	2,43	2,43	2,65	63,7	59,9
	Sup.	M4		R3	66,00	112,00	43,00	3613,45	7,00	1,94	1,94	2,10	50,5	47,5
	Sup.	M5		R4	72,00	119,00	46,00	4216,97	9,00	2,13	2,13	2,40	57,6	54,1
	Sup.	M6		R4	70,00	115,00	44,00	3921,58	10,00	2,55	2,55	2,82	67,7	63,6
	Sup.	M7		R3	77,00	116,00	42,00	4117,66	8,00	1,94	1,94	2,17	52,2	49,0
	Sup.	M8		R4	71,00	117,00	41,00	3706,40	9,00	2,43	2,43	2,65	63,7	59,9
	Sup.	M9		R4	69,00	112,00	46,00	4041,26	9,00	2,23	2,23	2,48	59,5	56,0
	Sup.	M10		R4	72,00	119,00	47,00	4309,64	10,00	2,32	2,32	2,62	63,0	59,2

R1 : Roca muy débil ( 1.0 - 5.0 ) MPa  
R2 : Roca débil ( 5.0 - 25.0 ) MPa  
R3 : Roca media ( 25.0 - 50.0 ) MPa  
R4 : Roca dura ( 50.0 - 100.0 ) MPa  
R5 : Roca muy dura ( 100.0 - 250.0 ) MPa  
R6 : Roca extremadamente du (> 250.0 ) MPa



Indice de Carga Puntual [I<sub>p</sub>] (MPa)  
I<sub>p</sub>(máx) = 2,7  
I<sub>p</sub>(mín) = 2,0  
I<sub>p</sub>(prom) = 2,4

Resistencia a la Compresión (MPa)  
σ<sub>c</sub> (máx) = 59,9  
σ<sub>c</sub> (mín) = 45,8  
σ<sub>c</sub> (prom) = 55,9

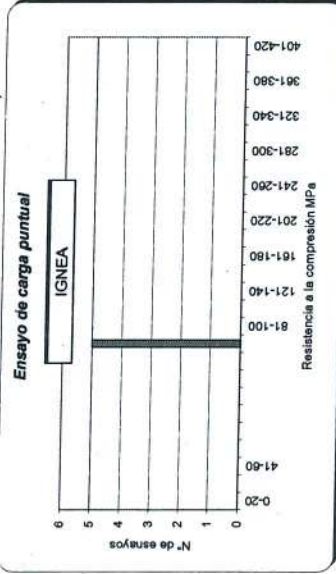


## ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL EN ROCA (ASTM D 5731)

PROYECTO : ATOCONGO  
SOLICITADO : Prov.: Lima, Dept.: Lima  
UBICACIÓN : UNACEM S.A.A.  
FECHA : DICIEMBRE\_2016

TECNICO : J.D.M  
MUESTRA : DESM. QUEB. BLANCA C - 2  
PROFUND.: Representativa  
Equipo de Carga Concentrada Capacidad 55 kN (13,000 lb).

Nombre de la Roca	Prof.	N° de Muestra	Tipo de Roca	Dureza de roca (Martillo Geologo)	GEOMETRIA DE LA MUESTRA			Presión Hidráulica P <sub>hid</sub> (kN)	D. <sup>2</sup>	I <sub>p</sub> Calculado (Mpa)	I <sub>p</sub> Corregido (Mpa)	σ <sub>c1</sub> Calculado (Mpa)	σ <sub>c2</sub> Calculado (Mpa)
					Ancho (mm)	Largo (mm)	Altura (mm)						
	Sup.	M1	IGNEA	R4	62,00	113,00	44,00	3473,40	2,88	2,88	3,10	74,4	70,0
	Sup.	M2		R4	59,00	116,00	40,00	3004,85	3,33	3,33	3,47	83,2	78,5
	Sup.	M3		R4	62,00	115,00	50,00	3947,04	2,53	2,53	2,81	67,4	63,3
	Sup.	M4		R4	65,00	109,00	46,00	3806,99	2,63	2,63	2,89	69,3	65,1
	Sup.	M5		R4	70,00	117,00	45,00	4010,70	2,74	2,74	3,05	73,2	68,8
	Sup.	M6		R4	66,00	115,00	47,00	3949,59	2,53	2,53	2,81	67,4	63,3
	Sup.	M7		R4	72,00	120,00	43,00	3941,95	2,54	2,54	2,81	67,4	63,3
	Sup.	M8		R4	71,00	117,00	41,00	3706,40	2,97	2,97	3,24	77,8	73,2
	Sup.	M9		R4	89,00	118,00	47,00	4129,12	2,66	2,66	2,98	71,6	67,3
	Sup.	M10		R4	89,00	120,00	50,00	4392,68	2,73	2,73	3,10	74,4	69,9



R1 : Roca muy débil ( 1.0 - 5.0 ) MPa  
R2 : Roca débil ( 5.0 - 25.0 ) MPa  
R3 : Roca media ( 25.0 - 50.0 ) MPa  
R4 : Roca dura ( 50.0 - 100.0 ) MPa  
R5 : Roca muy dura ( 100.0 - 250.0 ) MPa  
R6 : Roca extremadamente du (> 250.0 ) MPa

Indice de Carga Puntual [I<sub>p</sub>] (MPa)

I<sub>p</sub>(máx) = 3,5  
I<sub>p</sub>(mín) = 2,8  
I<sub>p</sub>(prom) = 3,0

Resistencia a la Compresión (MPa)

σ<sub>c</sub> (máx) = 78,5  
σ<sub>c</sub> (mín) = 63,3  
σ<sub>c</sub> (prom) = 66,3

PROYECTO : ATOCONGO  
 UBICACIÓN : Prov.: Lima, Dept.: Lima  
 SOLICITANTE : UNACEM S.A.A.  
 SONDAJE : Representativo  
 MUESTRA : DESM. QUEBRADA BLANCA C - 1

FECHA : DICIEMBRE\_2016

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216 MTC E - 108				
		IDENTIFICACION		PROMEDIO
		1	2	
1	Peso de tara (g)	16,34	16,55	
2	Peso de tara + muestra humeda (g)	164,27	167,12	
3	Peso de tara + muestra seca (g)	163,21	166,11	
4	Contenido de humedad $(2 - 3) / (3 - 1) * 100(\%)$	0,72	0,68	0,70

**PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO  
( ASTM C - 127 NTP 400.021 )**

METODO DE LA CANASTILLA					
ENSAYO REALIZADO MAYOR AL TAMIZ N° 4 ( 4.750 mm )		IDENTIFICACION			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Peso mat. Sat. Superf. Seca g	598,30	717,53	598,30	
2	Peso canastilla dentro del H <sub>2</sub> O g	0,00	0,00	0,00	
3	Peso mat. Sat. Superf. seca + canastilla en H <sub>2</sub> O g	370,23	444,60	370,23	
4	Peso de mat. Sat. Superf. Seca dentro del H <sub>2</sub> O (3 - 2) g	370,23	444,60	370,23	
5	Peso tara g	0,00	0,00	0,00	
6	Peso tara + muestra seca g	594,67	713,52	594,67	
7	Peso muestra seca (6 - 5) g	594,67	713,52	594,67	
8	Peso Especifico de Masa $7 / (1 - 4) \text{ g/cm}^3$	2,607	2,614	2,607	2,611
9	Peso Especifico Sat. Suoerf. Seco $1 / (1 - 4) \text{ g/cm}^3$	2,623	2,629	2,623	2,626
10	Peso Especifico Aparente $7 / (7 - 4) \text{ g/cm}^3$	2,650	2,653	2,650	2,651
11	Porcentaje de absorción $((1-7)/7)*100 (\%)$	0,61	0,56	0,61	0,59
12	Porosidad $(1 - 7)/1 * 100 (\%)$	0,61	0,56	0,61	0,58

Observaciones:

PROYECTO : ATOCONGO  
 UBICACIÓN : Prov.: Lima, Dept.: Lima  
 SOLICITANTE : UNACEM S.A.A.  
 SONDAJE : Representativo  
 MUESTRA : DESM. QUEBRADA BLANCA C - 2

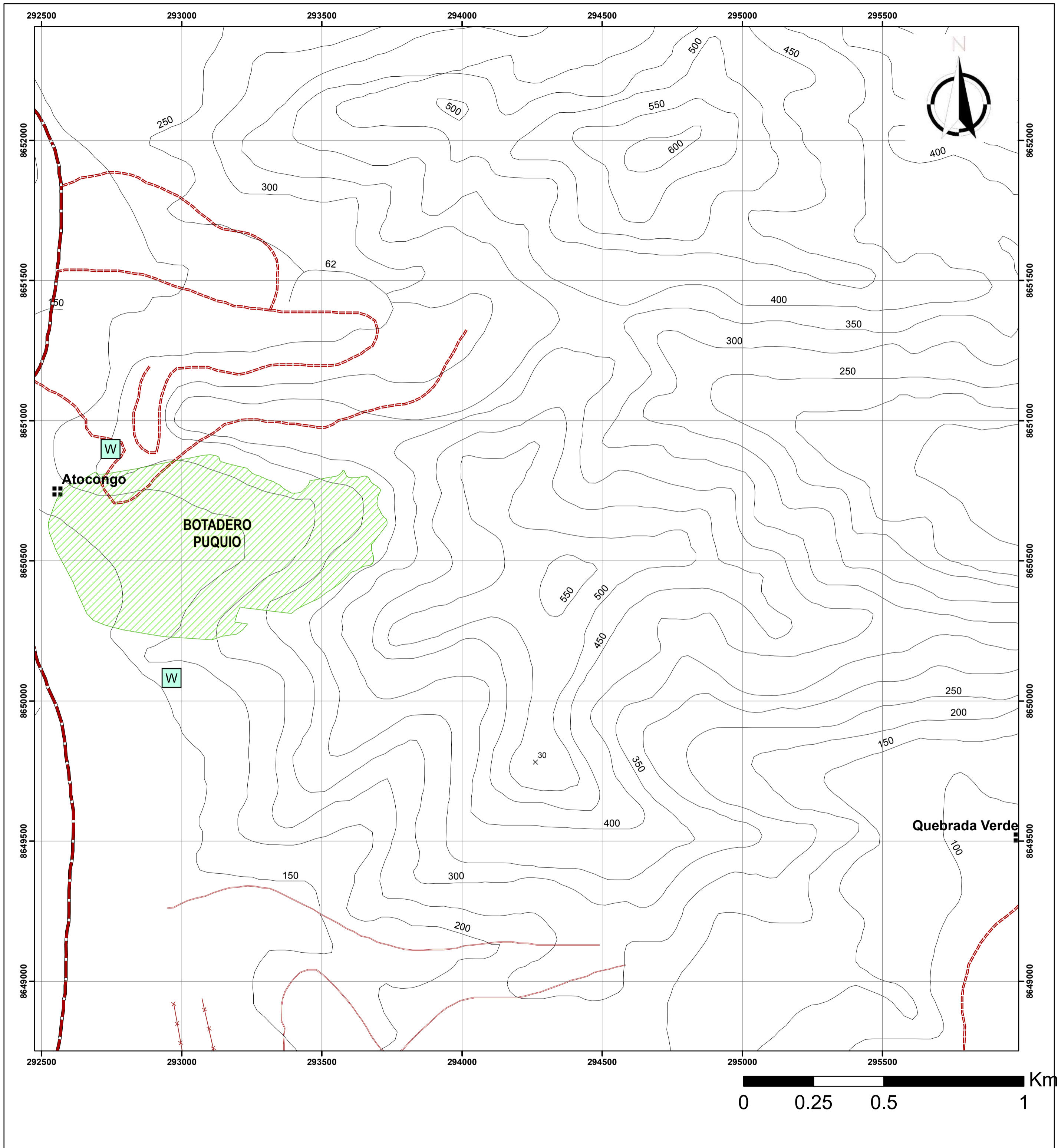
FECHA : DICIEMBRE\_2016

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216 MTC E - 108				
		IDENTIFICACION		PROMEDIO
		1	2	
1	Peso de tara (g)	15,70	16,85	
2	Peso de tara + muestra humeda (g)	163,63	165,50	
3	Peso de tara + muestra seca (g)	162,60	164,52	
4	Contenido de humedad $(2 - 3) / (3 - 1) * 100(\%)$	0,70	0,66	0,68

**PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO  
( ASTM C - 127 NTP 400.021 )**

METODO DE LA CANASTILLA					
ENSAYO REALIZADO MAYOR AL TAMIZ N° 4 ( 4.750 mm )		IDENTIFICACION			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Peso mat. Sat. Superf. Seca	g	637,75	621,66	637,74
2	Peso canastilla dentro del H <sub>2</sub> O	g	0,00	0,00	0,00
3	Peso mat. Sat. Superf. seca + canastilla en H <sub>2</sub> O	g	401,33	391,11	403,36
4	Peso de mat. Sat. Superf. Seca dentro del H <sub>2</sub> O $(3 - 2)$	g	401,33	391,11	403,36
5	Peso tara	g	0,00	0,00	0,00
6	Peso tara + muestra seca	g	635,95	619,12	636,23
7	Peso muestra seca $(6 - 5)$	g	635,95	619,12	636,23
8	Peso Especifico de Masa $7 / (1 - 4)$	g/cm <sup>3</sup>	2,690	2,685	2,715
9	Peso Especifico Sat. Suoerf. Seco $1 / (1 - 4)$	g/cm <sup>3</sup>	2,698	2,696	2,721
10	Peso Especifico Aparente $7 / (7 - 4)$	g/cm <sup>3</sup>	2,711	2,715	2,732
11	Porcentaje de absorción $((1-7)/7)*100 (\%)$		0,28	0,41	0,24
12	Porosidad $(1 - 7)/1 * 100 (\%)$		0,28	0,41	0,24

Observaciones:



- Notas:
- 1.- LA ESCALA GRÁFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A2.
  - 2.- DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS SALVO LO INDICADO.
  - 3.- EL SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84-ZONA 18S.
  - 4.- COORDENADAS CENTRALES: E-293097.89m. N-8650585.31m.
  - 5.- ÁREA: 58.06 HECTAREAS.

UBICACIÓN DEL BOTADERO PUQUIO:  
 DEPARTAMENTO: LIMA  
 PROVINCIA: LIMA  
 DISTRITO : VILLA MARÍA DEL TRIUNFO

REV. N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISO	APROBO
A	15/12/2016	UBICACIÓN DEL BOTADERO DE DESMONTE PUQUIO	R.O.M	D.R.R

- Leyenda**
- Pueblo
  - W Tanques de agua
  - ~ Curvas de nivel
  - Vía asfaltada
  - - - Vía trocha carrozable
  - 🍃 Botadero Puquio

**UNACEM**  
CONSTRUYENDO OPORTUNIDADES

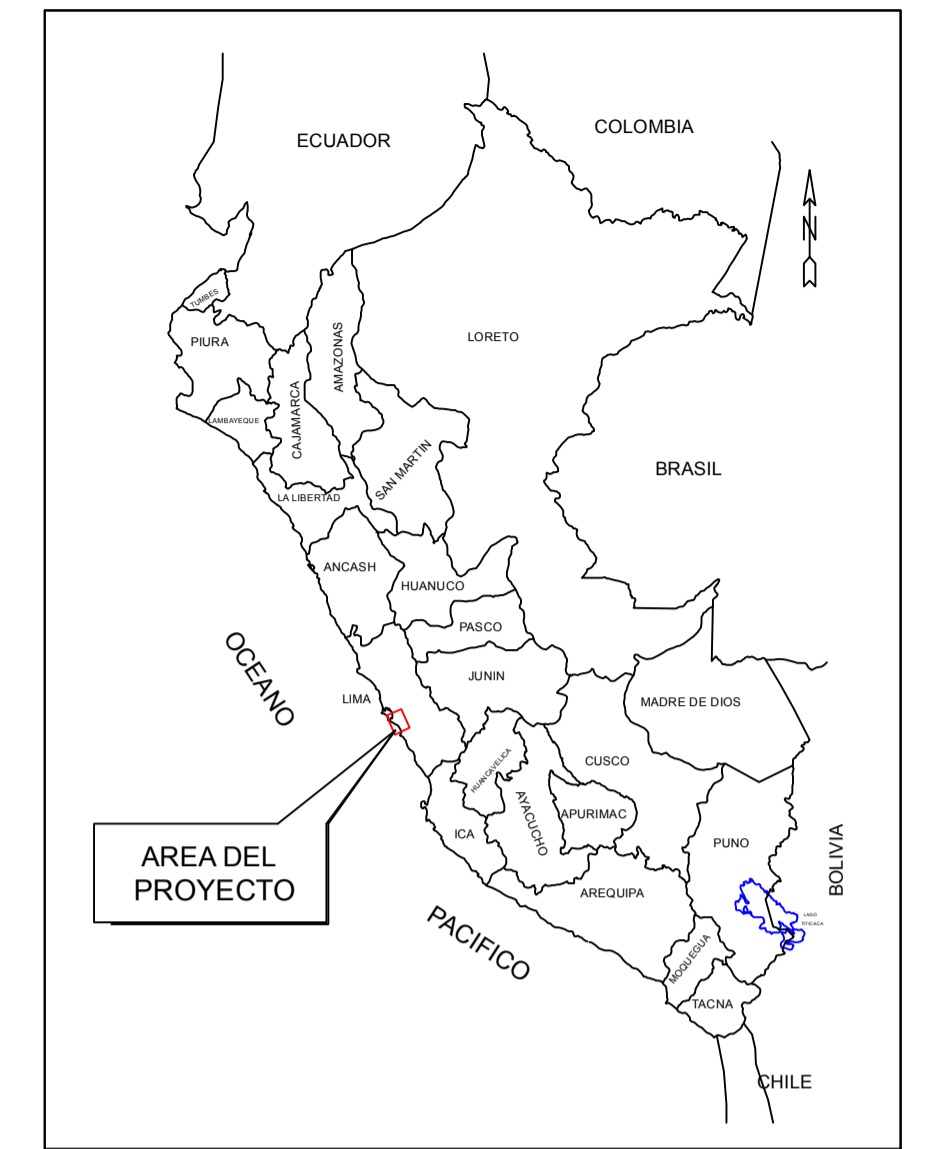
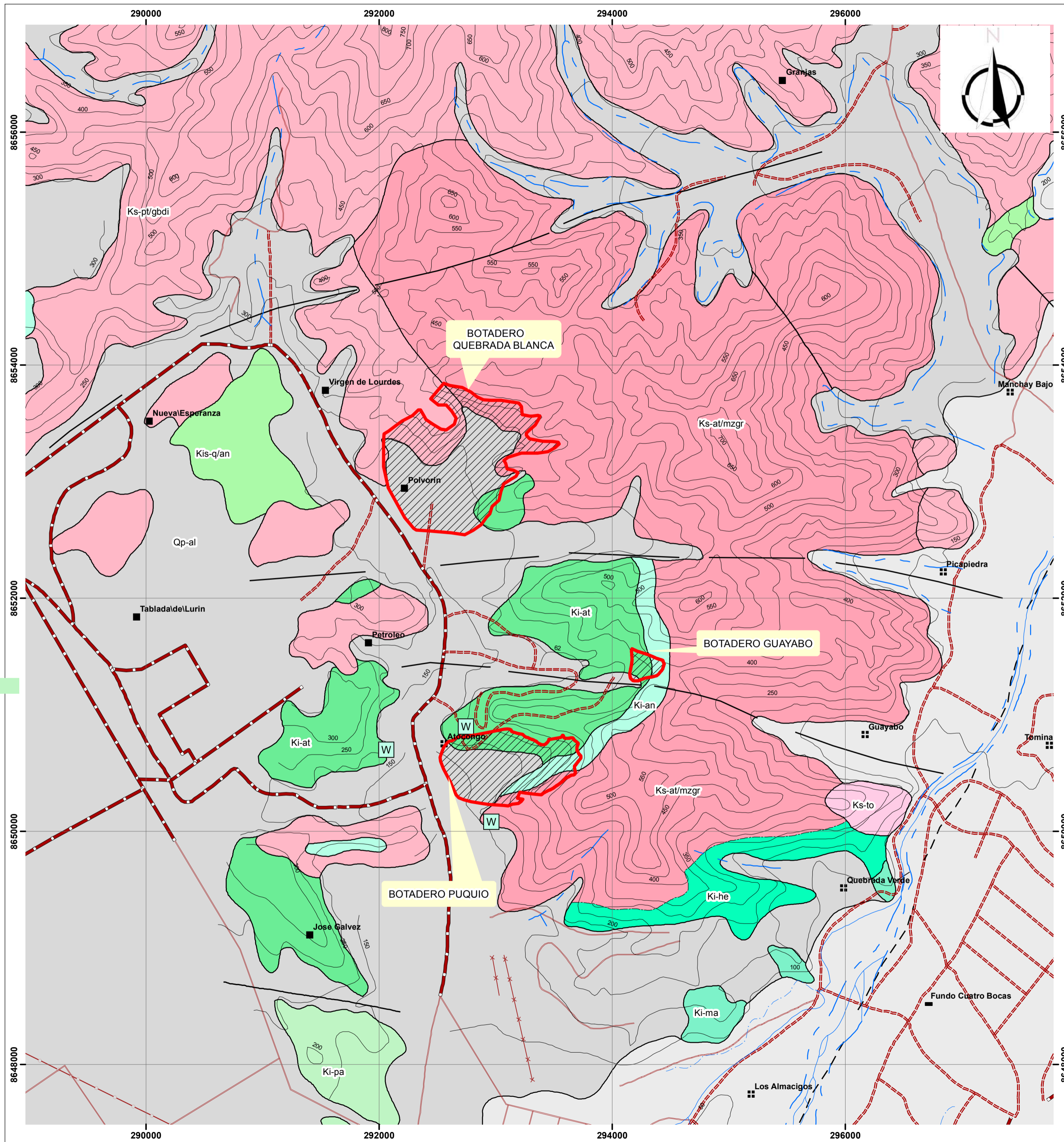
**PROYECTO:** ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL BOTADERO DESMONTE PUQUIO-UNIDAD ATOCONGO

**GENERALES**

**TÍTULO:** PLANO DE UBICACIÓN

<b>ELABORO:</b> J.O.A	<b>REVISÓ:</b> R.O.M	<b>ESCALA:</b> 1/10000	<b>REV:</b> A	<b>PLANO N°</b>
<b>DIBUJO:</b> J.O.A	<b>APROBÓ:</b> D.R.R	<b>FECHA:</b> DIC-2016	<b>TRABAJO:</b> ING-UNACEN-UB-01	<b>UB-01</b>

Asesores y Consultores Mineros S.A.  
Calle Pro. Jorge Muelle N°169  
Torre de Limaambo  
San Boja, Lima



**Leyenda**

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Depósitos aluviales y eólicos	
	NEÓGENO	Mioceno		Qp-al
MESOZOICO	CRETACICO	Superior	Fm. Quilmana	Ks-at-mzgr
		Inferior	Fm. Atocongo Fm. Pamplona Fm. Marcavilca Fm. Herradura	Ks-pt/gbdi Ks-to Ki-q/an Ki-at Ki-pa Ki-ma Ki-he Ki-an (Andesita)

Notas:  
 1.-LA ESCALA GRÁFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-2.  
 2.-DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO LO INDICADO.  
 3.- EL SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84-ZONA 18S.

**Simbología**

- W Tanque de agua
- Caserío
- ⌘ Pueblo
- Línea teleferica
- ×××× Cerco
- ~ Curvas de nivel
- Vía asfaltada
- - - Vía trocha carrozable
- - - Falla inferida
- - - Falla normal
- - - Quebrada
- ▭ Botadero puquio

A	18/12/2016	PLANO GEOLÓGICO REGIONAL	R.O.M	D.R.R
REV. N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISO	APROBO

**UNACEM**  
CONSTRUYENDO OPORTUNIDADES

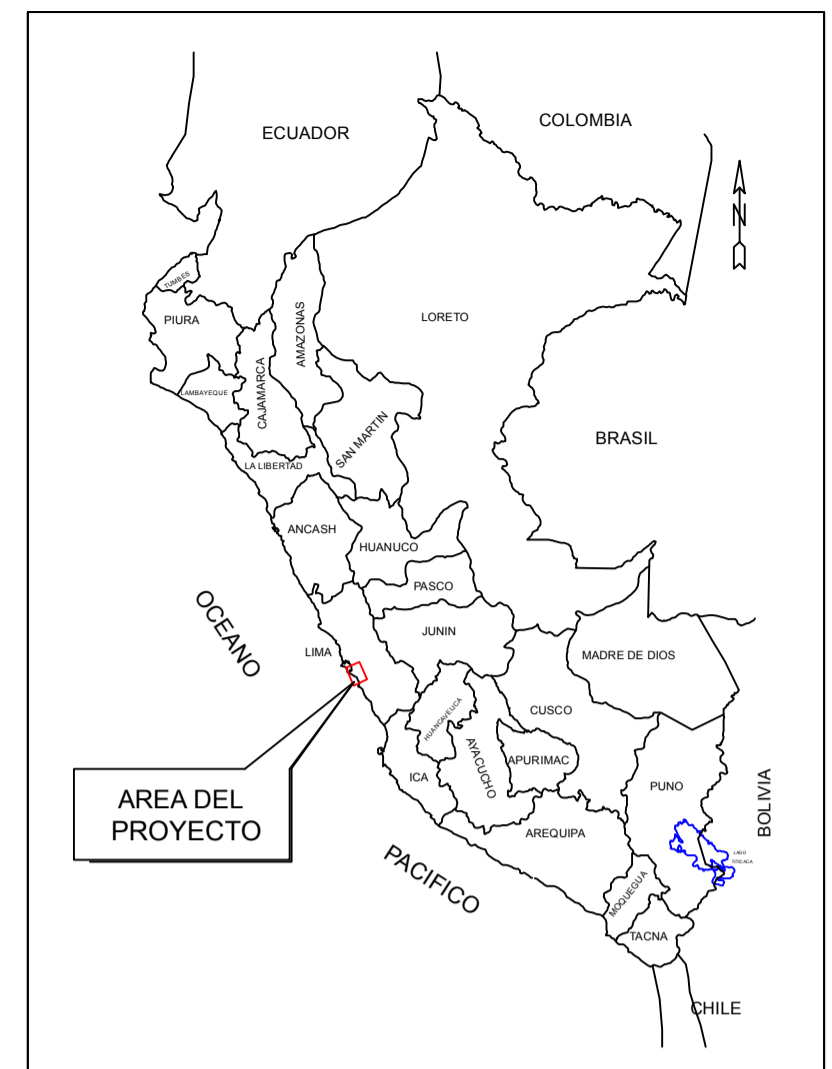
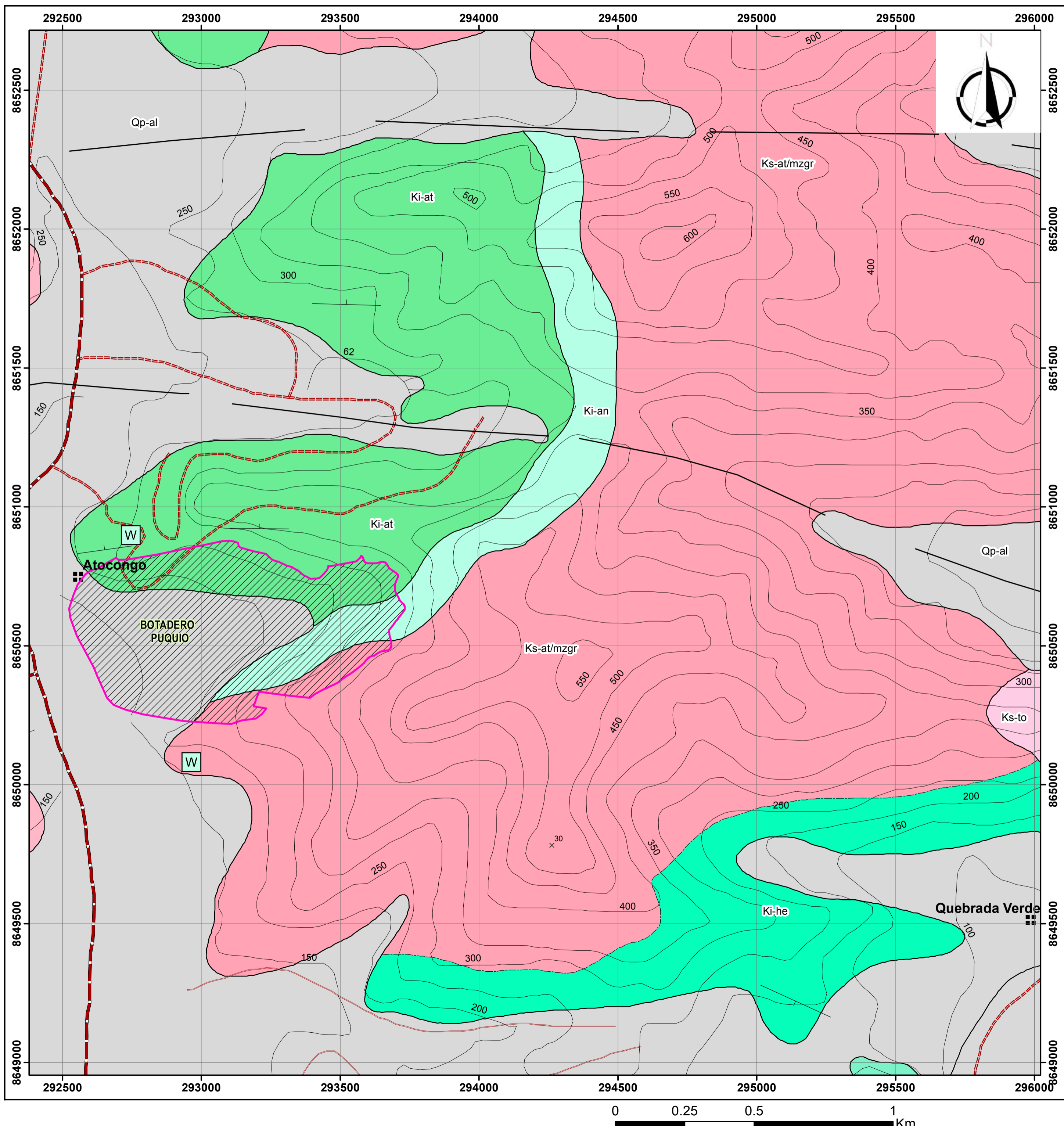
PROYECTO: ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL BOTADERO DESMONTE PUQUIO-UNIDAD ATOCONGO.

**GEOLOGÍA**

TITULO: GEOLOGÍA REGIONAL

ELABORO: J.O.A	REVISÓ: R.O.M	ESCALA: 1/25 000	REV: A	PLANO N°
DIBUJO: J.O.A	APROBÓ: D.R.R	FECHA: DIC-2016	TRABAJO: NG-UNACEN-GE-01	<b>GE-01</b>

Asesores y Consultores Mineros S.A.  
Calle Pío Jorga Muerte N°199  
Torre de Lincolnton  
San Borja, Lima



**Legenda** (Base Geológica - INGEMMET)

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Depósitos aluviales y eólicos	Qp-al
	NEÓGENO	Mioceno		
MESOZOICO	CRETACICO	Superior		Ki-an (Andesita)
		Inferior	Fm. Atocongo Fm. Herradura	Ks-at/mzgr (Monzogranito) Ks-to (Tonalita)

Notas:  
 1.-LA ESCALA GRÁFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-2.  
 2.-DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO LO INDICADO.  
 3.-EL SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84-ZONA 18S.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISO	APROBO
A	15/12/2016	MAPA GEOLÓGICO DEL BOTADERO DE DESMONTE PUQUIO	R.O.M	D.R.R

**Simbología**

- ⊠ Pueblo
- W Tanques de agua
- ~ Curvas de nivel
- Vía asfaltada
- - - Vía trocha carrozable
- Buzamiento de capas
- - - Fallas
- ∇ Botadero Puquio

**UNACEM**  
CONSTRUYENDO OPORTUNIDADES

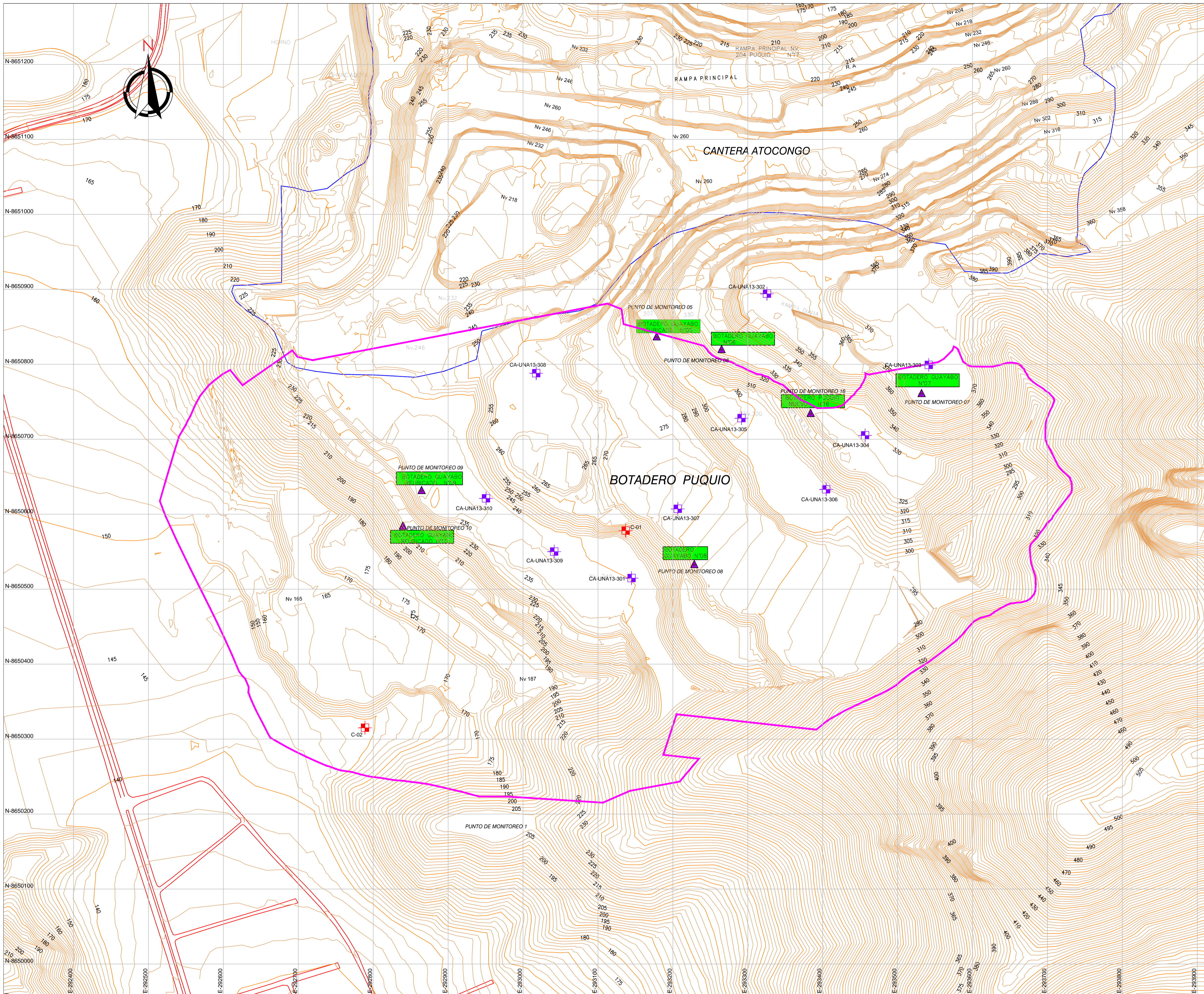
PROYECTO:  
ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL BOTADERO DESMONTE PUQUIO-UNIDAD ATOCONGO

GEOLOGÍA

TITULO:  
GEOLOGÍA LOCAL

ELABORO: J.O.A	REVISÓ: R.O.M	ESCALA: 1/10000	REV: A	PLANO N°
DIBUJO: J.O.A	APROBÓ: D.R.R	FECHA: DIC-2016	TRABAJO: ING-UNACEN-GE-02	<b>GE-02</b>

Asesores y Consultores Ráneos S.A.  
Calle Pro. Jorge Mañe N°199  
Torres de Limaambo  
San Borja, Lima



**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL PRINCIPAL
- CURVAS DE NIVEL SECUNDARIO
- PUNTOS DE MONITOREO
- PERIMETRO DEL BOTADERO DE DESMORTE PUQUIO
- PERIMETRO DEL TAJO CANTERA ATOCONGO
- SECCIONES
- CALICATAS CODIGO CA-UNA13-301 (ANDES, JULIO 2013)
- CALICATAS CODIGO C-01 (ACOMISA, DICIEMBRE 2016)

**DATOS TÉCNICOS**

AREA DEL BOTADERO PUQUIO	59.93 Ha
VOLUMEN DEL BOTADERO PUQUIO	5 213 694 m <sup>3</sup>

CALICATA	COORDENADAS WGS-84 (DICIEMBRE 2016)		
	ESTE	NORTE	COTA
C-01	293137	8650578	254
C-02	292789	8650315	150

CALICATA	COORDENADAS WGS-84 (AGOSTO 2013)		
	ESTE	NORTE	COTA
CA-UNA13-301	293145	8650515	242
CA-UNA13-302	293326	8650894	356
CA-UNA13-303	293542	8650799	372
CA-UNA13-304	293457	8650705	330
CA-UNA13-305	293292	8650728	300
CA-UNA13-306	293405	8650633	306
CA-UNA13-307	293207	8650607	280
CA-UNA13-308	293018	8650788	262
CA-UNA13-309	293042	8650550	240
CA-UNA13-310	292951	8650621	240



- NOTAS :**
- LA ESCALA GRÁFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE
  - DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO LO INDICADO.
  - LA TOPOGRAFIA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN DICIEMBRE 2016.
  - SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84-ZONA 18S.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
A	14/12/2016	INVESTIGACIONES GEOTECNICAS	R.O.M.	D.R.R.

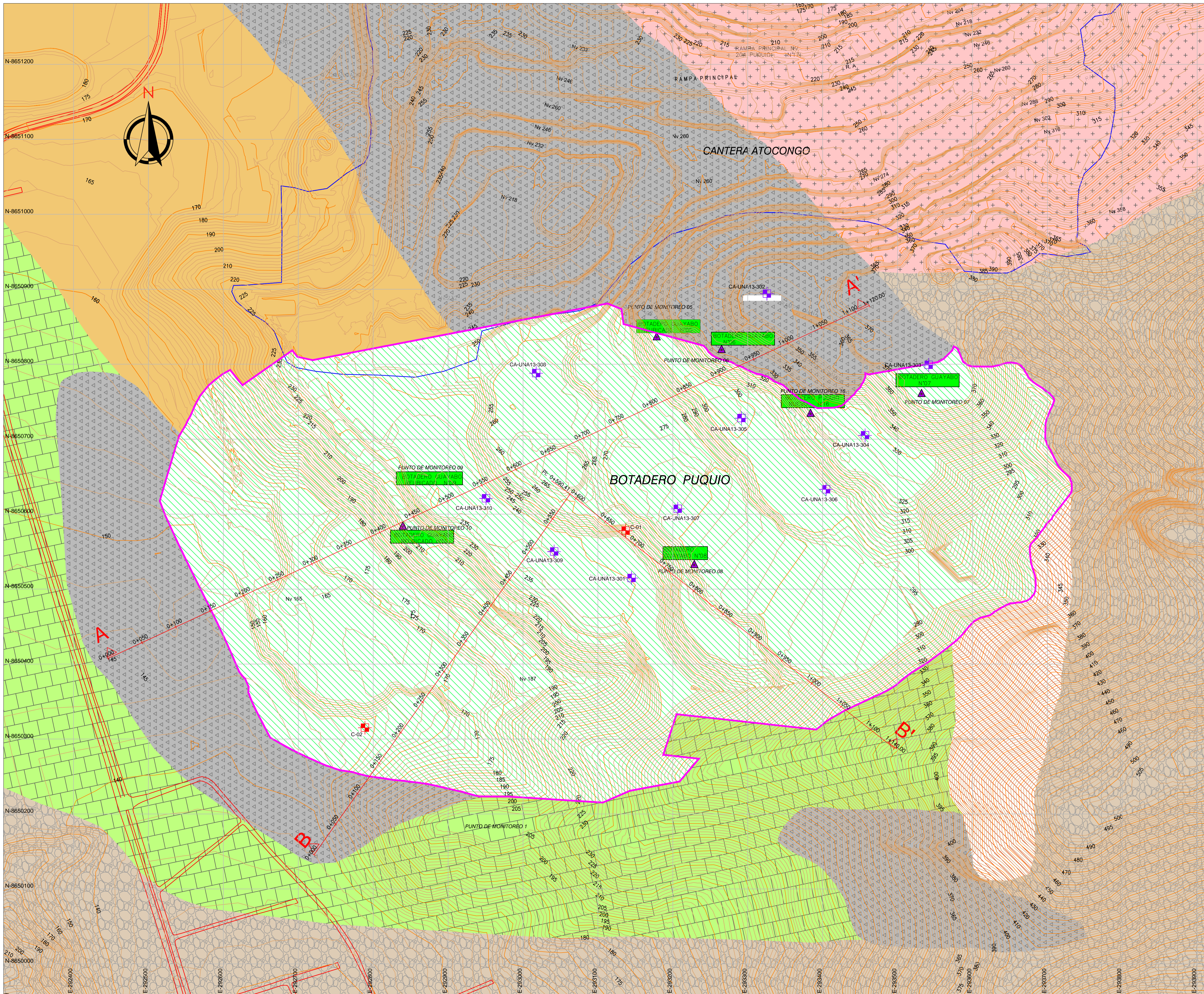


**PROYECTO:**  
**ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA DEL BOTADERO PUQUIO - UNIDAD ATOCONGO**  
**GEOLÓGIA - GEOTÉCNICA**

**TITULO:**  
**INVESTIGACIONES GEOTECNICAS**

PLANTA  
 ESC. = 1:2500

ACOMISA	ELABORÓ:	REVISÓ:	ESCALA:	REV.:	PLANO N°:
Asesores y Consultores Mineros S.A. Calle Pío, José María Nº 169 Torres de Llamazán San Martín, Lima	R.O.M.	R.O.M.	1/2500	A	IG-01
	DIBUJO:	APROBO:	FECHA:	TRABAJO:	
	R.O.M.	D.R.R.	DICIEMBRE-2016	ING-UNACEM-01	

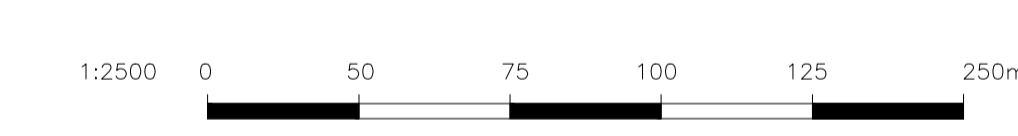


**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL PRINCIPAL
- CURVAS DE NIVEL SECUNDARIO
- VIA
- HITO TOPOGRAFICOS
- PERIMETRO DEL BOTADERO DE DESMONTE PUQUIO
- PERIMETRO DEL TAJO
- SECCIONES
- CALICATAS CODIGO CA-UNA13-301 (ANDES, JULIO 2013)
- CALICATAS CODIGO C-01 (ACOMISA, DICIEMBRE 2016)
- DESMONTE
- RELLENO CONTROLADO
- RELLENO NO CONTROLADO

**UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS**

- UNIDAD GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA I (DEPÓSITO COLUVIAL):  
SUELO GENERADO POR METEORIZACIÓN. TRANSPORTADOS POR LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD, CONSTITUIDOS POR GRAVAS MAL GRADADAS A GRAVAS LIMOSAS, MARRÓN AMARILLENTO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA CON GRAVAS SUBANGULOSA DE TM=2,5".
- UNIDAD GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA II (DEPÓSITO ALUVIAL):  
SUELO CONFORMADO POR ARENA MAL GRADADA CON LIMO Y GRAVA, DE PLASTICIDAD NULA, MUY SUELTA A SUELTA, LIGERAMENTE HÚMEDA, DE COLOR MARRÓN CLARO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA, GRAVA SUBANGULOSA, POTENCIA PROMEDIO 2,00 m.
- UNIDAD GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA IV (BASAMENTO ROCOSO): CALIZA  
ESTA ROCA PRESENTA UN GRADO DE RESISTENCIA MEDIANAMENTE DURA (R3.0-R4.0), ROD PROMEDIO EQUIVALENTE A 72%, LIGERAMENTE ALTERADA, MODERAMENTE FRACTURADA, JUNTAS CON PATINAS DE ÓXIDOS Y CON UNA CALIDAD GEOMECÁNICA DE MALA A REGULAR, SEGÚN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL RMR BÁSICO.
- VOLCÁNICO ANDESÍTICO  
ESTA ROCA PRESENTA UN GRADO DE RESISTENCIA MEDIANAMENTE DURA (R3.5-R4.0), ROD PROMEDIO EQUIVALENTE A 71%, LIGERAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE FRACTURADA, JUNTAS CON PATINAS DE ÓXIDOS Y CON UNA CALIDAD GEOMECÁNICA DE MALA A REGULAR, SEGÚN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL RMR BÁSICO.
- MONZOGRANODIORITA  
ESTA ROCA PRESENTA UN GRADO DE RESISTENCIA ALTA A MUY ALTA (R4.0 A R5.0), POCO FRACTURADA A FRACTURADA RQD (50% A 90%), MUY ALTERADA A LIGERAMENTE ALTERADA Y CON UNA CALIDAD GEOMECÁNICA DE REGULAR A BUENA, SEGÚN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL RMR BÁSICO.



- NOTAS :**
- 1.- LA ESCALA GRÁFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE
  - 2.- DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO LO INDICADO.
  - 3.- LA TOPOGRAFÍA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN DICIEMBRE 2016.
  - 4.- LA CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SE DETERMINO MEDIANTE EL ESTUDIO DE ESTABILIDAD TAJOS Y BOTADEROS DE DESMONTE (UNIDAD ATOCONGO), DESARROLLADA POR ANDES (FEBRERO 2014).
  - 5.- SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84-ZONA 18S.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
A	14/12/2016	PLANO ACTUAL GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO	R.O.M.	D.R.R.



**PROYECTO:** ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL BOTADERO PUQUIO - UNIDAD ATOCONGO

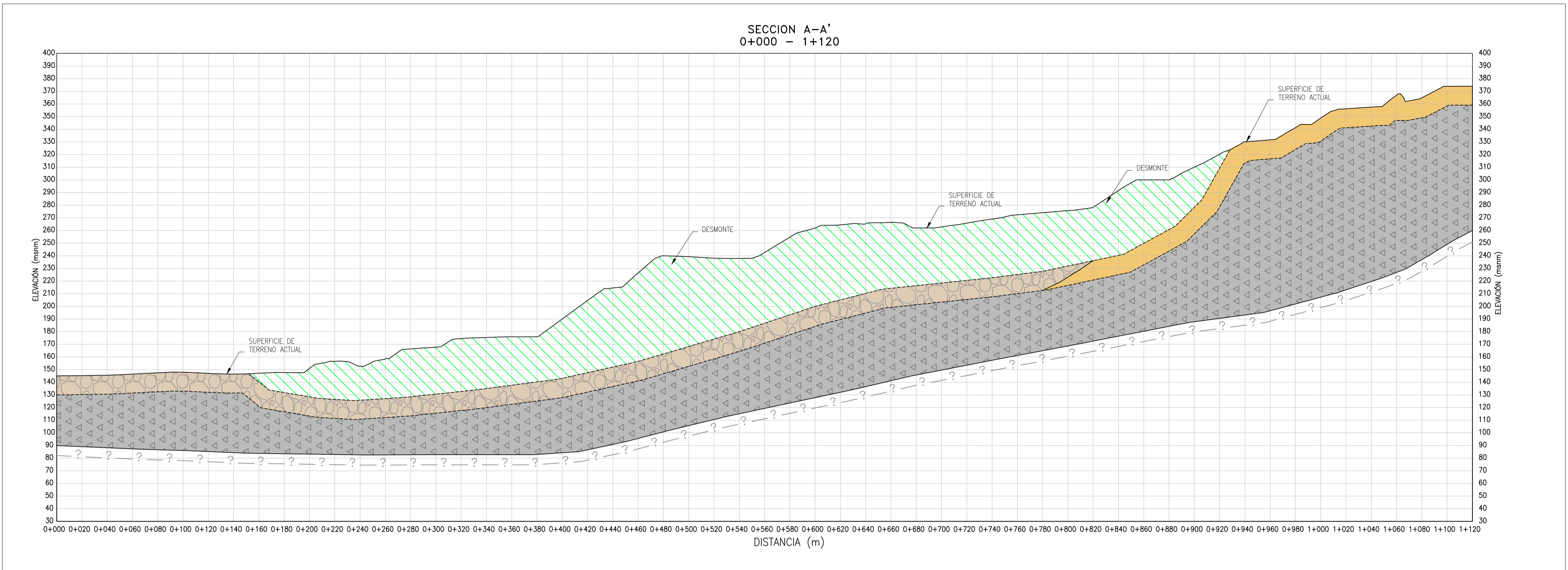
**GEOLOGÍA - GEOTÉCNICA**

**TÍTULO:** PLANO ACTUAL GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

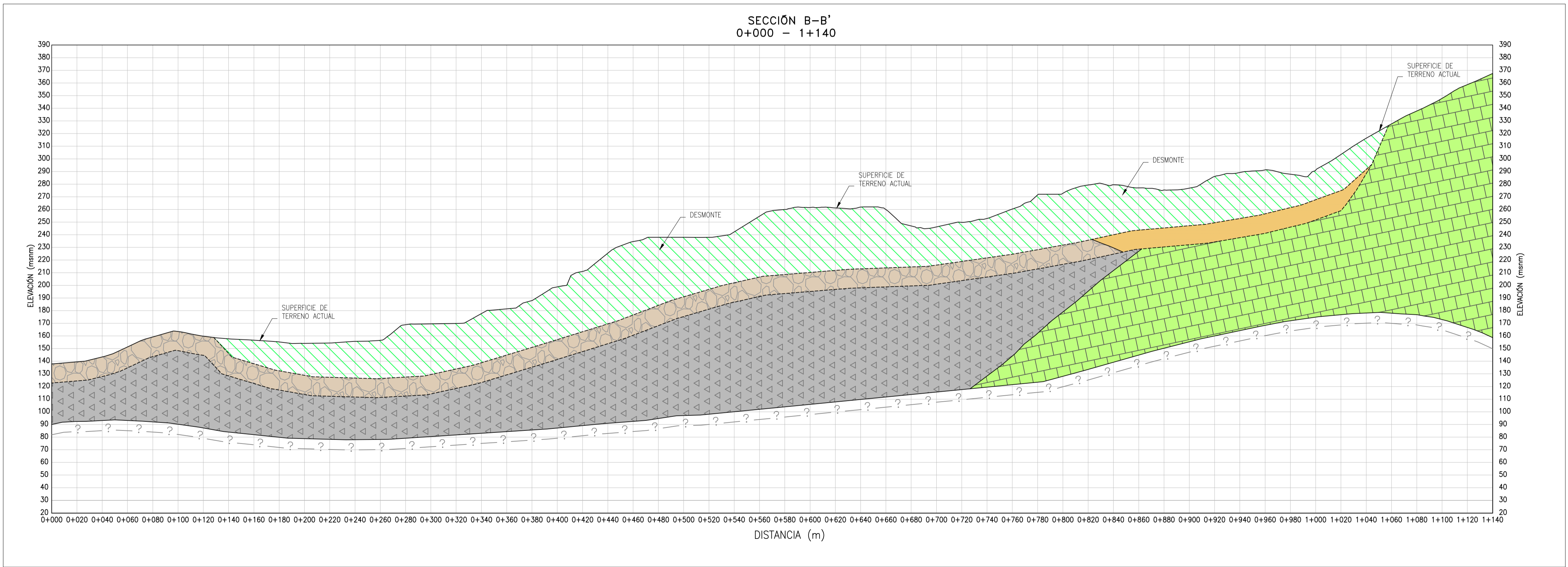
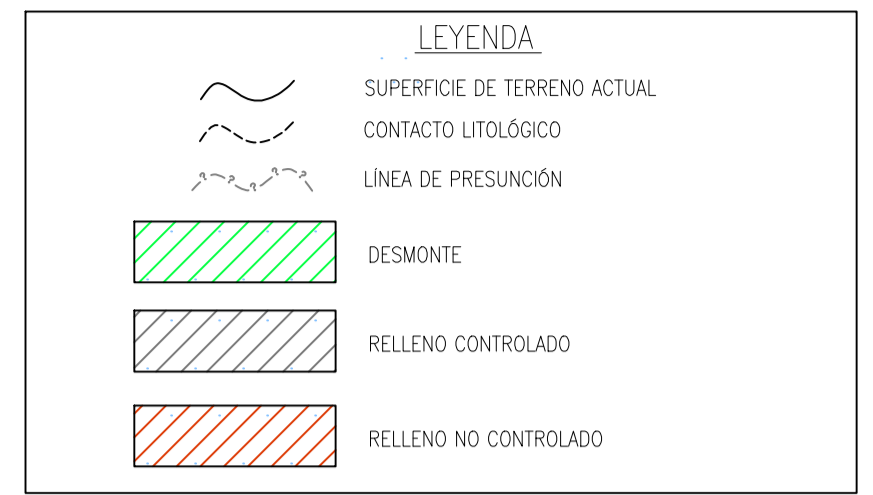
LABORÓ:	REVISÓ:	ESCALA:	REV.:	PLANO N°:
R.O.M.	R.O.M.	1/2500	A	IG-02
DIBUJO:	APROBO:	FECHA:	TRABAJO:	
R.O.M.	D.R.R.	DICIEMBRE-2016	ING-UNACEM-02	

PLANTA  
ESC. = 1:2500





**SECCION**  
ESC.=1:2000



**SECCION**  
ESC.=1:2000



**NOTAS :**

- 1.- LA ESCALA GRÁFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE
- 2.- DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO LO INDICADO.
- 3.- LA TOPOGRAFÍA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN DICIEMBRE 2016.
- 4.- LA CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SE DETERMINO MEDIANTE EL ESTUDIO DE ESTABILIDAD TALOS Y BOTADEROS DE DESMONTE (UNIDAD ATOCONGO), DESARROLLADA POR ANDES (FEBRERO 2014).
- 5.- SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84-ZONA 18S.

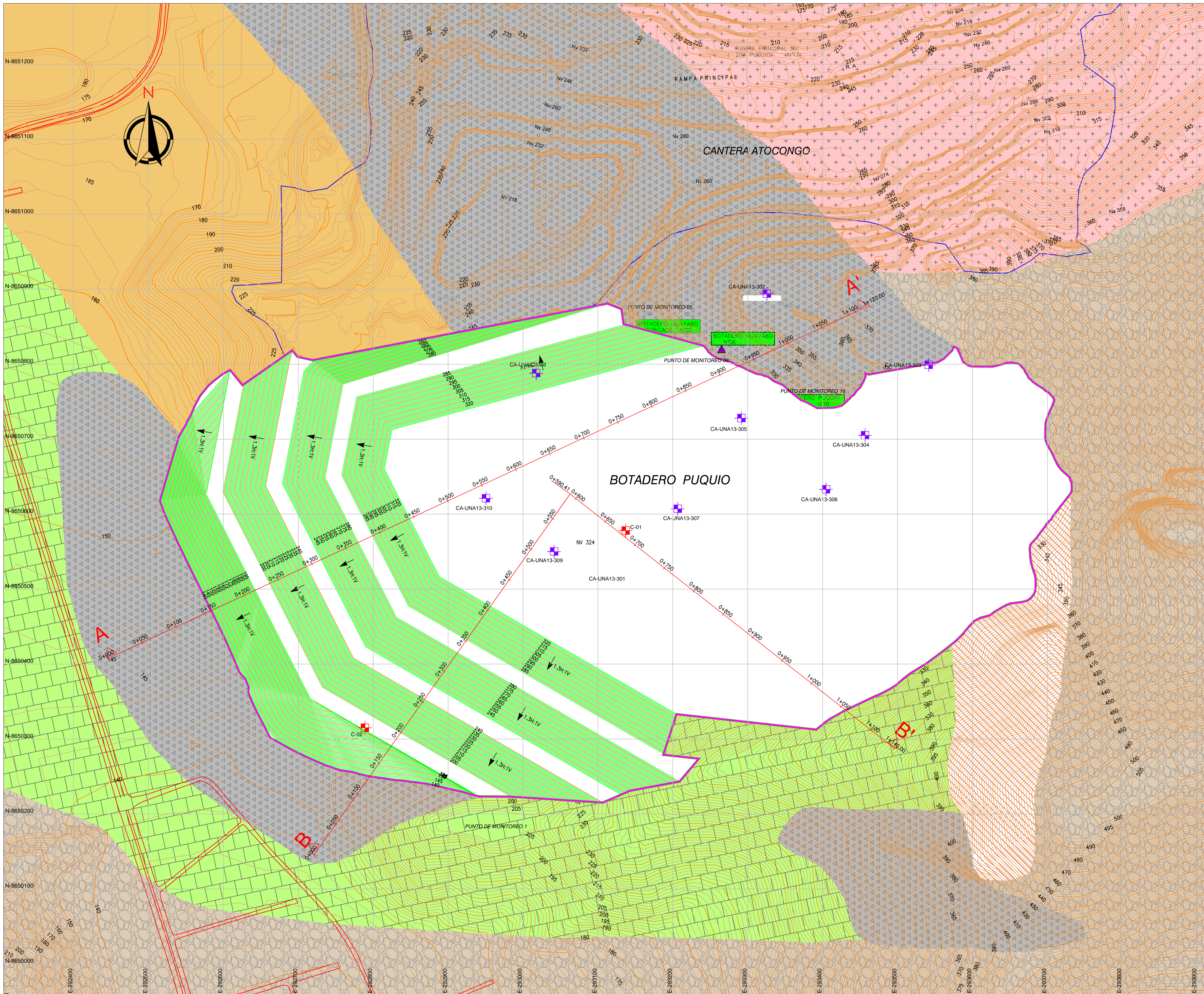
A	14/12/2016	SECCIONES ACTUALES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS A-A' Y B-B', R.O.M.	D.R.R.
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO APROBO



**PROYECTO:** ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL BOTADERO PUQUIO - UNIDAD ATOCONGO

**TÍTULO:** SECCIONES ACTUALES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS A-A' Y B-B'

<b>ACOMISA</b> <small>Asesoría y Consultoría Minera S.A. Calle Pío José María N°169 Torres de Lumbaco San Borja, Lima</small>	ELABORÓ: R.O.M.	REVISÓ: R.O.M.	ESCALA: 1/2000	REV. : A	PLANO N°: IG-03
	DIBUJO: R.O.M.	APROBO: D.R.R.	FECHA: DICIEMBRE-2016	TRABAJO: ING-UNACEMG-03	



**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL PRINCIPAL
- CURVAS DE NIVEL SECUNDARIO
- CURVAS DE NIVEL PRINCIPAL PROYECTADO
- CURVAS DE NIVEL SECUNDARIO PROYECTADO
- VIA
- HITO TOPOGRAFICOS
- PERIMETRO DEL BOTADERO DE DESMONTE PUQUIO
- PERIMETRO DEL TAJO
- SECCIONES
- CALICATAS CODIGO CA-UNA13-301 (ANDES, JULIO 2013)
- CALICATAS CODIGO C-01 (ACOMISA, DICIEMBRE 2016)
- DESMONTE
- RELLENO CONTROLADO
- RELLENO NO CONTROLADO

**UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS**

- UNIDAD GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA I (DEPÓSITO COLUVIAL):  
SUELO GENERADO POR METEORIZACIÓN. TRANSPORTADOS POR LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD. CONSTITUIDOS POR GRAVAS MAL GRADADAS A GRAVAS LIMOSAS, MARRÓN AMARILLENTO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA CON GRAVAS SUBANGULOSAS DE TM=2.5".
- UNIDAD GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA II (DEPÓSITO ALUVIAL):  
SUELO CONFORMADO POR ARENA MAL GRADADA CON LIMO Y GRANA, DE PLASTICIDAD NULA, MUY SUELTAS A SUELTAS, LIGERAMENTE HÚMEDAS, DE COLOR MARRÓN CLARO. ESTRUCTURA HOMOGÉNEA, GRANA SUBANGULOSAS. POTENCIA PROMEDIO 2,00 m.
- UNIDAD GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA IV (BASAMENTO ROCOSO): CALIZA  
ESTA ROCA PRESENTA UN GRADO DE RESISTENCIA MEDIANAMENTE DURA (R3.0-R4.0), RQD PROMEDIO EQUIVALENTE A 72%, LIGERAMENTE ALTERADA, MODERAMENTE FRACTURADA, JUNTAS CON PÁTINAS DE ÓXIDOS Y CON UNA CALIDAD GEOMECÁNICA DE MALA A REGULAR, SEGÚN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL RMR BÁSICO.
- VOLCÁNICO ANDESITICO  
ESTA ROCA PRESENTA UN GRADO DE RESISTENCIA MEDIANAMENTE DURA (R3.5-R4.0), RQD PROMEDIO EQUIVALENTE A 71%, LIGERAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE FRACTURADA, JUNTAS CON PÁTINAS DE ÓXIDOS Y CON UNA CALIDAD GEOMECÁNICA DE MALA A REGULAR, SEGÚN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL RMR BÁSICO.
- MONZOGRANODIORITA  
ESTA ROCA PRESENTA UN GRADO DE RESISTENCIA ALTA A MUY ALTA (R4.0 A R5.0), POCO FRACTURADA A FRACTURADA RQD (50% A 90%), MUY ALTERADA A LIGERAMENTE ALTERADA Y CON UNA CALIDAD GEOMECÁNICA DE REGULAR A BUENA, SEGÚN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL RMR BÁSICO.



- NOTAS :**
- 1.- LA ESCALA GRÁFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE
  - 2.- DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO LO INDICADO.
  - 3.- LA TOPOGRAFÍA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN DICIEMBRE 2016.
  - 4.- LA CARACTERIZACIÓN DEL MAJIZO ROCOSO Y BOTADEROS DE DESMONTE (UNIDAD ATOCONGO), DESARROLLADA POR ANDES (FEBRERO 2014).
  - 5.- SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84-ZONA 18S.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
A	14/12/2016	PLANO PROYECTADO GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS	R.O.M.	D.R.R.



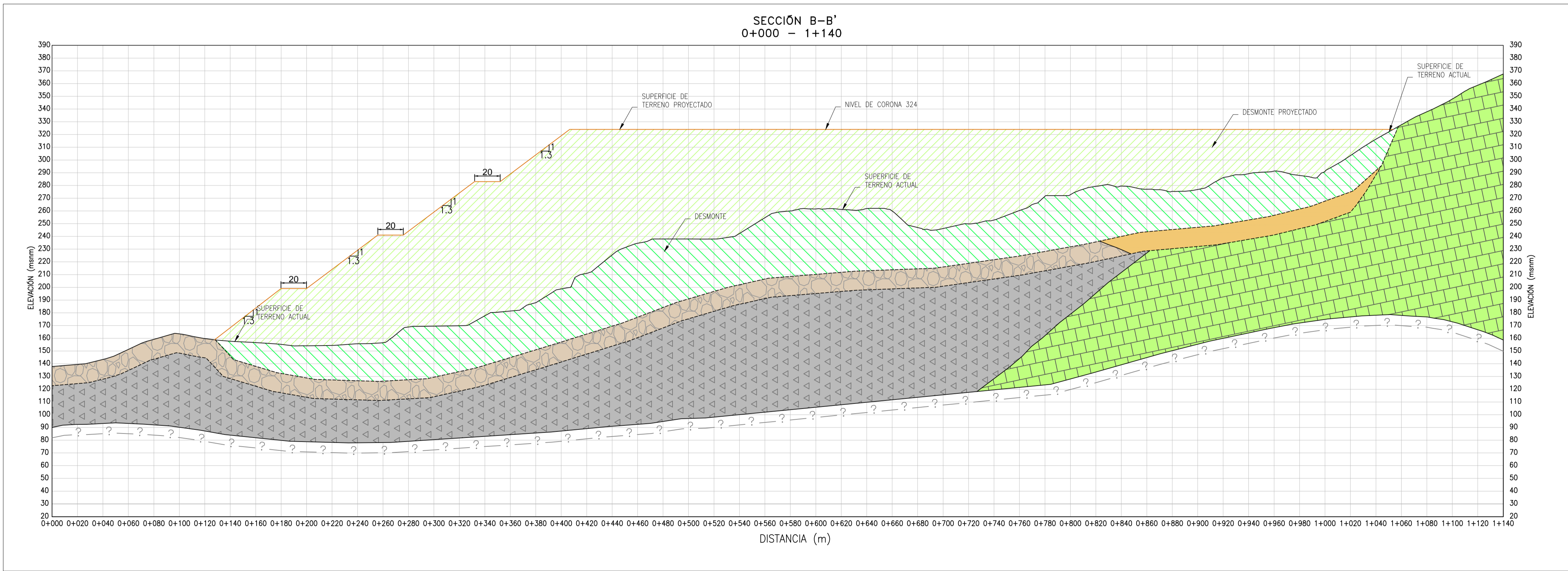
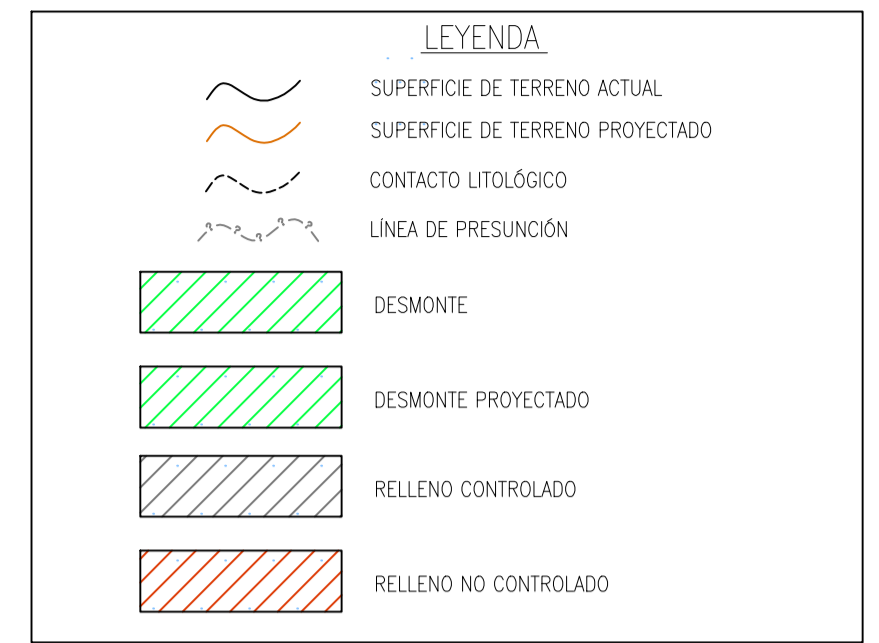
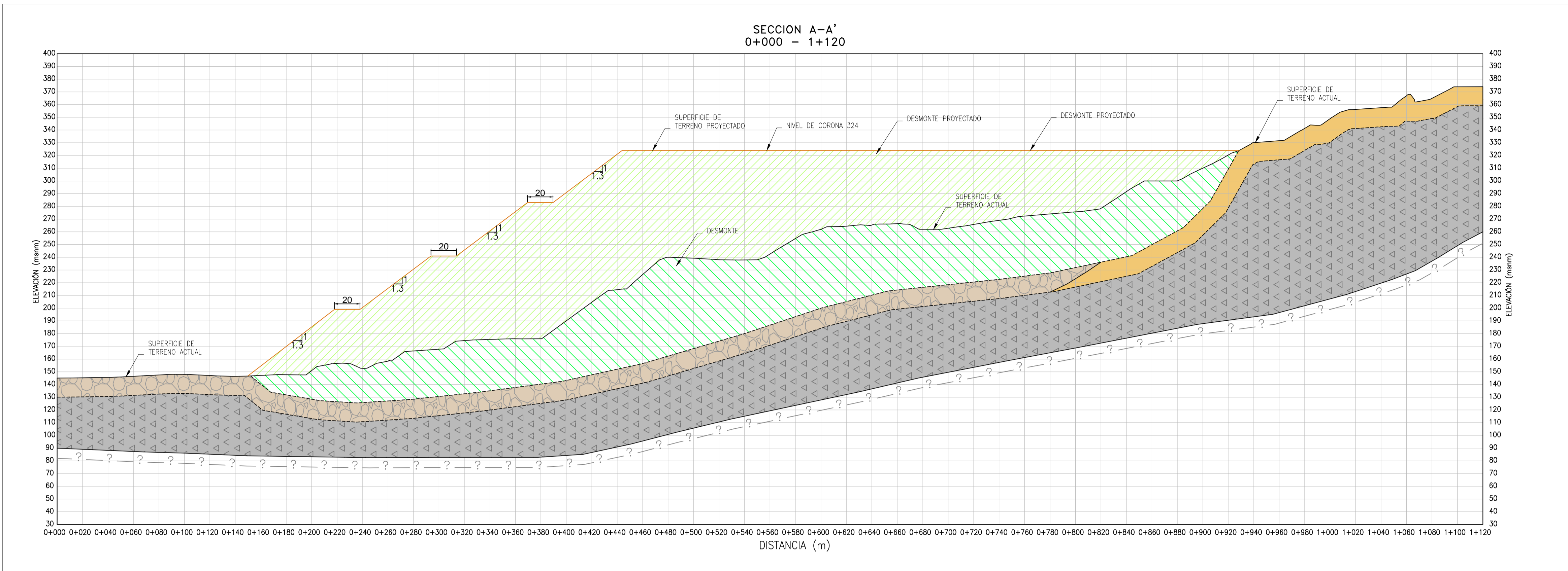
**PROYECTO:** ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL BOTADERO PUQUIO - UNIDAD ATOCONGO

**GEOLOGÍA - GEOTÉCNICA**

**TÍTULO:** PLANO PROYECTADO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

LABORÓ:	REVISÓ:	ESCALA:	REV.:	PLANO N°:
R.O.M.	R.O.M.	1/2500	A	IG-04
DIBUJO:	APROBO:	FECHA:	TRABAJO:	
R.O.M.	D.R.R.	DICIEMBRE-2016	ING-UNACEM-04	

PLANTA  
ESC. = 1:2500



- NOTAS :**
- LA ESCALA GRÁFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE
  - DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO LO INDICADO.
  - LA TOPOGRAFÍA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN DICIEMBRE 2016.
  - LA CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SE DETERMINO MEDIANTE EL ESTUDIO DE ESTABILIDAD TALOS Y BOTADEROS DE DESMONTE (UNIDAD ATOCONGO), DESARROLLADA POR ANDES (FEBRERO 2014).
  - SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84-ZONA 18S.

A	14/12/2016	SECCIONES PROYECTADAS GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS-A' Y B-B'	R.O.M.	D.R.R.
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO



**PROYECTO:** ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL BOTADERO PUQUIO - UNIDAD ATOCONGO

**TÍTULO:** SECCIONES PROYECTADAS GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS A-A' Y B-B'

<b>ACOMISA</b> Asesoría y Consultoría Minero S.A. Calle Pío, Joaquín Muñoz N°169 Torres de Lumbaco, San Borja, Lima	<b>ELABORÓ:</b> R.O.M.	<b>REVISÓ:</b> R.O.M.	<b>ESCALA:</b> 1/2000	<b>REV.:</b> A	<b>PLANO N°:</b> IG-05
	<b>DIBUJO:</b> R.O.M.	<b>APROBO:</b> D.R.R.	<b>FECHA:</b> DICIEMBRE-2016	<b>TRABAJO:</b> ING-UNACEM-05	