

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

CONTROL AMBIENTAL Y GEOTÉCNICO DEL  
PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV DE LA  
MINA CUAJONE

TESIS

Presentada por

Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Saire

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO

TACNA - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA  
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia  
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia

TESIS

“CONTROL AMBIENTAL Y GEOTÉCNICO DEL PAD DE LIXIVIACIÓN  
FASE IV DE LA MINA CUAJONE”

Tesis sustentada y aprobada el 27 noviembre del 2019, con el siguiente jurado

Presidente

:   
ING. PIO ÁNGEL COILA VALDEZ

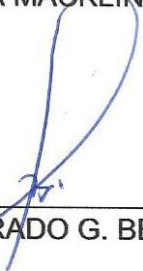
Miembro – Secretario

:   
MGR. FREDY CLETO CABRERA OLIVERA

Miembro

:   
MGR. GINA MACKLINA CHAMBI TAPAHUASCO

Asesor de Tesis

:   
MSC. CONRADO G. BEDOYA JAÉN

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Manuel Leopoldo Cuellar Gonzales y Vicenta Saire Alvarado que en todo momento me apoyaron incondicionalmente. Asimismo, por haberme inculcado los valores y competencias que contribuyeron con mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, hermanos y mi hijo que me apoyaron en las decisiones que tomé, a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, mi alma mater y a los docentes que me apoyaron a lo largo de mi vida y de mi formación profesional.

## RESUMEN

La mina Cuajone está ubicada al sur del Perú, en el Departamento de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto, Distrito de Torata, a una altitud aproximada de 3 500 m.s.n.m. La compañía Minera Southern Perú desarrolló el proyecto Pad de Lixiviación en su Fase IV con capacidad de procesar 6 millones de toneladas de material lixiviable con la finalidad de mantener la producción actual en la unidad operativa Cuajone. Toda la plataforma del nuevo Pad, se emplazará sobre los siguientes trabajos principales movimiento de tierras, relleno estructural, relleno con material de baja permeabilidad, instalación de materiales texturados (geomembrana, GCL, geotextil y geocompuesto). Implementando los controles ambientales y geotécnicos, evitará la contaminación tanto del suelo como del agua. El sistema de subdrenaje es un control ambiental que permite coleccionar y conducir los flujos de agua subterránea y la solución en caso se rompa la geomembrana y se filtre la solución. La capa del suelo de baja permeabilidad es una capa impermeable de 0,30 m, cumple con la función de una barrera que evitará se contamine el suelo y el agua subterránea, la conductividad hidráulica (permeabilidad) presenta un índice de  $1,47 \times 10^{-7}$  m/s lo cual indica de a ver una filtración de solución mineralizada por rotura de la geomembrana el suelo se contaminará en más de 23,62 días para poder reparar la geomembrana rota o parar la lixiviación.

**Palabras clave:** control ambiental, geotécnico, Pad de lixiviación.

## **ABSTRACT**

The Cuajone mine is located in southern Peru, in the Department of Moquegua, Mariscal Nieto Province, Torata District, at an altitude of approximately 3 500 m.a.s.l. The company Minera Southern Peru developed the Leaching Pad project in its Phase IV with the capacity to process 6 million tons of leachable material in order to maintain the current production in the Cuajone operating unit. The entire platform of the new Pad will be located on the following main works of earthworks, structural filling, filling with low permeability material, installation of textured materials (geomembrane, GCL, geotextile and geocomposite), thus implementing environmental and geotechnical controls, which will prevent contamination of both soil and water. The sub-drainage system is an environmental control that allows collecting and conducting groundwater flows and the solution in case the geomembrane is broken and the solution is filtered. The low permeability soil layer is an impermeable layer of 0.30 m, fulfills the function of a barrier that will prevent contamination of the soil and groundwater, the hydraulic conductivity (permeability) has an index of  $1.47 \times 10^{-7}$  m / s which indicates to see a filtration of mineralized solution by rupture of the geomembrane the soil will be contaminated in more than 23.62 days to be able to repair the broken geomembrane or stop leaching.

**Keywords:** environmental control, geotechnical, leaching pad.

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT .....	vi
CONTENIDO .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivos generales.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Hipótesis .....	3
1.5. Variables .....	3
1.5.1. Variables independientes: Características geotécnicas .....	3
1.5.2. Variable dependiente: Construcción del Pad de Lixiviación .....	4

1.6.	Justificación.....	5
1.7.	Caracterización o tipo del diseño de investigación .....	6
1.7.1.	Acciones y actividades para la ejecución del proyecto.....	6
1.7.2.	Materiales y/o instrumentos:.....	6
1.7.3.	Población y/o muestra de estudio:.....	6
1.7.4.	Técnicas y métodos de recolección de datos: .....	7
1.8.	Procesamiento y análisis de datos: .....	7
 <b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>		<b>8</b>
2.1.	Antecedentes: .....	8
2.2.	Bases teóricas.....	9
2.3.	Monitoreo ambiental .....	9
2.4.	La geología y geomorfología .....	10
2.4.1.	Geología.....	10
2.4.1.1.	La geología investiga:.....	10
2.4.1.2.	Geología como ciencia básica: .....	11
2.4.1.3.	Geología aplicada.....	12
2.4.2.	Geotecnia: .....	12
2.4.3.	Geomorfología.....	12
2.4.3.1.	Áreas específicas .....	13

2.4.4.	Geofísica .....	18
2.5.	Geotecnia.....	19
2.5.1.	Historia de la geotecnia .....	19
2.5.2.	Conceptos .....	20
2.5.3.	Capacidad portante .....	22
2.5.3.1.	Capacidad de carga a corto y a largo plazo.....	23
2.5.3.2.	Fórmula de Terzaghi.....	24
2.6.	Estabilidad de taludes .....	26
2.6.1.	Tipos de inestabilidad.....	27
2.6.1.1.	Desprendimientos o desplomes.....	27
2.6.1.2.	Corrimientos .....	28
2.6.2.	Causas de la inestabilidad.....	29
2.7.	Coeficiente de seguridad.....	30
2.7.1.	Efecto del agua.....	33
2.7.1.1.	A corto plazo (sólo en terreno cohesivo):.....	33
2.7.1.2.	A largo plazo (régimen hidrostático - alternativa 1): .....	34
2.7.1.3.	A largo plazo (régimen hidrostático - alternativa 2): .....	34
2.8.	Métodos de cálculo .....	35
2.8.1.	Método del talud indefinido.....	36

2.8.2. Método del círculo de rozamiento .....	38
2.8.3. Métodos de fajas o rebanadas.....	40
2.9. Sistematización del cálculo.....	42
2.10. Ábacos de Taylor .....	43
2.10.1. Análisis a corto plazo.....	44
2.10.2. Análisis a largo plazo.....	45
2.11. Sistemas de corrección.....	46
2.11.1. Sobre el agua superficial .....	47
2.11.2. Sobre el agua freática.....	47
2.12. Gestión de riesgo .....	52
2.12.1. Introducción.....	52
2.12.2. Marco teórico.....	53
2.12.2.1. Peligrosidad (P).....	53
2.12.2.2. Vulnerabilidad (V) .....	55
2.12.2.3. Riesgo (R) .....	58
2.12.3. Control geotécnico.....	60
2.12.4. Definiciones conceptuales: .....	61
<b>CAPÍTULO III: GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>65</b>
3.1. Ubicación y accesibilidad .....	65

3.2.	Accesibilidad .....	65
3.3.	Condiciones climatológicas .....	66
3.4.	Aspectos socioeconómicos .....	66
3.5.	Geomorfología y geología regional y local.....	67
	3.5.1. Geomorfología regional .....	67
	3.5.2. Geología regional .....	67
	3.5.3. Geología estructural .....	68
	3.5.4. Geomorfología local .....	71
	3.5.5. Geología local .....	71
	3.5.6. Geología estructural .....	74
	3.5.6.1. Falla Incapuquio .....	74
	3.5.6.2. Falla Micalaco.....	75
	3.5.6.3. Falla Viña Blanca.....	76
	3.5.6.4. Falla Botiflaca.....	77
3.6.	Riesgos geológicos .....	78
3.7.	Sismicidad.....	78
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS GEOTÉCNICO.....</b>		<b>82</b>
4.1.	Ensayos de laboratorio.....	82
	4.1.1. Ensayo de suelo de baja permeabilidad .....	83

4.1.2.	Ensayo grava para sub drenaje .....	83
4.1.3.	Ensayo de relleno estructural .....	84
4.2.	Descripción geotécnica de la cimentación .....	84
4.2.1.	Perfil estratigráfico.....	85
4.2.2.	Nivel freático.....	85
4.2.3.	Nivel de cimentación .....	86
4.3.	Definición de los parámetros geotécnicos.....	87
4.3.1.	Mineral lixiviado .....	87
4.3.2.	Descripción de cantera .....	89
4.3.3.	Relleno estructural.....	89
4.3.4.	Depósito coluvio - deluvial.....	91
4.3.5.	Depósito eluvial .....	92
4.3.6.	Interface suelo de baja permeabilidad - geomembrana .....	94
4.3.7.	Interface GCL - Geomembrana .....	96
4.3.8.	Basamento rocoso.....	96
4.3.9.	Resumen de parámetros .....	97
4.4.	Análisis de estabilidad física de taludes .....	98
4.4.1.	Metodología de análisis.....	100
4.4.2.	Criterios de análisis .....	101

4.4.3.	Condiciones analizadas.....	102
4.4.4.	Resultados obtenidos .....	104
4.4.5.	Análisis de deformaciones permanentes .....	106
4.5.	Instrumentación geotécnica.....	109
4.5.1.	Inclinómetro vertical.....	110
4.5.1.1.	Materiales.....	110
4.5.1.2.	Instalación.....	112
4.5.2.	Piezómetro hidráulico .....	114
4.5.3.	Hitos de control topográfico .....	115
4.6.	Desarrollo del Pad.....	116
4.6.1.	Interpretación de resultados .....	119
4.6.1.1.	Sistema de subdrenaje .....	119
4.6.2.	Capa suelo de baja permeabilidad.....	119
4.6.3.	Capa de geomembrana .....	120
4.6.4.	Instrumentación geotécnica .....	120
<b>CAPÍTULO V: CONTROLES AMBIENTALES .....</b>		<b>122</b>
5.1.	Sistema de subdrenaje.....	122
5.1.1.	Construcción del sistema de subdrenaje .....	123
5.1.2.	Materiales para el sistema de subdrenaje .....	125

5.1.2.1. Tuberías .....	125
5.1.2.2. Geotextil .....	128
5.1.2.3. Grava de drenaje.....	130
5.2. Capa de baja permeabilidad.....	132
5.2.1. Materiales.....	133
5.2.2. Construcción de la capa de suelo de baja permeabilidad.....	136
5.3. Capa de geocompuesto .....	137
5.3.1. Propiedades del geocompuesto .....	138
5.3.2. Colocación del geocompuesto .....	139
5.4. Capa de GCL .....	140
5.4.1. Propiedades del GCL .....	141
5.4.2. Colocación del GCL.....	142
5.4.3. Capa de geomembrana .....	144
5.4.4. Propiedades de la geomembrana .....	144
5.4.4.1. Resina de geomembrana .....	145
5.4.4.2. Rollos de geomembrana .....	146
5.4.4.2. Cordones de soldadura .....	152
5.4.5. Colocación de la geomembrana .....	152

<b>CAPÍTULO VI: MUESTREO Y MONITOREO DE DATOS.....</b>	<b>154</b>
CONCLUSIONES.....	156
RECOMENDACIONES.....	162
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	165
ANEXOS .....	169

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Coeficientes de seguridad de cimentaciones.	32
Tabla 2.	Tipos de vulnerabilidad y los daños o pérdidas ocasionados.	57
Tabla 3.	Parámetros estadísticos de resistencia al corte (Bowles, 1980).	93
Tabla 4.	Envolvente de falla no lineal de la Interfase Geomembrana/Suelo de Baja Permeabilidad.	95
Tabla 5	Resumen de parámetros de resistencia de los materiales.	98
Tabla 6.	Resumen de los análisis de estabilidad.	105
Tabla 7.	Resultados del análisis de deformaciones Permanentes.	107
Tabla 8.	Propiedades de la tubería HDPE de Pared Doble.	126
Tabla 9.	Propiedades de rigidez y peso de la tubería HDPE de Pared Doble.	127
Tabla 10.	Propiedades del geotextil no tejido.	129
Tabla 11.	Especificaciones para Grava Drenaje.	132
Tabla 12.	Especificaciones para capa de suelo de baja permeabilidad.	134
Tabla 13.	Propiedades de la Geonet.	138

Tabla 14.	Propiedades del geocompuesto.	139
Tabla 15.	Propiedades del GCL para PAD de lixiviación.	142
Tabla 16.	Especificaciones de la resina.	145
Tabla 17.	Propiedades para geomembrana SST de LLDPE DE 1,5 MM.	148
Tabla 18.	Propiedades para geomembrana LISA de HDPE de 1,5 MM.	150
Tabla 19.	Especificaciones para los elementos extruidos o cordones.	152
Tabla 20.	Los 8 puntos de monitoreo (Coordenadas UTM, Zona 18S sistema referencia WGS84.	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de equilibrio de fuerzas.	37
Figura 2	Círculo de falla de un talud.	39
Figura 3.	Método de las rebanadas.	41
Figura 4.	Isovalores de factores de seguridad.	42
Figura 5	Variación del círculo de falla en función a la geometría del talud y tipo de suelo.	43
Figura 6.	Talud de corte.	44
Figura 7.	Dibujo del círculo profundo pésimo.	45
Figura 8.	Ábaco de Taylor para estabilidad de taludes.	45
Figura 9.	Sistemas de corrección de taludes.	46
Figura 10.	Sistemas de corrección utilizando drenes.	47
Figura 11.	Galería en la ladera de un embalse.	48
Figura 12.	Pozos verticales para disminuir el nivel freático.	48
Figura 13.	Medidas correctoras.	50
Figura 14.	Pantallas elásticas.	51
Figura 15.	Pantalla dinámica elástica.	51
Figura 16.	Pantalla dinámica plástica.	52
Figura 17.	Geología regional de cuajone.	70
Figura 18.	Plano geológico local.	73
Figura 19.	Falla Viña Blanca y Falla Botiflaca.	77

Figura 20. Mapa de zonificación de peligro sísmico a nivel de 81  
provincia.

Figura 21. Ubicación de cantera mina 1 y mina 2. 135

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

La compañía Minera Southern Perú desarrolla el Proyecto Pad de Lixiviación Cuajone en su fase IV, el cual comprende la construcción de un nuevo Pad con capacidad para procesar 6 millones de toneladas de material lixiviable con la finalidad de mantener la producción actual en la unidad Operativa de Cuajone.

Toda la plataforma del nuevo Pad de lixiviación en su fase IV, etapa III, se emplazará sobre una superficie aproximada de 170 000 m<sup>2</sup>, el suelo de cimentación superficialmente está constituido por depósitos permeables a semi permeables por lo que la construcción del Pad de Lixiviación Fase IV en la mina Cuajone durante su operación contaminará el medio ambiente específicamente el suelo y el agua, por lo tanto, se deberá emplazar medidas de Control Ambiental y Geotécnico para evitar la contaminación.

## **1.2. Formulación del problema**

La implementación de controles ambientales y geotécnicos, ¿Evitará la contaminación ambiental tanto del agua como el suelo en el Pad de lixiviación Fase IV de la mina Cuajone?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivos generales**

Analizar las características geológicas-geotécnicas de la zona de emplazamiento del Pad de lixiviación Fase IV, con la finalidad de implementar las medidas de control ambiental y geotécnico.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar Geomorfológica y Geológicamente el área de estudio, para planificar las investigaciones geotécnicas de manera racional.
- Caracterizar el suelo y roca de cimentación para determinar el grado de permeabilidad, capacidad portante y analizar la estabilidad de los taludes de corte en condiciones estáticas pseudo-estáticas para establecer las medidas de controles ambientales y geotécnicos conocer si el Pad de lixiviación Fase IV colapsaría.

- Obtener Título Profesional de Ingeniero Geólogo Geotécnico.

#### **1.4. Hipótesis**

La implementación de controles ambientales y geotécnicos evitará la contaminación ambiental tanto del agua como el suelo en el Pad de lixiviación Fase IV de la mina Cuajone.

#### **1.5. Variables**

##### **1.5.1. Variables independientes: Características geotécnicas**

###### **Dimensiones:**

- a) Peligro Geotécnico
- b) Vulnerabilidad del Pad

###### **Indicadores**

- a) Capacidad Portante
- b) Estabilidad de Taludes

###### **Escala de medición**

- a) Capacidad portante se mide en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- b) Ángulo de fricción en grados ( $^\circ$ )
- c) Cohesión se mide kilo pascal (KPa)
- d) Peso específico ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

d) Factor de Seguridad es adimensional (FS)

### **1.5.2. Variable dependiente: Construcción del Pad de Lixiviación**

#### **Dimensiones**

##### **a) Riesgo constructivo**

- Contaminación del suelo
- Contaminación del agua

#### **Indicadores**

a) Tipo y nivel de cimentación

b) Taludes de corte

#### **Escala de medición**

a) La profundidad de la cimentación se mide en metros (m)

b) Inclinación de los Taludes: horizontal vs vertical (h/v)

## 1.6. Justificación

La presente investigación se justifica por las siguientes razones:

- **Desde el aspecto del sísmico** porque, según (Tavera & Bernal, 2005) el Perú ubicado en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico presenta un alto potencial sísmico debido ello al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana donde se producen altas fricciones entre ambas placas generando sismos de alta magnitud y con relativa frecuencia en la deformación interna de ambas placas, siendo los sismos más destructores los que se producen a niveles superficiales.
- **Desde el aspecto de la construcción;** es un criterio de inspección para determinar niveles que consiste en encontrar un material competente, no cedente y con una compacidad mínima de medianamente densa, que permita soportar cargas transmitidas por el apilamiento del mineral y así evitar asentamientos significativos.
- **Desde el aspecto ambiental y social,** ya que el cuidado del medio ambiente es muy importante para el desarrollo sostenible de las comunidades, por lo que se justifica la investigación para determinar si el Pad de Lixiviación Fase IV

de la mina Cuajone contaminaría el suelo y el agua, lo cual perjudicaría el desarrollo de las comunidades cercanas a la operación minera.

### **1.7. Caracterización o tipo del diseño de investigación**

Se desarrollará una investigación Descriptiva.

#### **1.7.1. Acciones y actividades para la ejecución del proyecto**

- Verificación de los planos de diseño.
- Control de calidad durante la construcción de proyecto.
- Monitoreo de parámetros ambientales.

#### **1.7.2. Materiales y/o instrumentos:**

- Laboratorio de mecánica de suelos para verificar los parámetros físicos químicos de los materiales empleados durante la construcción del Pad de lixiviación.
- Laboratorio de análisis químicos para ensayo de las muestras tomadas en campo.

#### **1.7.3. Población y/o muestra de estudio:**

Se realizará un muestreo aleatorio de muestras de suelo y agua.

#### **1.7.4. Técnicas y métodos de recolección de datos:**

La recopilación de datos se realizará durante la etapa de construcción del Pad de lixiviación, de los ensayos de laboratorio, y en la etapa de operación durante el monitoreo de datos.

#### **1.8. Procesamiento y análisis de datos:**

El procesamiento de datos se realizará en el software DigiPro2 para el monitoreo de los inclinómetros.

Para el procesamiento de datos de laboratorio se utilizará el Microsoft Excel 2016.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes:**

Los problemas de contaminación ambiental específicamente el suelo, aire y agua, es un cuestionamiento muy frecuente que tienen las operaciones mineras por parte de las poblaciones comunales que se encuentran aledañas a las operaciones mineras.

Para mejorar las relaciones comunitarias, las operaciones mineras están aplicando controles ambientales para evitar la contaminación del suelo, aire y agua, cumpliendo así con los requisitos ambientales establecidos por el Ministerio de Energía y Minas y difundirlos para mejorar las relaciones con las comunidades.

Los desastres geológicos ocurridos en operaciones mineras como deslizamientos y derrumbes, los cuales ocasionan mucha contaminación ambiental, daños materiales y personales, las operaciones mineras ahora aplican controles geotécnicos para monitorear y poder prevenir estos desastres.

## **2.2. Bases teóricas**

Los problemas sociales entre las comunidades y las concesiones mineras son actualmente muy frecuentes en nuestro país, debido a problemas ambientales, los cuales por falta de difusión y desconocimiento de los métodos de control ambiental que se aplican en el desarrollo de las actividades mineras, es que no se pueden solucionar estos problemas, por lo cual presentamos este proyecto de tesis para contribuir con la solución de esta problemática.

## **2.3. Monitoreo ambiental**

Es una acción que se despliega con la misión de conocer cuál es, cómo se encuentra, el estado de cosas en materia ambiental de un entorno y por tanto resulta ser una actividad de gran ayuda en lo que respecta al cuidado del medio ambiente ya que del resultado que arroje ese relevamiento que implica el monitoreo sabremos a ciencia cierta cuál es la situación concreta.

En el monitoreo ambiental se observarán con detenimiento todos aquellos factores, contaminantes o elementos dañinos (sustancias químicas, toxinas, bacterias, virus, entre otros, presentes en un espacio determinado, ya sea un área de trabajo, una región territorial, por ejemplo.

Y por otra parte también se ocupará de ofrecernos un pantallazo acerca de cuál es la situación de conservación de los recursos naturales de aquel lugar que se estudia.

Básicamente el monitoreo lo que hace es medir el grado de toxicidad presente en los mencionados espacios, si es grave, muy grave o prácticamente nulo y con esta información en mano, luego, poder implementar un plan que ataque en concreto el problema.

Como sabemos, la contaminación ambiental es una amenaza flagrante por estos días y entonces, el monitoreo ambiental aparece en el horizonte de las políticas tendientes a combatir este difícil escenario como una esperanza para poder rebatir este estado de cosas lamentable para la humanidad y el planeta.

## **2.4. La geología y geomorfología**

### **2.4.1. Geología**

Ciencia que estudia la composición y estructura interna de la TIERRA, los procesos que se producen en ella y su Historia.

#### **2.4.1.1. La geología investiga:**

- Origen de la Tierra
- Evolución Histórica, cambios que han actuado desde su origen hasta el presente.

- Composición y estructura de los materiales que conforman.
- Procesos que la caracterizan y la
- Morfología.

#### **2.4.1.2. Geología como ciencia básica:**

##### **A. Ejes principales:**

- Mineralogía
- Petrología
- Geomorfología
- Estratigrafía
- Tectónica
- Geología Estructural
- Sedimentología

##### **B. Ramas específicas:**

- Vulcanología
- Paleontología
- Glaciología
- Sismología
- Metalogenia
- Gemología
- Geología del Cuaternario.

#### **2.4.1.3. Geología aplicada**

- Saberes científicos y técnicos, al servicio de las necesidades del hombre.
- Incorporando saberes del área necesarios para su desarrollo.
- Considerando factores de riesgo.
- Gestión.
- Proyección.

#### **2.4.2. Geotecnia:**

- Construcción de canales, carreteras.
- Construcción de obras hidráulicas.
- Estabilidad de obras e infraestructura en general.
- Riesgos.

#### **2.4.3. Geomorfología**

Etimológicamente Geomorfología deriva del griego geo = tierra, morphos = forma logos = estudio.

Es la ciencia que se ocupa de la forma de la Tierra y explica su génesis. La geomorfología se define como la ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se preocupa de las interacciones entre varios materiales y procesos (Schumm, 1991).

La geomorfología entiende y estudia el relieve del planeta como un sistema dinámico producto de la interacción de fuerzas internas y externas.

Las fuerzas internas dan origen a las grandes elevaciones y depresiones que presenta el relieve terrestre.

Las fuerzas externas originan procesos de meteorización - erosión, transporte y sedimentación, cada uno con características particulares.

La geomorfología se relaciona con otras ciencias de la Tierra, con ciencias biológicas y antropología.

#### **2.4.3.1. Áreas específicas**

**a. Geomorfología climática:** estudia la influencia del clima en el desarrollo del relieve. El clima representa el tipo de modelado predominante: glacial, eólico, fluvial y litoral.

- Geomorfología fluvial: se encarga del estudio de los accidentes geográficos, formas y relieves ocasionados por la dinámica fluvial.
- Geomorfología de laderas: estudia los fenómenos producidos en las vertientes de las montañas, así como también estudia los movimientos en masa, y estabilización de taludes. Se relaciona con el estudio de riesgos naturales.

- Geomorfología eólica: se encarga de los procesos y las formas de origen eólico, en las zonas litorales, los desiertos y las zonas polares.
- Geomorfología glaciar: estudia las formaciones y los procesos de los accidentes geográficos, formas y relieves glaciares y periglaciares.
- Geomorfología litoral: estudia las formas del relieve propias de las zonas costeras.

#### **b. Geomorfología estructural**

Está relacionada al estudio del relieve originado a partir de la litología y de las diferentes estructuras de las rocas, así como de sus transformaciones.

Estudia el relieve originado por procesos endógenos pero que aún no ha sido alterado por procesos exógenos.

Prioriza la influencia de estructuras geológicas en el desarrollo del relieve.

Esta disciplina es muy relevante en zonas de marcada actividad geológica donde fallas y plegamientos son predominantes.

### **c. La Geomorfología aplicada**

Se ocupa de relacionar los conceptos geomorfológicos para estudiar y dar soluciones a problemas relacionados con manejo de recursos, gestión y planificación ambiental.

Otros autores la definen como el estudio de la interacción del hombre, el relieve y el paisaje.

La geomorfología aplicada puede dividirse en 2 áreas:

- Una que estudia al hombre como agente geomorfológico.
- Segunda como herramienta para el estudio de la planificación y construcción ingenieril.

### **d. Relación con gestión ambiental**

Información de base

- Interacción humano-ambiente
- Planificación territorial
- Estudios interdisciplinarios

Se Genera Información:

- Riesgos geológicos
- Estudios geotécnicos
- Presencia y calidad de agua superficial y subterránea.
- Vulnerabilidad a la contaminación
- Caracterización y distribución de los recursos rocas –minerales.

- Patrimonio Geológico – Cultural.
- Mapas 1:25 000 a 1:250 000 junto a los informes.

#### **e. Caracterización del relieve**

La morfología es entendida como la configuración de la superficie o corteza externa es decir las características del relieve. Estas características permiten identificar formas de ocurrencia y exposición genéricas y específicas según su origen, naturaleza, dinamicidad, etc. conocidas como geoformas o formas del relieve con las que se relacionan los procesos y fenómenos morfodinámicos que las tipifican, afectan y/o resultan de ellas.

La geomorfología nos representa las formas topográficas del terreno, aunque la mayoría de ellas son producto de los agentes de erosión y sedimentación que actúan en la superficie terrestre, algunas se deben a la acción de fuerzas subterráneas. A esta última categoría pertenecen los volcanes, las coladas de lava, las escarpas de fallas, etc.

De las formas topográficas resultantes de la erosión y de la sedimentación, las que se proyectan hacia arriba (colinas, etc.) son positivas y las que tienen naturaleza de depresiones son negativas. Aquellas que se reconocen como efecto directo del desgaste son

destructivas y las que fueron edificadas por procesos de acumulación son constructivas.

Las formas topográficas destructivas están en inmediata dependencia de la resistencia relativa de los materiales erosionados.

La estructura infrayacente es de valor secundario, aunque, como es natural, gobierna la forma y distribución de los elementos topográficos. Las formas constructivas se hallan casi siempre situadas en regiones más bajas que aquellas de donde proceden los materiales. Esto, por supuesto a que los productos de erosión son por lo general arrastrados hacia abajo.

La identificación y clasificación de las unidades morfológicas está condicionada a la escala sobre la cual se piensa realizar el análisis geomorfológico, la extensión del área de estudio está íntimamente relacionada con la clasificación geomorfológica que se pretende utilizar, por lo que es necesario aplicar una clasificación basada en la escala de trabajo. Así tenemos:

**Geoformas de Primer Orden.** Denominada también como sistema de terreno y abarca extensiones muy grandes, comprende denominaciones tales como cordillera, llanuras, altiplanicies, etc.

**Geoformas de Segundo Orden.** Agrupan a las geoformas de extensión relativamente más pequeñas, generalmente utilizadas a

escala regional tales como terrazas, valles, montañas, cañones, a estas geoformas se les puede considerar como los rasgos del terreno.

**Geoformas de Tercer Orden.** En este grupo se consideran a las formas topográficas del terreno y constituyen formas como colinas, valles, llanuras de inundación, escarpas, todos ellos agrupados viene a ser elementos del terreno.

En el presente trabajo se utiliza las Geoformas de Tercer Orden para identificar el relieve.

#### **2.4.4. Geofísica**

El método geofísico utilizado en la presenta tesis es el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) que consiste en determinar el parámetro de resistividad a profundidad, mediante la inyección de corriente eléctrica en el subsuelo y la medición del potencial resultante a través de un arreglo electródico tetraelectródico.

El Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) como método geofísico de corriente directa (DC) es muy utilizado por su sencillez y la relativa economía instrumental apropiado para la adquisición en campo.

Para la aplicación del método en campo, se distribuyen los electrodos con un orden definido, denominado dispositivo electródico.

En la técnica Schlumberger, el arreglo consiste en cuatro electrodos alineados y simétricos respecto al centro de sondeo, utilizando la separación entre los electrodos de potencial, que es pequeña en relación con los electrodos de corriente ( $AB/5 > MN > AB/20$ ).

## **2.5. Geotecnia**

Es la rama de la geología y a su vez, recibe aportes de la ingeniería civil (con la que se entrelaza) que se ocupa de la aplicación de los principios geológicos en la investigación de materiales naturales - como rocas- que forman la corteza terrestre que participan en el diseño, construcción y operación de proyectos de ingeniería civil, como carreteras, ferrocarriles, puentes, presas, oleoductos, acueductos, unidades de vivienda, sitios de confinamiento y edificios en general.

### **2.5.1. Historia de la geotecnia**

A partir del siglo XVIII los problemas relacionados con las cimentaciones y otros aspectos geotécnicos son estudiados de una forma más metódica.

Entre principios del siglo XVIII y mediados del siglo XX, la historia de la Ingeniería Geotécnica suele dividirse en cuatro épocas:

#### **a. Periodo pre-clásico (1700-1776)**

1ª etapa de la Mecánica de Suelos clásica (1776-1856)

2ª etapa de la Mecánica de Suelos clásica (1856-1910).

**b. Mecánica de suelos moderna (1910- años '30/'40)**

Karl von Terzaghi (1883- 1963), se le considera el “padre” de la Mecánica de Suelos.

En 1925 publica Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer y enuncia la Ley de las Tensiones Efectivas.

En 1943 publica el texto Theoretical Soil Mechanics. En 1948, en colaboración con Ralph B. Peck publica Soil Mechanics in Engineering Practice.

**2.5.2. Conceptos**

A pesar de las diferencias conceptuales, existe un cuerpo de conocimiento común entre la ingeniería geotécnica, la geología y la edafología.

Una roca, es un material geológico con mucha mayor cohesión que un suelo.

La división entre suelo y roca es completamente arbitraria y muchos materiales geológicos comunes pueden ser clasificados de las dos maneras (rocas blandas o suelos duros).

La Mecánica de Suelos es una rama de la Ingeniería Geotécnica que se ocupa del estudio del comportamiento y propiedades geotécnicas de los suelos.

La Mecánica de Rocas, es una rama de la Ingeniería Geotécnica que se ocupa del estudio y del comportamiento y las propiedades geotécnicas de las rocas.

El conocimiento exacto de las propiedades mecánicas del suelo y las condiciones ambientales y físicas, donde se pretende construir, son el mejor medio de prevención de los desastres naturales que pueden causar graves daños a las obras civiles y los seres humanos que los habitan.

Por ello, los ingenieros geotécnicos, además de entender cabalmente los principios de la mecánica y de la hidráulica, necesitan un claro y adecuado dominio de los conceptos fundamentales de la geología y la geofísica. Es de especial importancia conocer las condiciones bajo las cuales determinadas rocas fueron creadas o depositadas así como su adecuada clasificación, su edad en millones de años, y los posteriores procesos estructurales o diagenéticos (procesos metamórficos, de sustitución, cristalización, plegamientos, fallamientos etc.) que han sufrido.

Los ingenieros geotécnicos también investigan el riesgo para los seres humanos, las propiedades y el ambiente de fenómenos naturales o propiciados por la actividad humana tales como deslizamientos de terreno, hundimientos de tierra, flujos de lodo (mudflow) y caída de rocas (procesos de remoción en masa), así como medidas para mitigar este riesgo, como diseños de estructuras de contención (anclajes y muros), control de aguas de infiltración y de escorrentía en el medio geológico (subdrenes, cunetas, filtros).

### **2.5.3. Capacidad portante**

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por tanto, la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.

Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible.

De manera análoga, la expresión capacidad portante se utiliza en las demás ramas de la ingeniería para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma.

#### **2.5.3.1. Capacidad de carga a corto y a largo plazo**

Las propiedades mecánicas de un terreno suelen diferir frente a cargas que varían (casi) instantáneamente y cargas cuasi permanentes. Esto se debe a que los terrenos son porosos, y estos poros pueden estar total o parcialmente saturados de agua.

En general los terrenos se comportan de manera más rígida frente a cargas de variación quasinstantánea ya que éstas aumentan la presión intersticial, sin producir el desalojo de una cantidad apreciable de agua. En cambio, bajo cargas permanentes la diferencia de presión intersticial entre diferentes partes del terreno produce el drenaje de algunas zonas.

En el cálculo o comprobación de la capacidad portante de un terreno sobre el que existe una construcción debe atenderse al corto plazo (caso sin drenaje) y al largo plazo (con drenaje). En el comportamiento

a corto plazo se desprecian todos los términos excepto la cohesión última, mientras que en la capacidad portante a largo plazo (caso con drenaje) es importante también el rozamiento interno del terreno y su peso específico.

### 2.5.3.2. Fórmula de Terzaghi

Según Terzaghi (1943), propuso una fórmula sencilla para la carga máxima que podría soportar una cimentación continua con carga vertical centrada, apoyada sobre la superficie de un suelo dada por:

$$\frac{p_u}{b} = qN_q + cN_c + \frac{\gamma b}{2}N_\gamma$$

Dónde:

$P_u$  = carga vertical máxima por unidad de longitud.

$q$  = Sobrecarga sobre el terreno adyacente a la cimentación.

$c$  = Cohesión del terreno.

$b$  = ancho transversal de la cimentación

$\gamma$  = Peso específico efectivo (ver tensión efectiva) del terreno.

$N_q(\varphi), N_c(\varphi), N_\gamma(\varphi)$ , = Coeficientes dependientes de ángulo de rozamiento interno, para las que Terzaghi sugirió

algunas aproximaciones particulares, como por ejemplo  
 $N \approx 5,0$

Anteriormente (Prandtl, 1920) había resuelto el problema para una cimentación de longitud infinita y ancho  $b$  sobre un terreno arcilloso con ángulo de rozamiento nulo y peso despreciable, obteniendo:

$$(N_c, N_q, N_\gamma) = (2 + \pi, 1, 1) \Rightarrow \frac{p_u}{b} = (2 + \pi)c + q$$

La fórmula de Terzaghi por tanto generaliza el cálculo de Prandtl para la capacidad portante a corto plazo. La fórmula (1) es aplicable tanto al largo plazo como a corto plazo:

Capacidad portante a corto plazo o no-drenada. En este caso se puede tomar  $N_q \approx \gamma$  y se puede despreciar el peso del terreno, pero debe tomarse como cohesión como la resistencia al corte no drenada  $c = c_D$ .

Capacidad portante a largo plazo o drenada. En este caso se toma la cohesión como resistencia al corte drenado, y debe considerarse las variables como función del ángulo de rozamiento interno.

La fórmula de Prandtl fue mejorada por Skempton para tener en cuenta la longitud finita ( $L$ ) de las cimentaciones rectangulares reales, y el hecho de que se encuentran a una profundidad finita ( $D$ ), la fórmula Skempton es:

$$p_u \approx 5c \left(1 + 0.2 \frac{b}{L}\right) \left(1 + 0.2 \frac{D}{L}\right) + q$$

## 2.6. Estabilidad de taludes

El campo de la estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería geológica - geotécnica. La inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones:

Razones geológicas: laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.

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

Obras de ingeniería: rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería.

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que

presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta.

"En las primeras etapas de estudio es precisa la presencia del geólogo para hacer un reconocimiento a nivel macro del terreno, para lo cual es deseable que vaya acompañado de un geotecnista. En estos términos resultan ser una buena opción que este trabajo sea realizado precisamente por un ingeniero geólogo, quien combina conocimientos de geología y geotecnia" NAG - 2013.

## **2.6.1. Tipos de inestabilidad**

### **2.6.1.1. Desprendimientos o desplomes**

Son movimientos de inestabilidad producidos por falta de apoyo, englobando a una escasa cantidad de terreno. Suele tratarse de rocas que caen por una ladera, debido a la pérdida del apoyo que las sustentaba. Entre los desprendimientos o desplomes, se puede incluir el caso del desplome de una columna rocosa en un acantilado, debido a la erosión en la base del mismo, pueden ser ocasionados por la naturaleza o por la humanidad (Ramírez & Alejano, 1981).

### **2.6.1.2. Corrimientos**

Son movimientos que afectan a una gran cantidad de masa de terreno. Un tipo particular de corrimiento de tierra son los deslizamientos, que se producen cuando una gran masa de terreno o zona inestable, desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño espesor. Los deslizamientos se producen cuando en la franja se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos. Estos tipos de corrimiento son ingenierilmente evitables. Sin embargo, los siguientes no lo son:

Un flujo de arcilla se produce en zonas muy lluviosas afectando a zonas muy grandes. Los terrenos arcillosos, al entrar en contacto con el agua, se comportan como si alcanzasen el límite líquido, y se mueven de manera más lenta que los deslizamientos. Se da en pequeñas pendientes, pero en gran cantidad.

Licuefacción: se da en zonas de arenas limosas saturadas, o en arenas muy finas redondeadas (loess). Debido a la gran cantidad de agua intersticial que presentan, las presiones intersticiales son tan elevadas que un seísmo, o una carga

dinámica, o la elevación del nivel freático, pueden aumentarlas, llegando a anular las tensiones efectivas. Esto motiva que las tensiones tangenciales se anulen, comportándose el terreno como un «pseudolíquido». Se produce, entre otros terrenos, en rellenos mineros.

Reptación: movimiento muy lento que se da en capas superiores de laderas arcillosas, de en torno a 50 centímetros de espesor. Está relacionado con procesos de variación de humedad estacionales. Se manifiestan en forma de pequeñas ondulaciones, y suelen ser signo de una posible futura inestabilidad generalizada.

### **2.6.2. Causas de la inestabilidad**

Por cambio en las condiciones geométricas o de las acciones actuantes:

- Excavaciones
- Relleno.
- Erosión de la zona inferior (oleaje, arrastre fluvial, etc.).
- Cimentaciones de estructuras que no profundicen lo suficiente y apoyen sobre terreno potencialmente inestable.

- Elevación en el nivel freático (por cambios estacionales u otras causas).
- Acciones sísmicas.

## 2.7. Coeficiente de seguridad

En el análisis de taludes se plantea la hipótesis de que este cociente se mantiene constante en todos los puntos de la superficie que se estudia.

Este cociente se define como coeficiente de seguridad al deslizamiento (o al corte) particular dicha superficie. Al mantenerse constante puede establecerse una definición equivalente: cociente entre la fuerza resistente máxima que el terreno puede desarrollar a lo largo de la superficie (suma de todas las tensiones máximas) y la fuerza necesaria para equilibrar mecánicamente el peso y las acciones actuantes (suma de todas las tensiones existentes).

En una situación lejana a la rotura la tensión tangencial de los puntos de cualquier superficie de un talud es menor que la tensión máxima posible, por lo que:

$$\frac{c + \sigma \cdot \text{tang } \phi}{\tau} > 1$$

En el análisis de taludes se plantea la hipótesis de que este cociente se mantiene constante todos los puntos de la superficie que se estudia.

Este cociente se define como coeficiente de seguridad al deslizamiento (o al corte) particular de dicha superficie. Al mantenerse constante puede establecerse una definición equivalente: cociente entre la fuerza resistente máxima que el terreno puede desarrollar a lo largo de la superficie (suma de todas las tensiones máximas) y la fuerza necesaria para equilibrar mecánicamente el peso y las acciones actuantes (suma de todas las tensiones existentes).

$$\frac{c.l + N.tang \phi}{T}$$

Siendo  $l$  la longitud de la línea estudiada y  $N$  la suma de las tensiones normales  $\sigma$ .

El coeficiente de seguridad de un talud corresponde al valor menor de este cociente entre todos aquellos que han proporcionado las superficies posibles. A éste se le define como coeficiente de seguridad del talud "F". A la línea que lo proporciona se le denomina superficie pésima.

Si el terreno tuviera un valor de los parámetros resistentes ( $c^*$  y  $\phi^*$ ) igual a los reales ( $c$  y  $\phi$ ) afectados por el coeficiente de seguridad al deslizamiento del talud, de la forma:

$$c^* = \frac{c}{F} \qquad \text{tang } \phi^* = \frac{\text{tang } \phi}{F}$$

El talud estaría en situación de rotura.

El valor del coeficiente de seguridad depende de la importancia de la obra y de los daños inherentes a la rotura del talud. Se recomienda, para procesos permanentes a largo plazo valor superior a 1,4, y preferiblemente por encima de 1,5. Puede reducirse a valores de 1,3 en situaciones transitorias, e incluso a valores menores, de 1,1 a 1,2, en situaciones accidentales (p.e. solicitaciones sísmicas).

Tabla 1.

Coeficientes de seguridad de cimentaciones

COMBINACIÓN DE ACCIONES	COEFICIENTE NORMAL	COEFICIENTE REDUCIDO
Casi permanente (*)	$F_1 \geq 1,50$	$F_{1,red} \geq 1,30$
Característica	$F_2 \geq 1,30$	$F_{2,red} \geq 1,20$
Accidental	$F_3 \geq 1,10$	$F_{3,red} \geq 1,05$

Fuente: Apuntes de Ingeniería Civil

## Datos necesarios para el análisis de estabilidad

Se requiere conocer:

- Geometría y orientación del talud, considerando una sección (o secciones) representativa, de forma que con ella se obtengan los valores críticos.
- Definición de las capas o estratos de terreno existentes.
- Parámetros resistentes a corto ( $c_u$ ) y largo plazo ( $c$  y  $\phi$ ), y  $\gamma$  de cada terreno.
- Situación del nivel freático si es que existe.
- Otras acciones, como cargas transmitidas por estructuras cimentadas en el talud o en su entorno.
- Existencia de elementos estructurales estabilizadores.
- Estructura de la roca: familias de discontinuidades, buzamiento y dirección de buzamiento, estado de las discontinuidades.

### **2.7.1. Efecto del agua**

#### **2.7.1.1. A corto plazo (sólo en terreno cohesivo):**

- Considerar el  $\gamma_{nat}$ . (Puede estar saturado) del terreno encima del N.F. y  $\gamma_{sat}$ . por debajo.

- El parámetro resistente es la resistencia al corte sin drenaje  $c_u$ .
- No deben considerarse presiones intersticiales a lo largo de la línea analizada.
- Si existe agua libre por encima del plano inferior del talud, hay que considerar el peso de esta agua gravitando sobre el terreno.

**2.7.1.2. A largo plazo (régimen hidrostático - alternativa 1):**

- Considerar el  $\gamma_{nat}$ . (Puede estar saturado) del terreno encima del N.F. y  $\gamma_{sat}$ . por debajo.
- Los parámetros resistentes son  $c$  y  $\phi$  (parámetros en efectivas).
- Deben considerarse presiones intersticiales a lo largo de la línea analizada.
- Si existe agua libre por encima del plano inferior del talud, hay que considerar el peso de esta agua gravitando sobre el terreno.

**2.7.1.3. A largo plazo (régimen hidrostático - alternativa 2):**

- Considerar el  $\gamma_{nat}$ . (Puede estar saturado) del terreno encima del N.F. y  $\gamma_{sum}$ . ( $\gamma_{sat} - \gamma_w$ ) por debajo.

- Los parámetros resistentes son  $c$  y  $\phi$ .
- No deben considerarse presiones intersticiales a lo largo de la línea analizada (puesto que ya están contempladas implícitamente al plantear y sum. bajo el N.F.).
- Aunque exista agua libre por encima del plano inferior del talud, no hay que considerar el peso del agua gravitando sobre el terreno (por la razón anterior).
- A largo plazo (en régimen de filtración).
- Si existe agua es el caso más frecuente.

Sólo debe utilizarse la alternativa 1

## 2.8. Métodos de cálculo

Principalmente los de equilibrio límite, que obtienen, en una superficie (\*) cualquiera estudiada, el valor de la fuerza resistente necesaria para alcanzar el equilibrio estricto de la masa de terreno limitada por dicha superficie. De la comparación de esta fuerza con el valor de la máxima fuerza resistente que la línea puede desarrollar se obtiene el coeficiente de seguridad.

En casi todos los métodos de equilibrio límite deben analizarse sucesivas líneas de rotura hasta encontrar la que

proporciona el valor del coeficiente de seguridad mínimo. Esto requiere un proceso de cálculo laborioso, por lo que el uso de estos métodos requiere, generalmente, el empleo de programas de ordenador.

Con estos métodos no se pueden conocer deformaciones y movimientos del terreno.

También pueden utilizarse métodos tensodeformacionales (elementos finitos) para el análisis de estabilidad de un talud.

(\*) Generalmente el análisis es bidimensional, por lo que la superficie deviene en una línea.

### **2.8.1. Método del talud indefinido**

Se utiliza en el estudio de estabilidad de laderas naturales que tienen un substrato rocoso (o terreno más resistente) paralelo a la superficie a una profundidad relativamente pequeña inestabilidad esperable de deslizamiento plano paralelo a la superficie del terreno.

Puede existir, o no, filtración paralela al talud.

En una franja de terreno de ancho "a" y profundidad "d" se tiene el siguiente esquema de fuerzas:

Por ser talud indefinido  $\rightarrow R$  es cte.

W, peso del terreno

$$W = a \cdot (\gamma_{nat} \cdot h_w + \gamma_{sat} \cdot (d - h_w))$$

$N'$ , suma de las tensiones efectivas  $\sigma$

$U$ , suma de las presiones de agua

$$U = a \cdot (d - h_w) \cdot \gamma_w \cdot \cos \beta$$

$T$ , suma de las tensiones tangenciales.

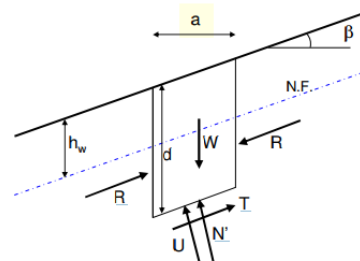


Figura 1: Diagrama de equilibrio de fuerzas

Planteando el equilibrio de fuerzas en la dirección de  $N'$  y de

$T$ , se obtiene:

$$N' + U = W \cdot \cos \beta \quad T = W \cdot \sin \beta$$

La fuerza tangencial máxima que se puede generar en la base de la franja es:

$$T_{max} = c \cdot a / \cos \beta + N' \cdot \tan \phi$$

El valor del coeficiente de seguridad es:

$$F = \frac{c \cdot \frac{a}{\cos \beta} + N' \cdot \tan \phi}{T}$$

Que al sustituir con las expresiones anteriores resulta la siguiente expresión:

$$F = \frac{c}{\text{sen } \beta \cdot \cos \beta \cdot (\gamma_{\text{nat}} \cdot h_w + \gamma_{\text{sat}} \cdot (d - h_w))} + \frac{\gamma_{\text{nat}} \cdot h_w + \gamma_{\text{sum}} \cdot (d - h_w)}{\gamma_{\text{nat}} \cdot h_w + \gamma_{\text{sat}} \cdot (d - h_w)} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

Que en el caso de no existir filtración se simplifica a:

$$F = \frac{c}{\text{sen } \beta \cdot \cos \beta \cdot \gamma_{\text{nat}} \cdot d} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

El coeficiente de seguridad disminuye al aumentar “d”. La línea pésima es la más profunda posible y coincide con la del substrato rocoso.

### 2.8.2. Método del círculo de rozamiento

En el caso de terreno homogéneo (o que pueda considerarse como tal sin grandes simplificaciones) se plantean líneas de rotura circular de centro O y radio R.

Hay que tantear diferentes líneas para obtener el coeficiente de seguridad mínimo

En cada una de ellas se tiene el siguiente esquema de fuerzas:

W, peso del terreno.

Pext, cargas y sobrecargas externas.

Subpresión U, suma de presiones intersticiales a lo largo de la línea analizada (Conocida).

Fuerza reactiva N', suma de las tensiones normales efectivas  $\sigma'$  (desconocida en valor y punto de aplicación)

Las presiones intersticiales y las tensiones  $\sigma'$  son perpendiculares a la línea estudiada. Al ser ésta circular pasan todas por el centro O, por lo que → Las fuerzas U y N' pasan por el centro O.

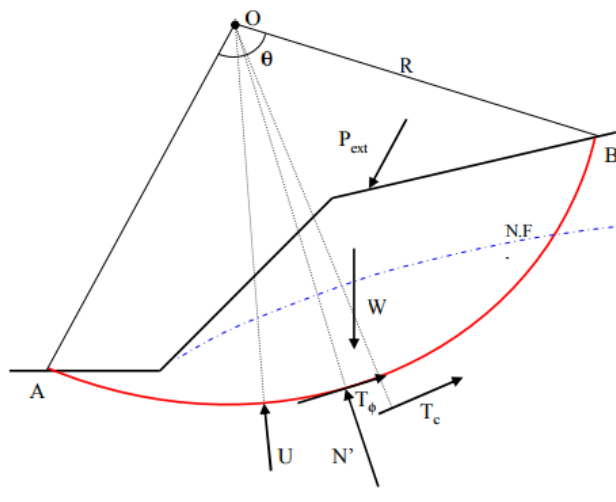


Figura 2: Círculo de falla de un talud

La Fuerza reactiva tangencial, que tiene dos componentes:

- Tc componente proporcionada por la cohesión c, de la que es fácil deducir su inclinación (paralela a la recta

que une puntos A y B), y cuya distancia al centro O resulta ser

$$R \cdot \frac{\theta}{2 \cdot \text{sen} \frac{\theta}{2}}$$

- La componente friccional  $T\phi$ , que debe ser perpendicular a la fuerza normal  $N'$ , pero no se conoce su distancia al centro O. Hay cuatro incógnitas (punto de aplicación de  $N'$ , valor de  $N'$ , distancia de  $T\phi$  al centro O y valor del coeficiente de seguridad) y sólo 3 ecuaciones de equilibrio ( $\Sigma F_{hor} = 0$ ,  $\Sigma F_{vert} = 0$ ,  $\Sigma M = 0$ ) → Hipótesis adicional para resolver el sistema → distancia de  $T\phi$  al centro O  $\equiv$  radio R.

### 2.8.3. Métodos de fajas o rebanadas

Para evitar la hipótesis respecto a la distancia de  $T\phi$ , racionalizando la distribución de tensiones tangenciales friccionales.

Posibilidad de estudio de terrenos heterogéneos, y en algunos casos análisis de líneas de rotura distintas a la circular.

Consisten en dividir la masa potencialmente deslizante en varias rebanadas verticales, de forma que la base de cada rebanada se encuentre en un terreno homogéneo. Su espesor

debe ser lo suficientemente pequeño para poder aproximar su fondo curvo a una recta.

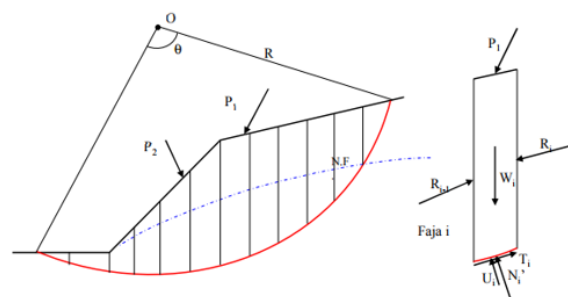


Figura 3: Método de las rebanadas

De la consideración en cada faja de una de las ecuaciones de equilibrio de fuerzas, junto con la del equilibrio global de momentos respecto al centro del círculo, se obtiene el coeficiente de seguridad.

Al existir más incógnitas que ecuaciones, se necesitan una serie de hipótesis que se plantean respecto a las fuerzas de interacción  $R$  entre fajas. Dependiendo de los tipo de hipótesis se tienen los diversos métodos (Fellenius, Bishop modificado, Janbu, Spencer, Mongenstern – Price y otros), citado por (Cabrera, F. 2018).

Los tres últimos permiten la utilización de líneas no circulares. El método de Bishop modificado es muy utilizado, dando resultados adecuados en cuanto al valor del coeficiente de seguridad.

Todos ellos necesitan la utilización de programas de ordenador.

Resultado de un caso real

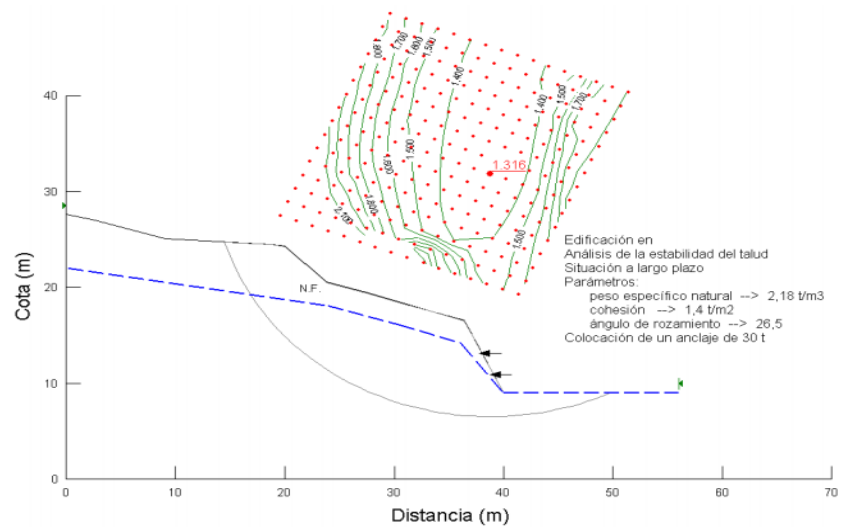


Figura 4: Isovalores de factores de seguridad

## 2.9. Sistematización del cálculo

Deslizamiento rotacional en taludes de altura finita, en suelos homogéneos (o cuya heterogeneidad no sea excesiva).

Círculo pésimo:

De pie (a)  $\rightarrow$   $\phi$  medio-alto o  $\beta$  alto

Profundos (b)  $\phi$  bajo y  $\beta$  medio - bajo

De pie profundo (a') → en situaciones intermedias, o existencia de estrato rígido relativamente superficial.

De talud (c) → Cambios de pendiente en el talud, existencia de estrato rígido relativamente superficial.

De pie (d) → Cambios de pendiente en el talud, Cohesión muy baja.

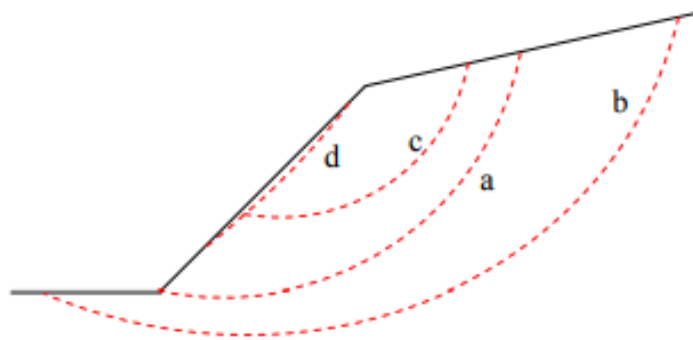


Figura 5: Variación del círculo de falla en función a la geometría del talud y tipo de suelo.

## 2.10. Ábacos de Taylor

Están basados en el método del círculo de rozamiento. Proporcionan para casos sencillos el resultado buscado de forma rápida. Para su utilización deben cumplirse las siguientes especificaciones:

- Terreno homogéneo, con o sin substrato resistente horizontal a una determinada profundidad bajo el pie del talud.

- Superficie de talud plana. Superficies de coronación y pie planas y horizontales.
- Ausencia de sobrecargas.

Permite:

- Análisis a corto plazo
- Análisis a largo plazo con ausencia de cualquier régimen hidráulico.

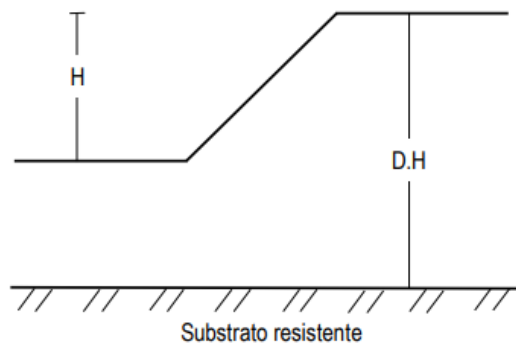


Figura 6: Talud de corte

### 2.10.1. Análisis a corto plazo.

El coeficiente de seguridad se obtiene dividiendo  $c_u$  del terreno entre el valor  $c^*$  que se obtiene del ábaco.

Las curvas  $n$  indican la distancia de afloramiento del círculo profundo al pie del talud.

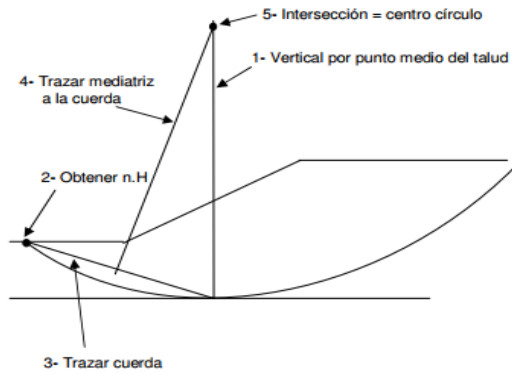


Figura 7: Dibujo del círculo profundo pésimo

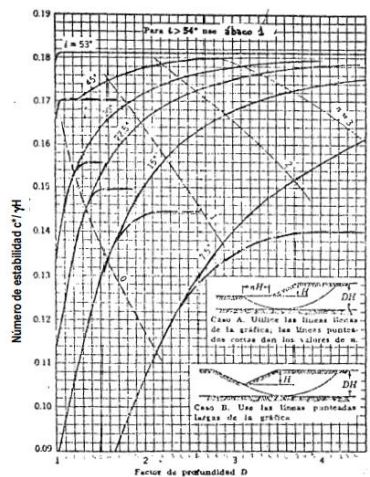


Figura 8: Ábaco de Taylor para estabilidad de taludes

### 2.10.2. Análisis a largo plazo.

Hay que entrar con un valor predeterminado del coeficiente de seguridad para calcular el valor del ángulo de rozamiento a introducir en el ábaco, y obtener de éste el valor de la cohesión.

El esquema es:

$F\phi \rightarrow \text{tang } \phi_{\text{ábaco}} = (\text{tang } \phi_{\text{terreno}}) / F\phi \rightarrow c_{\text{ábaco}} \rightarrow Fc = c_{\text{terreno}} / c_{\text{ábaco}}$

Este cálculo hay que hacerlo de forma iterativa hasta que  $F\phi \cong Fc$ .

En la práctica basta con 4 o 5 iteraciones.

### 2.11. Sistemas de corrección

Los sistemas de corrección minoran las acciones inestabilizadoras (gravitatorias o de filtración) y aumentan o mejoran las fuerzas estabilizadoras.

Para disminuir las fuerzas gravitatorias hay que corregir la geometría, reduciendo la pendiente del talud: descabezando, rebajando el ángulo de inclinación o mediante bermas.

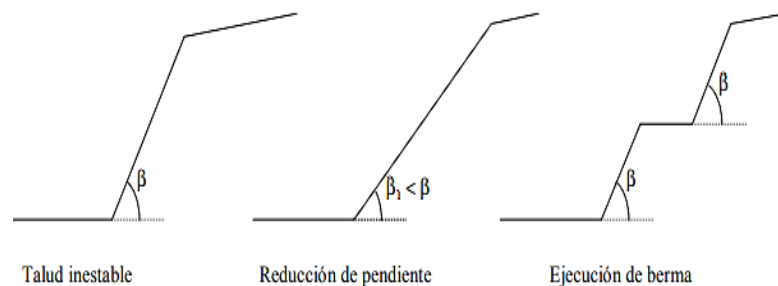


Figura 9: Sistemas de corrección de taludes

Para minorar el efecto inestabilizador del agua:

### 2.11.1. Sobre el agua superficial

- recogiendo y encauzando todas las fuentes existentes en el entorno del talud.
- cunetas en coronación para que la escorrentía de precipitación no afecte al talud.
- revegetalizar el talud si éste es definitivo.

### 2.11.2. Sobre el agua freática

- drenes californianos
- zanjas drenantes, ejecutadas en el frente del talud.

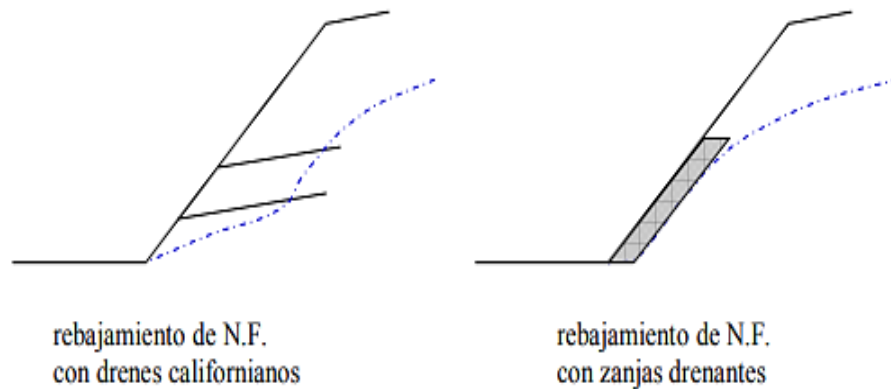


Figura 10: Sistemas de corrección utilizando drenes.

- Encachado
- Pozos (por bombeo o por gravedad)
- Galerías de drenaje

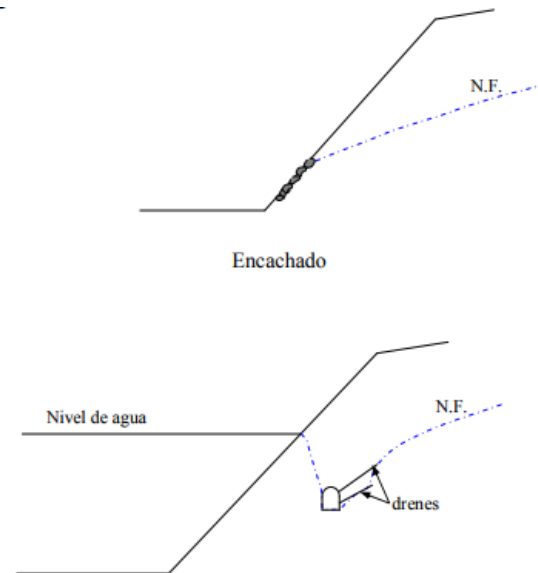


Figura 11: Galería en la ladera de un embalse

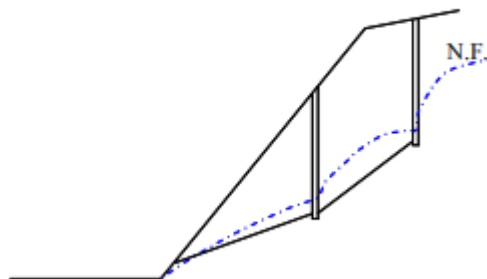


Figura 12: Pozos verticales para disminuir el nivel freático  
Aumentan las fuerzas estabilizadoras con elementos de contención o soporte.

Estructuras de contención en el pie del talud, apoyadas en terreno firme

- Muros de hormigón
- Muros de escollera o gaviones

- Pantallas

**a) Elementos trabajando a tracción:** anclajes o bulones.

Todo el bulbo de anclaje debe ubicarse en terreno estable. Muy utilizados en taludes rocosos. En suelos es frecuente construir muros de hormigón anclados a terreno firme.

**b) Elementos trabajando a cortante;** Deben profundizar sobradamente por debajo de la superficie pésima o de rotura.

- Pilotes anclados o no (o paneles de pantalla separados entre sí)
- Micropilotes (pueden requerir anclado en cabeza y estar inclinados para absorber  $F_{hor.}$ )
- Columnas de jet-grouting
- Carriles hincados. En general, en estabilización provisional de taludes (pueden requerir anclado en cabeza).

**c) Caídas de bloques**

- Problema local (no inestabilidad general)
- Posible degradación progresiva

**d) Medidas correctoras:**

- Evitar la formación y liberación de bloques

- Hormigón proyectado, mallazo
- Redes de cables y mallas ancladas
- Evitar despegue del paramento
- Mallas de guiado (triple torsión)
- Detener los bloques en su caída
- Pantallas estáticas
- Pantallas dinámicas (elásticas o plásticas)
- Detener los bloques en su caída
- Cunetones de recogida

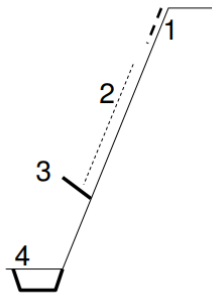


Figura 13: Medidas correctoras

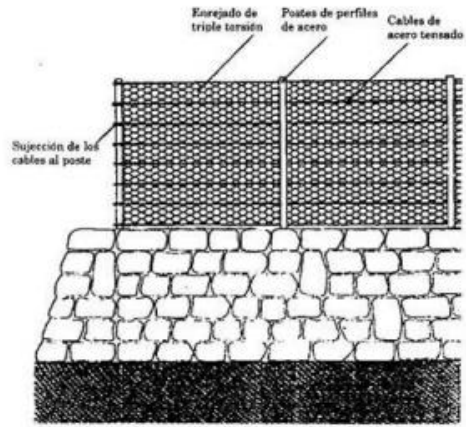


Figura 14: Pantallas elásticas

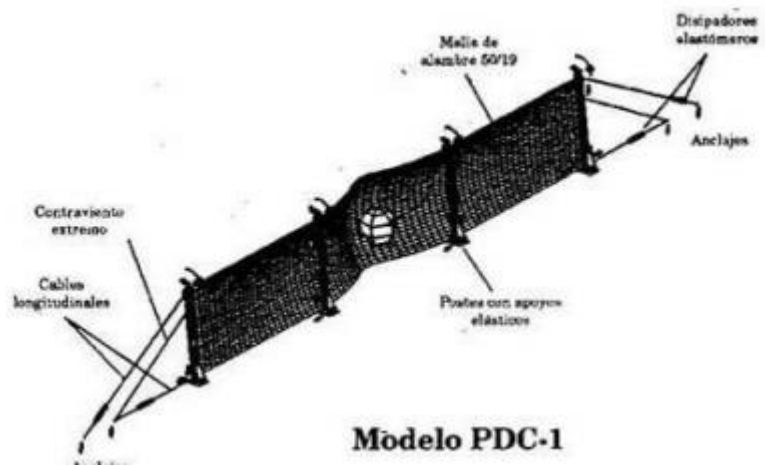


Figura 15: Pantalla dinámica elástica

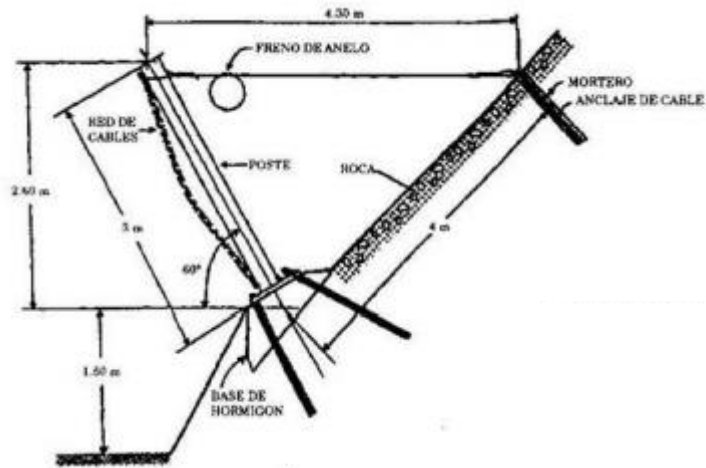


Figura 16: Pantalla dinámica plástica

## 2.12. Gestión de riesgo

### 2.12.1. Introducción

Los procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diferente magnitud y características, que pueden constituir riesgos geológicos al afectar, de una forma directa o indirecta, a las actividades humanas.

Fenómenos tan variados como la erosión, disolución, movimientos sísmicos, erupciones volcánicas y las precipitaciones pueden producir deslizamientos y desprendimientos de laderas, coladas de tierra y derrubios, hundimientos, subsidencias, etc. Estos movimientos del terreno son el reflejo del carácter dinámico del medio geológico y de la evolución natural del relieve, pero también pueden ser provocados o

desencadenados por el hombre al interferir con la naturaleza y modificar sus condiciones.

La ingeniería geológica, como ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas producidos por la interacción entre el medio geológico y la actividad humana, tiene una de sus principales aplicaciones en la evaluación, prevención y mitigación de los riesgos geológicos, es decir, de los daños ocasionados por los procesos geodinámicos.

Los problemas derivados de la doble interacción entre el medio geológico y las actividades humanas hacen necesario el planteamiento de actuaciones adecuadas para conseguir un equilibrio entre las condiciones naturales y la ocupación del territorio, incorporando los métodos de prevención y mitigación de los riesgos geológicos a la planificación. Estas actuaciones deben partir del conocimiento de los procesos geodinámicos y del comportamiento geomecánico del terreno.

## **2.12.2. Marco teórico**

### **2.12.2.1. Peligrosidad (P)**

Para evitar o reducir los riesgos geológicos e incorporar la influencia de éstos a la planificación y ocupación del territorio, es necesaria la evaluación de la peligrosidad. Para ello es necesario introducir su concepto. (Varnes, Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice., 1984) y (Barbat, 1998) la define de la manera siguiente:

La peligrosidad, P, (hazard) se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de un nivel de intensidad determinado, dentro de un período de tiempo determinado y dentro de un área específica.

La peligrosidad hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar. Para su evaluación es necesario conocer:

- Dónde y cuándo ocurrieron los procesos en el pasado.
- La intensidad y magnitud que tuvieron.
- Las zonas en que pueden ocurrir procesos futuros.
- La frecuencia de ocurrencia.

La peligrosidad según se ha definido, puede expresarse como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de determinada intensidad en un lapso de tiempo dado, pero también se puede expresar a partir del período de retorno T (años transcurridos entre 2 eventos o procesos de semejantes características), que es la inversa de la probabilidad anual de excedencia ( $P_a$ ).

$$T=1/P(a)$$

La probabilidad P de que un valor determinado de intensidad (por ejemplo un valor de aceleración en el caso de terremotos) correspondiente a un período de retomo medio T (años) sea extendido durante un período de tiempo determinado t puede expresarse como:

$$P= 1 - (1-1/T)^ t$$

La estimación de la peligrosidad se realiza a través de la confección de mapas de peligrosidad, las cuales se basan en la obtención y tratamiento de datos tomados en campo.

Existen diversas técnicas para elaborar este tipo de cartografías, pero, existe un principio que se utiliza sistemáticamente en todas ellas, es el principio del actualismo. Como expresa (Varnes, 1984) el estudio del pasado y del presente es la clave de lo que puede ocurrir en el futuro. Esto significa que los deslizamientos que puedan ocurrir, es probable que lo hagan en las mismas condiciones geológicas, geomórficas e hidrológicas que las de los deslizamientos antiguos.

#### **2.12.2.2. Vulnerabilidad (V)**

Es el grado de daños o pérdidas potenciales de un elemento o conjunto de elementos, provocado por la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. Depende de las características del elemento considerado (no de su valor económico) y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida o destrucción total del elemento) o entre 0 y 100% de daños.

Este parámetro suele definirse mediante las funciones de vulnerabilidad, que pueden ser establecidas a partir de los daños o pérdidas que los procesos han ocasionado en el pasado y/o en base a hipótesis de las pérdidas potenciales que ocasionarían los fenómenos si éstos ocurrieran.

En ambos casos hay que tener en cuenta la existencia de medidas actuales para la reducción o mitigación de los daños potenciales, que reducen la vulnerabilidad de los elementos expuestos. La vulnerabilidad puede clasificarse en Vulnerabilidad social, estructural y económica (Tabla 2).

Tabla 2

Tipos de Vulnerabilidad y los daños o Pérdidas Ocasionados

VULNERABILIDAD	DAÑOS O PÉRDIDAS	
<b>Social</b>	<p>Muertos y desaparecidos.</p> <p>Heridos y discapacitados.</p> <p>Personas sin Hogar.</p> <p>Personas sin trabajo.</p> <p>Epidemias y enfermedades.</p>	<p>La vulnerabilidad social depende de:</p> <p>La intensidad y velocidad del fenómeno</p> <p>La densidad de población.</p> <p>La vulnerabilidad estructural.</p> <p>El tiempo de aviso.</p> <p>Los sistemas de emergencia y respuesta</p>
<b>Estructural</b>	<p>Daños sobre edificios y estructuras.</p> <p>Daños sobre el contenido de los mismos.</p> <p>Pérdida de beneficios.</p> <p>Efectos sobre las personas.</p>	<p>La vulnerabilidad estructural depende de:</p> <p>La intensidad y velocidad del fenómeno.</p> <p>El tipo y características de las construcciones</p> <p>La concentración en áreas de población.</p>
<b>Económica</b>	<p>Daños directos:</p> <p>Costes de reposición, reparación o mantenimiento de estructuras, instalaciones o propiedades, sistemas de comunicación, electricidad, etc.</p> <p>Daños indirectos:</p> <p>Reducción del valor de los bienes.</p> <p>Interrupción de los sistemas de transporte.</p>	<p>Pérdida de productividad de suelo agrícola o industrial.</p> <p>Pérdida de ingresos por Impuestos.</p> <p>Pérdida en la productividad humana.</p> <p>Pérdida en beneficios comerciales.</p> <p>Pérdida en la recaudación de impuestos.</p> <p>Costes de medidas preventivas o de migración.</p> <p>Pérdida de calidad del agua y contaminación.</p>

Fuente: Varnes J.D. (1984)

### 2.12.2.3 Riesgo (R)

El concepto de riesgo, R, (risk) incorpora consideraciones socio-económicas, y se define: como las pérdidas potenciales debidas a un fenómeno natural determinado (vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, daños a edificios o estructuras, etc).

La evaluación del riesgo geológico resulta compleja, por ser compleja la evaluación de los términos que lo definen. El riesgo se evalúa a partir de la peligrosidad correspondiente a un determinado proceso (causa) y de los efectos del mismo sobre los elementos expuestos al peligro (consecuencias). Estos efectos sobre los elementos expuestos (edificios, infraestructuras, personas, bienes, etc.) pueden ser expresados por diferentes parámetros: vulnerabilidad, pérdidas, costes, exposición, etc. El riesgo está referido, como la peligrosidad, a un periodo de tiempo determinado, y se puede evaluar determinista o probabilísticamente.

**Riesgo específico (Rus):** significa el grado de pérdida esperado debido a un fenómeno natural. Se expresa como el producto de P por V.

**Elementos bajo riesgo (E):** Significa la población, propiedades, actividad económica etc., bajo riesgo en un área determinada.

Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir

las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona.

**Coste (C):** El coste o valor de los elementos bajo riesgo puede expresarse según diferentes criterios: coste de construcción de edificios o estructuras, coste de reparación de los daños causados, valor asegurado, etc.; también se pueden considerar los costes derivados de la interrupción de vías de comunicación, actividades económicas, servicios, etc.

**Riesgo Total (RT):** Corresponde al número de vidas pérdidas, personas damnificadas, daños a la propiedad, etc., debidas a un fenómeno natural concreto.

El riesgo total puede calcularse a partir de la expresión:

$$RT = (E) * (R_s) = (E) * (P * V)$$

Donde E son los elementos bajo riesgo; R<sub>s</sub> es el riesgo específico expresado como P por V; V es la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la acción del proceso y P es la peligrosidad del proceso considerado.

Algunos autores prefieren expresar el riesgo en función al coste por lo que usan la expresión:

$$RT = P * V * C$$

En este caso es posible la evaluación cuantitativa de las pérdidas.

Si cualquiera de los factores es nulo, el riesgo será nulo; así en una zona de peligrosidad muy elevada, el riesgo será cero si no existen elementos expuestos, o si la vulnerabilidad de los mismos es nula. El hombre puede incrementar el riesgo al ocupar zonas peligrosas, al incidir en la intensidad de los procesos o provocarlos y al construir estructuras y edificios vulnerables. El riesgo puede reducirse disminuyendo la peligrosidad (actuando sobre los factores que controlan los procesos en los casos en que sea posible) o la vulnerabilidad (actuando sobre los elementos expuestos al riesgo).

### **2.12.3. Control geotécnico**

Establecer una nueva metodología de control del riesgo de desprendimiento en taludes en operaciones mineras a cielo abierto, de modo que el ejercicio de dicho control por parte de los responsables sea más asidua y efectiva, a través de una mayor facilidad de aplicación que la obtenida mediante los métodos tradicionales que determinan el factor de seguridad.

Estas nuevas metodologías, de acuerdo con el nuevo enfoque de la seguridad laboral, amplían el análisis del riesgo no sólo a las condiciones de inestabilidad del talud sino también a la estimación de la probabilidad de que se produzcan daños sobre las personas y bienes.

#### **2.12.4. Definiciones conceptuales:**

##### **Suelo**

El suelo es la porción de la litosfera. Es la capa térrea sobre la cual crece la y que recubre gran parte de la superficie terrestre. Por ejemplo, las plantas terrestres necesitan obtener del suelo en donde viven, las sustancias necesarias para sobrevivir. En la del suelo se distinguen 2 clases de sustancias: sustancias minerales: granos de roca, arcilla, agua, aire y sales minerales; sustancias orgánicas: humus, flora y fauna de suelo.

##### **Aire**

Es la que se produce como consecuencia de la emisión de sustancias tóxicas. La contaminación del aire puede causar trastornos tales como ardor en los ojos y en la nariz, irritación y picazón de la garganta y problemas respiratorios. Bajo determinadas circunstancias, algunas sustancias químicas que se hallan en el aire contaminado pueden producir cáncer, malformaciones congénitas, daños cerebrales y trastornos del sistema nervioso, así como lesiones pulmonares y de las vías respiratorias. La polución del aire también provoca daños en el medio ambiente, habiendo afectado la flora arbórea, la fauna y los lagos. La contaminación también ha reducido el espesor de la capa de ozono. Además, produce el deterioro de edificios, monumentos, estatuas y otras estructuras.

## **Agua**

Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno (H<sub>2</sub>O).

## **Contaminación**

La contaminación es la alteración del estado óptimo del ambiente como consecuencia de la adición de sustancias que en condiciones normales no se encuentran presentes o que, si lo están, han aumentado o disminuido su cantidad normal. Algunas formas de contaminación pueden ser: la contaminación del aire, la contaminación del agua o del suelo.

## **Piezómetro hidráulico**

Los piezómetros son comúnmente utilizados para medir la presión del agua que puede ser inducida durante la construcción de la presa. Se utilizan también para medir la presión del agua y el nivel de la superficie freática causada por la infiltración del agua a través de porciones relativamente permeables del terraplén y la fundación. Dichas mediciones pueden llegar a ser críticas debido a posible tubificación u otras condiciones de inestabilidad o infiltración inducida, tales como elevaciones excesivas de la

presión hidrostática. Los piezómetros pueden ser diseñados para operar como sistemas abiertos o cerrados.

### **Inclinómetro vertical**

Los inclinómetros se usan para medir los movimientos laterales y su dirección en estribos, fundaciones, terraplenes y la consolidación inducida por el asentamiento de terraplenes y fundaciones. La medición de asentamientos a través del movimiento vertical del revestimiento del inclinómetro tiene en la actualidad mayor aplicación que el método del IVM. Así, la misma instalación permite medir simultáneamente asentamientos y movimientos laterales. El revestimiento del inclinómetro debe instalarse con juntas deslizantes, las cuales se acoplan a medida que avanza la construcción, situación que brinda la oportunidad para medir los asentamientos, o debe instalarse en perforaciones con juntas de empalme, en estribos o en terraplenes completos, si no se esperan asentamientos importantes.

### **Permeabilidad**

Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para este proyecto.

## **Pad de Lixiviación**

La pila o PAD de lixiviación es una estructura a manera de pirámide escalonada donde se acumula el mineral extraído. A este material se le aplica, a través de un sistema de goteo, una solución, la cual disuelve el mineral. Mediante un sistema de tuberías colocadas en la base del PAD, la solución disuelta llamada solución rica - pasa a una poza de lixiviación o procesos, desde donde se bombea hacia la planta de procesos.

## **CAPÍTULO III**

### **GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

#### **3.1. Ubicación y accesibilidad**

La unidad operativa de Cuajone se ubica políticamente al Sur del Perú en la región de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Distrito de Torata (Ver anexo III, plano U-1), a 240 Km al Nor Este de la ciudad de Tacna, a una altitud aproximada de 3 500 msnm.

Geográficamente se ubica desde un punto representativo 313 102E y 8 113 587N.

#### **3.2. Accesibilidad**

El acceso a la mina Cuajone es por vía terrestre y aérea:

- Vía terrestre: tomando la carretera Panamericana Sur a 240 km al Nor Este de la Ciudad de Tacna.
- Vía aérea: a 42 km al Nor Este del Open Pit de Cuajone en el aeropuerto de Moquegua.

### **3.3. Condiciones climatológicas**

El clima en la Mina Cuajone se considera que es desértico, con pocas precipitaciones durante el año. La temperatura media anual en Mina Cuajone se encuentra a 9,5 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 164 mm. La menor cantidad de lluvia ocurre en mayo.

El promedio de este mes es 0 mm. con un promedio de 53 mm, la mayor precipitación cae en enero. Las temperaturas son más altas en promedio en enero, alrededor de 11,1 °C. julio tiene la temperatura promedio más baja del año. Es 7,0 ° C.

### **3.4. Aspectos socioeconómicos**

El desarrollo sostenible de las comunidades es un aspecto muy importante que tiene que ver con el cuidado del medio ambiente, por lo tanto, es muy importante para la sociedad, por lo que se justifica la investigación si el Pad de Lixiviación Fase IV de la mina Cuajone contamina el suelo y el agua, lo cual perjudicaría de desarrollo de las comunidades cercanas a la operación minera.

### **3.5. Geomorfología y geología regional y local**

#### **3.5.1 Geomorfología regional**

Se ubica dentro de la “Sub provincia cuprífera del Pacífico” en el flanco oeste de la Cordillera Occidental de los Andes.

Su morfología actual es el resultado del modelado por factores geográficos de orígenes exógenos, geológicos del tipo tectónico aunados a movimientos de fallas regionales y alineamientos de conos volcánicos con dirección andina NW-SE.

#### **3.5.2. Geología regional**

Geológicamente pertenecen al metalotecto denominado Sub provincia cuprífera del Pacífico representada por secuencias de riolita de color claro correspondiente al miembro Pórfido Quellaveco, seguido de una secuencia de derrames riolíticos, dacíticos y andesíticos con intercalaciones de clásticos gruesos, asimismo se evidencia andesitas brechadas correspondiente al miembro Serie Alta, seguido de una secuencia de derrames riolíticos de color rosado claro correspondiente al miembro Riolita Tinajones; todas pertenecientes a la formación Volcánico Quellaveco de edad Cretáceo Superior a Terciario Inferior; seguido de una secuencia de

niveles de tobas e ignimbritas con gran porcentaje de cristales bien desarrollados de cuarzo y en un menor porcentaje, biotita, plagioclasas, pómez y fragmentos líticos, dentro de una matriz afanítica de color rosado salmón, sobre yaciendo los volcánicos traquíticos de textura porfirítica, fluidal de la formación Huaylillas, de edad Mioceno Inferior. (Ver figura 17)

Estas unidades se presentan instruidas por stock de intrusivo que varía de diorita a granodiorita, de edad Cretáceo Superior a Terciario Inferior.

Sobre yaciendo a las secuencias descritas anteriormente se presentan depósitos recientes conformados por depósitos aluviales que se distribuyen en las quebradas de los cauces actuales, y laderas cubiertos por depósitos coluviales.

### **3.5.3. Geología estructural**

Los rasgos estructurales más importantes es la intersección de dos fallas regionales, una de rumbo andino Noroeste - NW (que es subsidiaria a la falla Inca-Puquio) y la otra llamada Micalaco, siendo el sistema de fallas Incapuquio, en cierta forma han controlado el emplazamiento de los cuerpos monzoníticos y dacíticos, así como la

formación de las chimeneas de brecha, con las cuales se asocian los yacimientos de cobre de Cuajone.

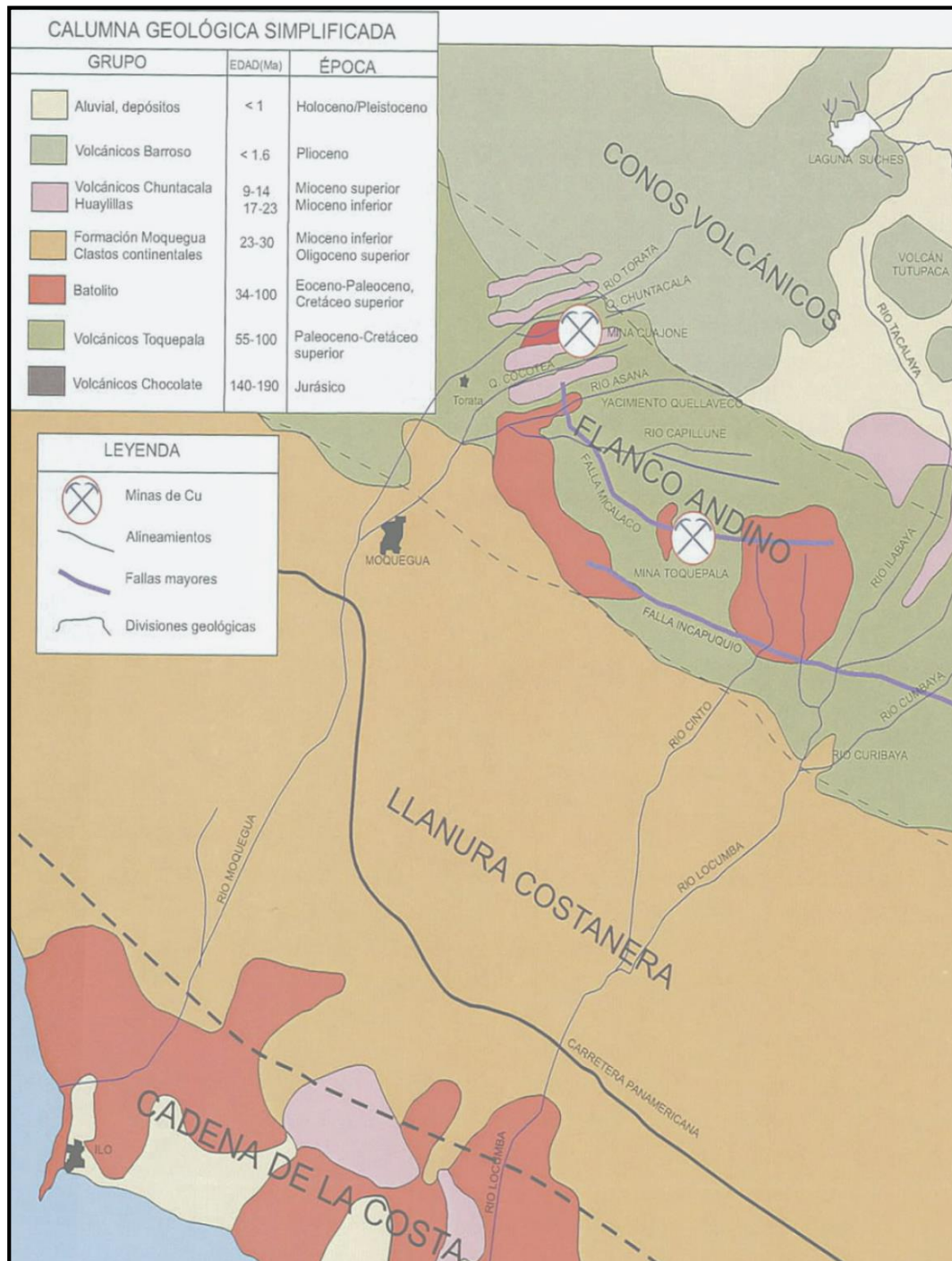


Figura 17. Geología Regional de Cuajone (Concha, O. Valle, J. 1999)  
Fuente: Southern Perú

#### **3.5.4. Geomorfología local**

La zona de estudio geomorfológicamente se ubica en lomadas de baja altura que se encuentran disectadas por quebradas cuya pendiente en promedio es del 11%. (Ver anexo III, plano PMG-1, SG-2 y SG-3). Las rocas se encuentran afectadas por la meteorización física y que debido a la acción de la gravedad y viento principalmente se han derrumbado.

#### **3.5.5. Geología local**

Localmente el área proyectada del Pad Fase IV se ubica al Este del actual tajo Cuajone y al Noreste del cerro Botiflaca, en las secuencias volcánicas de la formación Huaylillas, supra yaciendo por depósitos recientes (deposito aluvial, coluvial, coluvio-aluvial y residual). A continuación, se describen las principales formaciones geológicas. (Ver figura 18 y anexo IV, plano PMG-1)

**a) Volcánico Traquita;** está constituido principalmente por roca alcalina, de origen ígneo intermedio, con pseudo estratificaciones delgadas de rumbo NW-EW y buzamiento general de 15° a 20° al NE, se encuentra de muy alterada a moderadamente alterada, su resistencia varía de débil a moderadamente dura (R2.5 a R4.0), se encuentra medianamente fracturada con RQD de 0 a 20% y RMR de 45 a 59. Su clasificación geomecánica es regular.

**b) Depósito Eluvial**, originado por meteorización física de las traquitas que se encuentran muy fracturadas, alcanza espesores importantes entre 1,00 a 3,00 m aproximadamente.

**b) Depósito Coluvial**, conformado por cantos rodados y algunos bloques con gravas subangulosas, arenas y limos de naturaleza volcánica en promedio presentan una potencia entre 3,00 a 5,00 m. Se encuentran en estado compacto.

**c) Depósito Coluvio-Deluvial**, originado por la acción combinada de la gravedad y el agua de lluvia, cubren la mayor parte del área de estudio y se encuentra constituido por cantos rodados y bloques con gravas subangulares con arenas limosas en estado semicompacto presenta espesores entre 2,00 a 4,00 m.

Cola meteorización in situ de los afloramientos volcánicos, dando origen a suelos finos y granulares tipo limos gravosos muy rígidos y gravas limosas muy densas, la plasticidad varía de nula a baja, se encuentra ligeramente húmeda, su color varía de marrón claro a marrón grisáceo, su estructura es homogénea, las gravas tienen forma angulosa con presencia de bolonería y bloques de TM=15". El espesor de estos suelos oscila de 3,00 a 5,00 m aproximadamente.

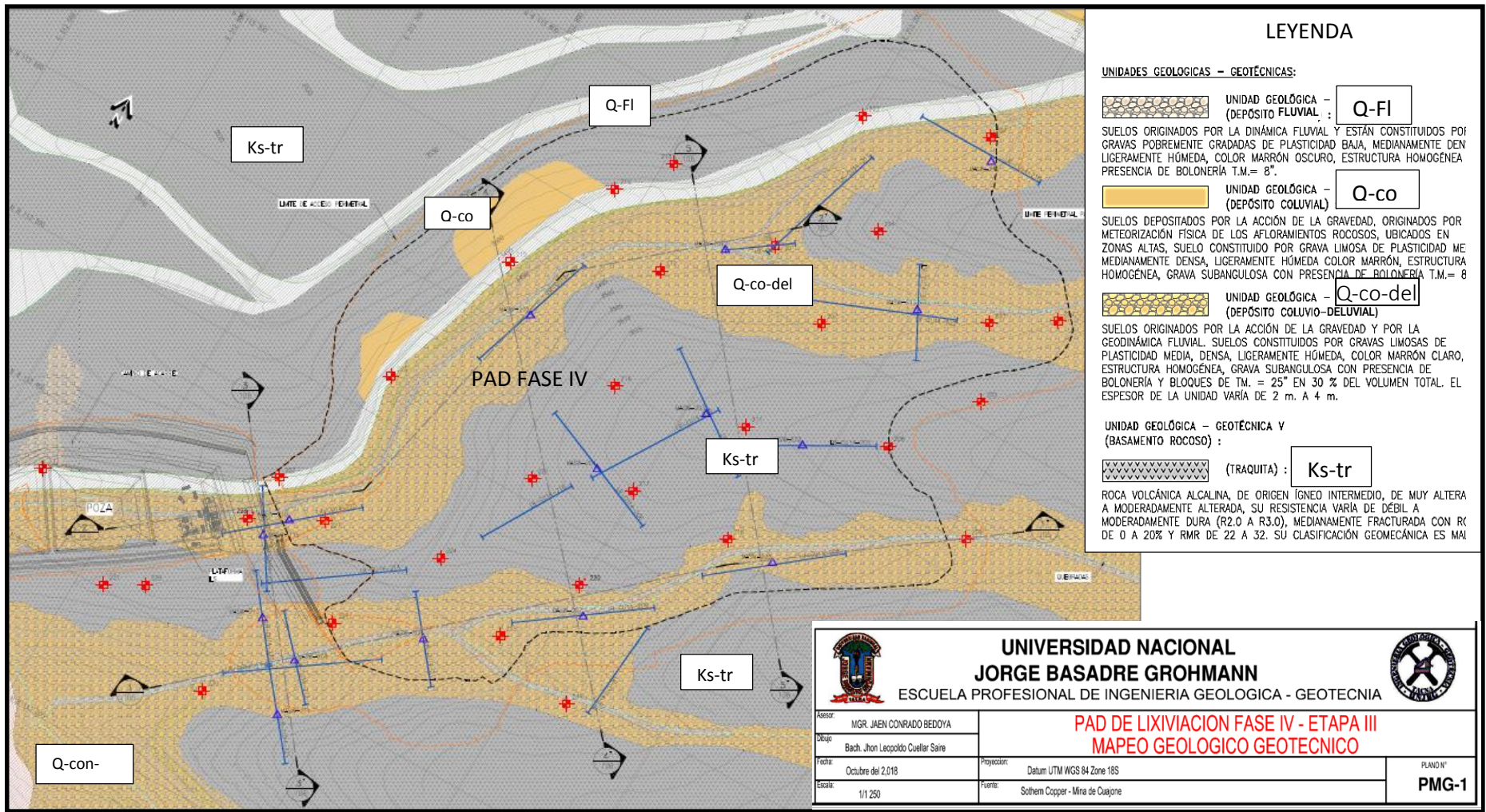


Figura 18. Plano Geológico Local  
 Fuente: Andes SAC.

- c) **Depósito Fluvial**, originado por la dinámica fluvial y están constituidos por gravas pobremente gradadas subredondeadas con presencia de cantos rodados con bloques, se encuentra en estado semicompacto ligeramente húmedo.

### **3.5.6. Geología estructural**

La tendencia estructural en el Sur del Perú es predominantemente de orientación Noroeste Sureste tal y como se puede apreciar en la Fosa Oceánica del Pacífico, el Batolito de la Costa, la Planicie Costanera, el Flanco Occidental de los Andes y las grandes fallas regionales como es el caso de Incapuquio, Micalaco, Viña Blanca y Botiflaca.

El control estructural principal viene a ser la proyección de la falla regional de Ichupampa de dirección W-E, que afectaron al norte del área de estudio en un sistema paralelo.

La secuencia volcánica por lo general se encuentra de extremadamente a muy fracturada, en estructuras subhorizontales conformando zonas de fuerte diaclasamiento que indica un moderado tectonismo en la zona.

#### **3.5.6.1. Falla Incapuquio**

Se extiende a lo largo de 140 km y está marcado por un lineamiento fuerte cerca de 5 km al sureste del departamento de Moquegua, de aquí se extiende hasta llegar entre la cabecera del río Caplina y la Cordillera del Barroso

emplazándose en una distancia de 107 km aproximadamente. La morfología y la altura de las escarpas son relativamente continuas en una dirección este-oeste a lo largo de la falla hasta el río Ilabaya y llegando a alcanzar un salto vertical de 3 m.

La falla Incapuquio tiene una historia compleja del movimiento durante el Cuaternario, sugiriendo para el último movimiento un desplazamiento lateral, ésta se divide en dos secciones basadas en la expresión de la falla. La sección occidental está marcada por escarpas normales estas asociadas a pequeños grabens. Su ruptura superficial a lo largo de esta sección se extiende cerca de 40 km entre Pampa Lagunas y río Ilabaya. David et al., 2004; determina que la micro sismicidad en la región, está presente a lo largo de la falla Incapuquio formando varias agrupaciones, sobre el resto de las fallas la sismicidad es muy dispersa.

El sistema de fallas Incapuquio, tienen un rumbo preferencial entre 290 y 310° y han sido reconocidas desde cerca al límite de la frontera con Chile, atraviesa el departamento de Tacna y gran parte del departamento de Moquegua en una distancia aproximada de 140 km de largo.

Tienen hasta 1 km. de ancho compuesta de rocas alteradas y trituradas y un buzamiento subvertical. De acuerdo a Wilson y García 1967; las fallas son de tipo transcurrente.

#### **3.5.6.2. Falla Micalaco**

Aflora en las inmediaciones de la mina Toquepala entre el pueblo de Micalaco y la quebrada Cortadera. Tiene un afloramiento de 21 km de longitud y

llega a tener potencias de hasta 500 m principalmente en zonas de cizalla. Su buzamiento es subvertical y está mayormente rellena por cuarzo, turmalina, sulfuros, diques, brechas, rocas trituradas, ligera alteración hidrotermal, material fracturado y material cizallado.

### **3.5.6.3. Falla Viña Blanca**

Tiene un afloramiento aproximado de 5,5 km en la Riolita Porfírica a 3 km al Este-Sureste de la mina Cuajone. No atraviesa a las rocas volcánicas pos minerales de la formación Huaylillas, lo cual indica que su ocurrencia sucedió probablemente en el Terciario Inferior y no ha tenido reactivaciones posteriores. Tiene una dirección predominante de N290° y un buzamiento preferencialmente subvertical.

Se presenta como una serie de estructuras paralelas y sinuosas que varían en potencia hasta 2 m. pero que en conjunto pueden llegar hasta 20 m. La mina Cuajone se encuentra emplazada dentro del sistema de fallas de Viña Blanca y Botiflaca. (Ver figura 19). El relleno está mayormente conformado por rocas fracturadas, rocas cizalladas, brechas y fragmentos de rocas de diferente y variada composición.

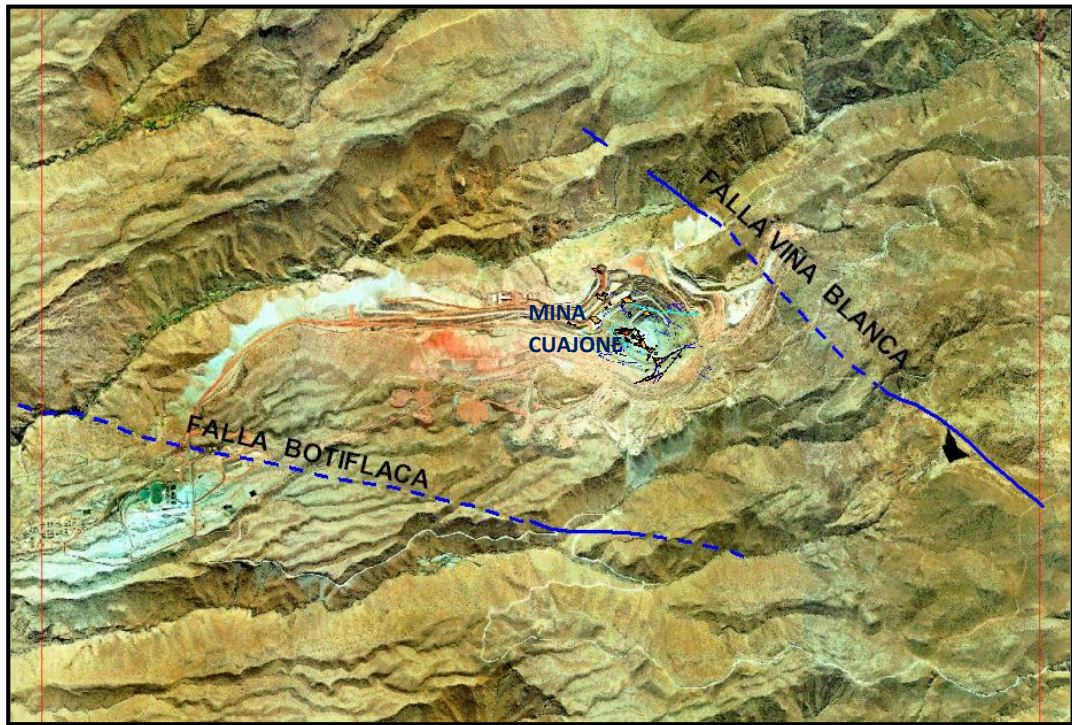


Figura. 19. Falla Viña Blanca y Falla Botiflaca  
Fuente: Mina Cuajone

#### 3.5.6.4. Falla Botiflaca

Aflora aproximadamente a 2,5 km al Suroeste de la mina Cuajone en forma sinuosa con una longitud de aproximadamente 20 km cruzando las quebradas de Cocotea y Torata. Tiene una dirección generalizado de  $N280^{\circ}$  a  $N300^{\circ}$  y presenta un buzamiento subvertical. La potencia llega hasta 40 m (Manrique y Plazoles 1974) y está compuesta por roca fuertemente fracturada, brechas heterolíticas compuestos por clastos y fragmentos subangulares a subredondeados.

Atraviesa rocas pertenecientes al grupo Toquepala y por posibles reactivaciones posteriores también atraviesan rocas postminerales volcánicas pertenecientes a la formación Huaylillas.

### **3.6. Riesgos geológicos**

En el área de interés se han registrado evidencias de actividad geodinámica externa estacionaria, donde el riesgo de vulnerabilidad del área de estudio es muy bajo por procesos físico-geológicos contemporáneos que actúan en el ámbito de influencia. En el área del Pad Fase IV las evidencias de actividad geodinámica externa se restringe a la presencia de caídas de rocas, reptaciones locales y erosión de cauce. Este fenómeno no representa peligro o inestabilidad para la pila.

### **3.7. Sismicidad**

El Perú se encuentra dentro de un ambiente tectónico activo conocido como Cinturón del Fuego del Pacífico, donde se registra la mayor actividad sísmica asociada al proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana (Bernal y Tavera, 2002). El proceso de subducción de las placas, ha dado origen a la formación de la Cordillera de los Andes, que se extiende a lo largo del continente sudamericano, desde Venezuela hasta el sur de Chile (Tavera y Buforn, 1998).

La Placa de Nazca es una de las placas de mayor velocidad de desplazamiento en el mundo, con una velocidad de 66 mm/año (Angermann et al. 1999), provocando el constante choque con la Placa Sudamericana, generando esfuerzos y desplazamientos de la corteza terrestre. La fricción interna entre estas placas genera una gran acumulación de energía que al liberarse producen movimientos sísmicos de gran magnitud como los ocurridos el 24 de mayo de 1940 (8,2 Mw), el 17 de octubre de 1966 (8,1 Mw), el 31 de mayo de 1970 (7,9 Mw), el 3 de octubre de 1974 (8,1 Mw), el 23 de junio del 2001 (8,4 Mw) y el 15 de agosto del 2007 (8,0 Mw) produciendo daños considerables en las estructuras.

La ocurrencia continua de terremotos en el Perú ha permitido conocer e identificar las características de las fuentes de mayor potencial sísmico. La primera y más importante se encuentra frente a la línea de la costa, asociada normalmente a terremotos interplaca e intraplaca. La segunda fuente sismogénica que puede generar mucho daño está relacionada con los importantes sistemas de fallas distribuidas en el interior del continente. En la precordillera de la región Moquegua (17°S) del sur del Perú, el sistema más conocido y estudiado ha sido el sistema transpresivo sinistral subvertical Incapuquio-Challaviento de rumbo NNW-SSE de edad Jurásica-Paleocena que exhumó los intrusivos del Grupo Cretáceo-Paleoceno de Toquepala (Jacay et al., 2002, Sempere et al., 2004).

Los últimos grandes terremotos que han afectado el área de estudio corresponden a los ocurridos en los años 1868 y 2001. El 13 de agosto de 1868, un terremoto destructor de magnitud  $M_w = 8,8$  causó muerte y destrucción en toda

la región sur del Perú y norte de Chile, este terremoto produjo una intensidad máxima de IX en la Escala Mercalli Modificada, causando daños en un área que se extiende desde la ciudad de Ica en el Perú hasta Tarapacá en Chile. El terremoto de junio del 2001 de magnitud  $M_w = 8,4$  fue clasificado en el momento de su ocurrencia como el sismo más grande de los últimos 25 años y comprometió una longitud de ruptura del orden de 300 km a lo largo de la costa sur del Perú, entre Ocoña e Ilo.

Según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto en la Norma de Diseño Sismoresistente E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), el área de estudio se encuentra comprendida en la Zona 3, correspondiéndole un área de alta sismicidad, con un factor de zona (Z) de 0,35. En el área cercana al proyecto se han registrado sismos de intensidades de VII a VIII en la Escala de Mercalli Modificada, según la información de sismicidad histórica recopilada por Silgado (1978). (Ver figura 20)



Figura. 20. Mapa de Zonificación de Peligro Sísmico a Nivel de Provincia  
Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E0.30 (2006).

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS GEOTÉCNICO**

En este capítulo se presenta la descripción geotécnica de la cimentación, la determinación de las propiedades geotécnicas y geomecánicas de los materiales que conforman el modelo geotécnico del Pad Fase IV. De acuerdo a las investigaciones geotécnicas de campo y al diseño civil de la pila, el modelo geotécnico, está conformado por mineral, interface entre geomembrana y suelo de baja permeabilidad, relleno estructural, suelo coluvio-deluvial, suelo residual (depósito eluvial) y basamento rocoso.

En este capítulo también se incluye el análisis de estabilidad de taludes por el método de equilibrio límite considerando los parámetros de resistencia al corte de los materiales, obtenidos a partir de ensayos de campo, ensayos de laboratorio, correlaciones empíricas sustentadas en la literatura existente.

#### **4.1. Ensayos de laboratorio**

Los ensayos de laboratorio que se realizaron fueron a los siguientes materiales. (Ver el anexo I)

#### **4.1.1. Ensayo de suelo de baja permeabilidad**

Los ensayos de laboratorio que se realizaron en el suelo de baja permeabilidad. (Ver el anexo IA)

- Determinación del coeficiente de permeabilidad (NORMA-ASTM D5084-90).
- Análisis Granulométrico por Tamizado (Norma-ASTM-422)
- Límites de Consistencia (ATTERBERG-(Norma-ASTM-4318)
- Contenido de Humedad de un Suelo (Norma-ASTM-2216)
- Ensayo de Proctor Estandar (Norma-ASTM-698)
- Gravedad Especifica – Absorción de Agregados (Norma-ASTM C-127)

#### **4.1.2. Ensayo grava para sub drenaje**

Los ensayos de laboratorio que se realizaron para la grava de sub drenaje. (Ver el anexo IB)

- Determinación del coeficiente de permeabilidad SUELO GRANULAR GRAVA (NORMA-ASTM D 2434-68-AASTHO T 215).
- Determinación del coeficiente de permeabilidad SUELO FINO (NORMA-ASTM D 5084-90).
- Índice de carga puntual grava para drenaje (NORMA ASTM D-5731)
- Ensayo de ABRASION DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C 131)
- Análisis químicos de los suelos.

### **4.1.3. Ensayo de relleno estructural**

Los ensayos de laboratorio que se realizaron para el Relleno Estructural. (Ver el Anexo IC)

- Índice de carga puntual Relleno Estructural (NORMA ASTM D-5731)
- Análisis Granulométrico por Tamizado (Norma-ASTM-422)
- Límites de Consistencia (ATTEBERG-(Norma-ASTM-4318)
- Contenido de Humedad de un Suelo (Norma-ASTM-2216)
- Ensayo de Proctor Estandar (Norma-ASTM-698)
- Gravedad Especifica – Absorción de Agregados (Norma-ASTM C-127)

### **4.2. Descripción geotécnica de la cimentación**

La investigación geotécnica de campo permitió identificar y definir las características geotécnicas de los materiales que conforman el área donde se emplazará el Pad Fase IV.

A continuación, se presenta una breve descripción del perfil estratigráfico, del nivel freático y de los niveles de cimentación, estimados a partir de las investigaciones de campo.

#### **4.2.1. Perfil estratigráfico**

La descripción del perfil estratigráfico del subsuelo donde se cimentará el Pad Fase IV, es realizada a partir de la información obtenida de la investigación geotécnica de campo.

El subsuelo donde se cimentará el Pad Fase IV, en las zonas de quebradas está conformado principalmente por una capa de suelo coluvio-deluvial de 2 a 4 m de espesor, que sobre yace al depósito eluvial cuyo espesor varía de 3 a 5 m aproximadamente, por debajo de estos materiales se espera encontrar el basamento rocoso. El depósito coluvio-deluvial presenta una granulometría gruesa con presencia de bolonería y bloques de  $TM = 25''$ , presenta matriz fina de consistencia muy dura y clasifican de acuerdo al sistema SUCS como ML y CL-ML. De acuerdo a sus características geotécnicas este material presenta adecuadas características con fines de cimentación. (Ver anexo III, plano PC-6 y plano PMG-1)

#### **4.2.2. Nivel freático**

De acuerdo a la revisión de información y a los registros de calicatas, el nivel de agua se encuentra muy profundo aproximadamente de 100 a 500 m; por lo tanto, para los análisis geotécnicos no se consideró

la presencia de nivel freático, dado que no afecta en los cálculos de estabilidad.

#### **4.2.3. Nivel de cimentación**

Durante la investigación geotécnica de campo se determinó los niveles de cimentación de la zona donde se emplazará el Pad Fase IV, es decir, la profundidad que se debe alcanzar para cimentar esta estructura. Para alcanzar estos niveles, durante la etapa de construcción, se deberá remover y eliminar capas superficiales de suelo inadecuado.

El criterio de inspección para determinar estos niveles consiste en encontrar un material competente, no cedente y con una compacidad mínima de medianamente densa, que permita soportar las cargas transmitidas por el apilamiento del mineral y así evitar asentamientos diferenciales significativos. Se espera que los materiales subyacentes por debajo de este nivel sean de las mismas o mejores características geotécnicas.

El nivel de cimentación determinado para el área correspondiente al Poda Fase IV varía de 0,40 a 1,00 m de profundidad a lo largo de las quebradas, y en la zona de lomadas el nivel de desplante es 0,00 m, en esta zona se realizará un perfilado para cimentar la pila (Ver anexo III, Plano PC-6 y PA-1). De acuerdo a estos niveles se puede concluir que la pila será cimentada en la zona de quebradas en un depósito estratificado (depósito coluvio-deluvial, suelo residual y basamento rocoso) y en la zona de lomadas la pila se cimentará sobre basamento rocoso.

### **4.3. Definición de los parámetros geotécnicos**

A continuación, se discuten los parámetros geotécnicos de los materiales que conforman el modelo geotécnico del Pad Fase IV, los cuales fueron obtenidos a partir de la información recopilada durante la investigación geotécnica de campo, resultados de ensayos de laboratorio.

A continuación, se detalla brevemente las consideraciones asumidas en la caracterización de cada tipo de material.

#### **4.3.1. Mineral lixiviado**

De acuerdo a la información obtenida de los ensayos de laboratorio, el mineral que ha sido depositado en las fases del Pad de lixiviación

existente y el que será depositado en la Fase IV, corresponde a un material chancado de granulometría gruesa, cuyo contenido de grava, arena y finos varía de 37 a 39%, de 37 a 43% y de 18 a 25% respectivamente, clasificándose según el SUCS como SM, SC y GC, con un índice de plasticidad de 7 a 27%. La conductividad hidráulica de estos materiales varía de  $2,1 \times 10^{-4}$  m/s a  $9,6 \times 10^{-6}$  m/s.

Con la finalidad de estimar los parámetros de resistencia cortante del mineral lixiviado, se efectuó un ensayo de compresión triaxial consolidado no drenado (CU) con medición de presión de poros, en muestras remoldeadas a una densidad mínima trabajable, en un espécimen de 6" de diámetro. Los resultados indican que los parámetros de resistencia como el ángulo de fricción interna en término de esfuerzos efectivos y esfuerzos totales son de  $35^\circ$  y  $15^\circ$ , respectivamente, mientras que la cohesión es nula en esfuerzos efectivos y totales.

De acuerdo a los resultados de laboratorio presentados, se ha considerado de manera conservadora para el mineral lixiviado que será depositado en la Fase IV, una cohesión nula y un ángulo de fricción interna de  $34^\circ$ , únicamente en términos de esfuerzos efectivos, esto es posible debido a las características de la colocación del mineral en la pila, en la

cual cualquier exceso de presión de poros será drenado en el tiempo. Asimismo, se ha asumido un peso específico de  $17 \text{ kN/m}^3$  (peso específico mínimo de remoldeo).

#### 4.3.2. Descripción de cantera

Suelo de baja permeabilidad. (Ver anexo I, ensayos de laboratorio)

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD									
N°	UBICACIÓN	MATERIAL	CANTERA	CLASIFICACION DEL SUELO					
1	CUAJONE	GRAVA PARA SUB DRENAJE	GABI I	Kt(cm/s)=	0.2691	nt/n20=	0.953	K20(cm/s)=	0.2564
SUELO CLASIFICADO COMO MUY PERMEABLE									
2	CUAJONE	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD	MINA I	Kt(cm/s)=	1.76E-05	nt/n20=	0.909	K20(cm/s)=	1.60E-05
SUELO CLASIFICADO POR SU PERMEABILIDAD RELATIVA COMO: POCO PERMEABLE									
3	CUAJONE	GRAVA PARA SUB DRENAJE	GABI I	Kt(cm/s)=	0.1085	nt/n20=	0.953	K20(cm/s)=	0.1034
SUELO CLASIFICADO COMO MUY PERMEABLE									
4	CUAJONE	GRAVA PARA SUB DRENAJE	MINA I	Kt(cm/s)=	2.82E-04	nt/n20=	0.909	K20(cm/s)=	2.57E-04
SUELO CLASIFICADO POR SU PERMEABILIDAD RELATIVA COMO: POCO PERMEABLE									

#### 4.3.3. Relleno estructural

El material de relleno estructural que será utilizado para conformar las plataformas de estabilidad del Pad Fase IV, los cuales se ubican en las dos quebradas principales, podrá provenir de las canteras Mina 1 y Mina 2 o del desmonte de mina, seleccionado y procesado.

La materiales de las canteras Mina 1 y Mina 2, presentan una granulometría gruesa, cuyo contenido de grava, arena y finos varían de 2 a 6%, de 64 a 69% y de 21 a 31%, respectivamente, clasificándose según SUCS como SC con un índice de plasticidad de 10

a 12%. La conductividad hidráulica de estos materiales es  $1,47 \times 10^{-7}$  m/s. El material de desmonte de mina presenta un contenido de grava de 34%, contenido de arena de 45%, y contenido de finos de 21%, clasificándose según SUCS como SC. Para utilizar estos materiales como relleno estructural se mezcló con suelo gravoso.

De manera conservadora, considerando los materiales de las canteras Mina 1 y Mina 2, se realizó un ensayo de compresión triaxial consolidado drenado (CD), con muestras remoldeadas al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Próctor estándar, del ensayo se obtuvo como parámetros de resistencia en termino de esfuerzos efectivos una cohesión de 23 kPa y un ángulo de fricción interna de  $33,5^\circ$ .

De acuerdo a los resultados de laboratorio, asignó de manera conservadora al relleno estructural parámetros mínimos de resistencia cortante en términos de esfuerzos efectivos, una cohesión nula y un ángulo de fricción interna de  $33^\circ$ , asimismo se ha asumido un peso específico de  $19 \text{ kN/m}^3$ .

Relleno estructural. (Ver anexo I, ensayos de laboratorio)

INDICE DE CARGA PUNTUAL										
N°	UBICACIÓN	MATERIAL	CANTERA	CLASIFICACION DEL SUELO						
				DIAMETRO DE MUESTRA cm	LONGITUD MUESTRA cm	ANCHO MUESTRA	FUERZA APLICADA	Is Kg/cm <sup>2</sup>	IS(50) Kg/cm <sup>2</sup>	IS(50) N/mm <sup>2</sup>
1	CUAJONE	RELLENO MASIVO	MINA I	3.80	7.60	3.80	1400.00	96.95	85.69	8.40
2	CUAJONE	GRAVA PARA DRENAJE	GABI I	DIAMETRO DE MUESTRA cm	LONGITUD MUESTRA cm	ANCHO MUESTRA	FUERZA APLICADA	Is Kg/cm <sup>2</sup>	IS(50) Kg/cm <sup>2</sup>	IS(50) N/mm <sup>2</sup>
PROMEDIO								223.06	153.57	15.06

#### 4.3.4. Depósito coluvio - deluvial

Durante la etapa de investigación geotécnica de campo se determinó la presencia de suelos coluvio-deluviales, principalmente a lo largo de las quebradas menores del Pad Fase IV. De acuerdo a estas investigaciones se estimó que el espesor de estos suelos varía de 2 a 4 m; estos materiales presentan una granulometría gruesa con presencia de bolonería y bloques de TM=25", su matriz es fina y de consistencia muy dura y clasifican según SUCS como ML y CL-ML.

Con la finalidad de estimar los parámetros de resistencia cortante del depósito coluvio- deluvial, se realizó un ensayo de compresión triaxial consolidado no drenado (CU) con medición de presión de poros, en la matriz fina del suelo coluvio-deluvial; el ensayo fue realizado en especímenes de 4" de diámetro, remoldeadas a la densidad natural promedio, obtenida de los ensayos de densidad de campo; de este ensayo se obtuvo como parámetros de resistencia en termino de esfuerzos efectivos una cohesión de 5 kPa y un ángulo de fricción interna de 33°

y en termino de esfuerzos totales se obtuvo una cohesión de 2 kPa y un ángulo de fricción interna de 19°.

De acuerdo a la experiencia en materiales de similares características, se ha considerado de manera conservadora para el depósito coluvio-deluvial que formará parte de la cimentación del Pad Fase IV, una cohesión nula y un ángulo de fricción interna de 33°, únicamente en términos de esfuerzos efectivos, esto es posible porque no hay presencia de agua que generen presión de poros, asimismo se ha asumido un peso específico de 20 kN/m<sup>3</sup>.

#### **4.3.5. Depósito eluvial**

En la zona donde se emplazará el Pad Fase IV, se estimó la presencia de depósitos eluviales, los cuales se podrían encontrar por debajo del depósito coluvio-deluvial y supra yaciendo al basamento rocoso, el espesor de estos materiales podría encontrarse de 3 a 5 m y se encontrarían en estado muy denso o muy duro con velocidades de ondas compresionales ( $V_p$ ) y de corte ( $V_s$ ) que varían de 500 a 1000 m/s y de 350 a 600 m/s, respectivamente. En la Tabla 03 se presentan los valores de ángulo de fricción, en función a su densidad relativa y el tamaño de partículas, estimados por Bowles (1980).

Tabla 3

Parámetros Estadísticos de Resistencia al Corte (Bowles, 1980)

Descripción	Muy suelto	Suelto	Mediano	Denso	Muy Denso
Densidad Relativa (Dr)	0,0 - 0,15	0,15-0,35	0,35 - 0,65	0,65 - 0,85	> 0,85
Fino	26 - 28	28 - 30	30 - 34	33 - 38	
Medio	27 - 28	30 - 32	32 - 36	36 - 42	< 50
Grueso	28 - 30	32 - 34	33 - 40	40 - 50	

Fuente: Mina de Cuajone

Considerando la naturaleza de estos suelos y de acuerdo a la Tabla 03, se estima que el ángulo de fricción interna de estos materiales se encontrará entre 33° y 38°. Estos depósitos se formaron por el proceso de meteorización de la roca ígnea (traquita), por lo tanto, se espera que estos materiales presenten una cohesión alta.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se ha considerado de manera conservadora para el suelo residual (depósito eluvial) una cohesión de 10 kPa y un ángulo de fricción interna de 34°, únicamente en términos de esfuerzos efectivos, asimismo, se ha asumido un peso específico de 21 kN/m<sup>3</sup>.

#### **4.3.6. Interface suelo de baja permeabilidad - geomembrana**

Las propiedades de resistencia cortante de la interface entre la geomembrana y el suelo de baja permeabilidad fueron evaluadas mediante el ensayo de corte directo a gran escala. El ensayo se realizó para modelar el contacto entre el lado texturado de la geomembrana y el suelo de baja permeabilidad, la cual presenta un comportamiento de interface siendo el elemento más débil en un análisis de estabilidad. Para el ensayo se utilizó una mezcla de los materiales provenientes de las canteras Mina 1 y Mina 2, los cuales presentan una granulometría gruesa, cuyo contenido de grava, arena y finos varían de 2 a 6%, de 64 a 69% y de 21 a 31%, respectivamente, clasificándose según el SUCS como arena arcillosa (SC).

Los resultados del ensayo de corte directo a gran escala muestran una clara tendencia no lineal de la envolvente de falla de la interface suelo/geomembrana, debido a lo cual para el análisis de estabilidad se consideró utilizar este tipo de envolvente. De esta manera se pueden modelar las variaciones que experimenta la resistencia al corte, ante las diferentes solicitaciones de esfuerzo normal que se presentan en pilas de lixiviación. En el Anexo se presenta la envolvente de falla no lineal determinada en el ensayo de corte directo correspondiente a un nivel de deformación pico y post-pico (desplazamiento de 7,00 cm). En este Anexo

también se puede observar que los esfuerzos de corte pico son menores a los esfuerzos post pico, por lo tanto, para los análisis de estabilidad se consideró una envolvente de resistencia no lineal para un desplazamiento de 7,00 cm con valores de resistencia cortante menores a los reportados por los ensayos de laboratorio. Asimismo, se consideró utilizar un peso específico total de  $18 \text{ kN/m}^3$  (suelo de baja permeabilidad compactado). En la Tabla 04 se presentan los esfuerzos normales y de corte de la interface.

Tabla 4

Envolvente de Falla No Lineal de la Interface Geomembrana/Suelo de Baja Permeabilidad.

<b>Envolvente de Falla no Lineal</b>	
<b>Esfuerzo Normal</b>	<b>Esfuerzo de Corte</b>
<b>(kPa)</b>	<b>(kPa)</b>
0	0
100	60
200	116
400	168
800	280

Fuente: Mina Cuajone

#### **4.3.7. Interface GCL - Geomembrana**

El diseño del Pad Fase IV, contempla el uso de GCL (Geosynthetic Clay Liner) en los taludes de corte, principalmente en la zona de taludes cuya pendiente es mayor a 2,0H:1V.

Los resultados de ensayos de corte directo a gran escala, realizados en otros proyectos de similares características, muestran que los parámetros de resistencia cortante en la interface entre el lado rugoso de la geomembrana y el GCL, presentan una cohesión que varía de 8 a 12 kPa y un ángulo de fricción interna de 6° a 10° aproximadamente.

Con la finalidad de evaluar la estabilidad física de los taludes, se ha considerado de manera muy conservadora para la interface GCL y geomembrana LLDPE de 1,50 mm de espesor, una envolvente de falla lineal con una cohesión de 10 kPa, ángulo de fricción interna de 8° y un peso específico de 16 kN/m<sup>3</sup>.

#### **4.3.8. Basamento rocoso**

El basamento rocoso está conformado principalmente por roca volcánica alcalina tipo traquita, las cuales se encuentran en algunos sectores aflorando en superficie y en otros sectores subyaciendo a los suelos coluvio-deluviales y residuales. El basamento rocoso se caracteriza

por presentar una resistencia promedio de débil a moderadamente alta (R2.5 a R3.0) y se encuentra de muy alterada a moderadamente alterada y medianamente fracturada, con RQD de 0 a 20% y RMR de 45 a 59. Su clasificación geomecánica es regular.

Los parámetros de resistencia cortante del basamento rocoso se estimaron de manera conservadora, asignando 25° de ángulo de fricción interna, 120 kPa de cohesión y peso específico de 23 kN/m<sup>3</sup>.

#### **4.3.9. Resumen de parámetros**

La evaluación de la estabilidad física del apilamiento del mineral en el Pad Fase IV, consideró la aplicación de un factor de seguridad a los parámetros de resistencia al corte de la cimentación y de los materiales que se utilizarían para la construcción de esta estructura, esta reducción se realizó con la finalidad de tomar en cuenta la variabilidad espacial de los mismos. En la Tabla 05 se presenta el resumen de los parámetros mínimos asumidos y utilizados para la evaluación la estabilidad física de taludes en general.

Tabla 5.

Resumen de parámetros de resistencia de los materiales

Materiales	Peso Específico		Parámetros de Resistencia	
	$\gamma_{\text{Total}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{\text{Saturado}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\Phi'$ (°)
Mineral lixiviado	17	18	0	34
Relleno estructural	19	20	0	33
Interface suelo de baja permeabilidad	-	18	19	*
Interface GCL	-	16	17	10
Depósito coluvio-aluvial	20	21	0	33
Suelo residual	21	22	10	34
Basamento rocoso	23	24	120	25

**Abreviaturas:**

- $\gamma_{\text{Total}}$ : Peso específico total del suelo
- $\gamma_{\text{Saturado}}$ : Peso específico saturado del suelo
- c: Cohesión
- $\Phi$ : Ángulo de fricción interna del suelo
- \*: Envoltorio no lineal de la interface  
(Ver tabla 03)

Fuente: Mina Cuajone

**4.4. Análisis de estabilidad física de taludes**

Para el análisis geotécnico de estabilidad de taludes del Pad Fase IV, se ha considerado analizar 4 secciones, las cuales representan las condiciones más críticas, zonas más desfavorables y de mayor carga en el apilamiento.

Se ha realizado el análisis de estabilidad de la pila, considerando el diseño de las plataformas, los caminos perimetrales y el apilamiento de

mineral. La planta y los perfiles se presentan en los planos de secciones de (Ver anexo IV, plano SGE 1 a SGE 5). El diseño comprende el diseño de plataformas de estabilidad en las dos quebradas; en la plataforma de la margen derecha se requiere la construcción de una berma de 4 m de altura y el corte de taludes en forma de banquetas en el basamento rocoso, con el objetivo de aumentar el factor de seguridad y garantizar la estabilidad de la pila en este sector. Todos los análisis de estabilidad fueron realizados para estimar el mínimo factor de seguridad, en condiciones estáticas y pseudo-estáticas (sísmicas), analizando fallas tipo circular y bloque.

Para evaluar las secciones más críticas se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones.

- Se ha considerado las secciones donde el ángulo del talud de apilamiento es mayor y la inclinación de la cimentación es menor, esto permitió analizar la estabilidad considerando la máxima carga de apilamiento que estará sometida la cimentación.
- Para los análisis de estabilidad en la interface (falla tipo bloque), se ha considerado como secciones críticas a aquellas donde la cimentación presenta mayor pendiente.

De acuerdo a las investigaciones geotécnicas realizadas en el área de proyecto, se ha definido un modelo geotécnico del Pad Fase IV, el cual

está constituido por mineral lixiviado, interface entre la geomembrana y suelo de baja permeabilidad, relleno estructural, depósito coluvio-deluvial, suelo residual o depósito eluvial y basamento rocoso.

#### **4.4.1. Metodología de análisis**

El cálculo del factor de seguridad se realizó en una sección, donde se tienen las condiciones más críticas, permitiendo llevar a cabo un análisis de forma bidimensional y aproximando el problema a un estado de deformación plana. La metodología está basada en el método de equilibrio límite, incorporando diversos métodos simplificados y rigurosos para el cálculo del factor de seguridad (Bishop, Spencer, Morgenster-Price, etc.). El programa tiene la opción de utilizar diferentes métodos de análisis de estabilidad de manera simultánea; sin embargo, para el presente análisis se ha utilizado el Método de Spencer, el cual satisface simultáneamente todas las ecuaciones de equilibrio estático (fuerzas y momentos), además de ser considerado el más estable numéricamente.

Como hipótesis del análisis se consideró que las propiedades de los materiales que conforman la estructura, son homogéneas e isotrópicas y que el colapso se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento. Cada material tiene sus propiedades y características físicas y mecánicas.

En el análisis pseudo-estático se consideró que la masa involucrada en la falla está sometida a una fuerza horizontal igual a un coeficiente sísmico multiplicado por el peso de la masa deslizante, a fin de tomar en cuenta de manera aproximada y simplificada el efecto de las fuerzas inerciales producidas por el terremoto de diseño. De acuerdo a lo indicado en el ítem 3.7, el coeficiente sísmico horizontal utilizado fue de 0,22g.

#### **4.4.2. Criterios de análisis**

Los factores de seguridad considerados en los análisis de estabilidad de taludes del presente diseño, cumplen con los mínimos requeridos según las recomendaciones de la guía ambiental para la estabilidad de taludes de residuos sólidos del MINEM y las agencias United States Society of Dam (USSD) y United States Bureau of Reclamation (USBR). En el análisis se considerará:

- Mínimo factor de seguridad estático a corto plazo de 1,35.
- Mínimo factor de seguridad estático a largo plazo de 1,50.
- Mínimo factor de seguridad pseudo-estático a largo plazo 1,00.

Cabe mencionar que un factor de seguridad pseudo-estático mayor a 1,00 no significa que el apilamiento no se moverá durante un sismo. Lo que probablemente ocurrirá es que se desarrollarán

desplazamientos mínimos y no se producirán daños permanentes en el sistema de revestimiento, asociados al sismo de diseño. En el caso de que el factor de seguridad pseudo-estático sea menor que 1,00 se deberán verificar los desplazamientos permanentes inducidos por el terremoto de diseño, para verificar si estos son o no admisibles por la estructura y definir la estabilidad en función de un criterio más riguroso; es decir, en función de los desplazamientos permanentes y serviciabilidad de la estructura.

#### **4.4.3. Condiciones analizadas**

Se ha tomado en cuenta las siguientes condiciones para los análisis:

- Se ha considerado las secciones más críticas y más desfavorables para el proyecto, representadas por las secciones de mayor altura y de mayor pendiente de apilamiento, presentadas en los planos SGE 1 a SGE 5. (Ver anexo IV, planos)
- Se ha realizado el análisis de estabilidad considerando el diseño de las plataformas para la pila, camino perimetral y apilamiento de mineral.
- De acuerdo a las investigaciones geotécnicas y al nivel de cimentación propuesto, la Fase IV del Pad de lixiviación será cimentada en la zona de quebradas sobre un material

estratificado, conformado por depósito coluvio-deluvial, relleno estructural y basamento rocoso, y en la zona de laderas el Pad Fase IV se cimentará directamente sobre basamento rocoso.

- Para el modelo geotécnico se ha considerado que el nivel de la solución estará como máximo a 2,00 m por encima del fondo del revestimiento de geomembrana, lo cual es una hipótesis conservadora para instalaciones revestidas que colectarán solución y no la almacenarán. Este nivel de solución actuará como nivel freático afectando principalmente las propiedades de resistencia del mineral localizado en el fondo del Pad y eventualmente a la interface, lo que también es una asunción conservadora ya que la interface estará aislada del contacto con la solución por el revestimiento de geomembrana.
- El modelo geotécnico para los análisis de estabilidad está conformado por mineral lixiviado, interface entre suelo de baja permeabilidad y geomembrana, relleno estructural, depósito coluvio-deluvial, suelo residual y basamento rocoso. En la zona de corte con taludes mayores a 2H:1V se recomienda la colocación de GCL, la cual generará una interface entre este geosintético y el lado texturado de la geomembrana.

- Para los análisis se consideró para el relleno estructural, suelo residual, depósito coluvio-deluvial y basamento rocoso el modelo de resistencia de Mohr Coulomb y para la interface se consideró un modelo no lineal.
- Los parámetros geotécnicos de la interface considerado en el análisis de estabilidad, corresponde a la relación no lineal de resistencia al corte entre el lado texturado de la geomembrana y el suelo de baja permeabilidad.
- Se analizó la estabilidad de la pila considerando lo siguiente: configuración final (largo plazo); condición estática y pseudo-estática; parámetros drenados de los materiales, esta asunción es válida dada las características granulométricas y de permeabilidad que presentan los materiales que conforman el modelo geotécnico, así como las condiciones de apilamiento del mineral en la pila.

#### **4.4.4. Resultados obtenidos**

En la Tabla 06 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los análisis de estabilidad de los taludes del Pad Fase IV, en condición estática y pseudo-estática, considerando el diseño de apilamiento.

Tabla 6.

Resumen de los análisis de estabilidad

Área	Sección de Análisis	Tipo de Falla	Factor de Seguridad (FS)	
			Estático	Pseudo-Estático (0,22*)
Pad de Lixiviación Fase IV	Sección1-1	Circular	2,18	1,20
		Bloque	1,86	0,97
	Sección 2-2	Circular	1,90	1,09
		Bloque	1,66	0,97
	Sección 3-3	Circular	2,09	1,15
		Bloque	1,95	1,08
	Sección 4-4	Circular	1,59 (**)	1,00 (**)
		<b>Bloque</b>	<b>1,90</b>	<b>1,00</b>

**Abreviaturas:**

(\*): Coeficiente sísmico

(\*\*): Factor de seguridad en la plataforma de contención

Fuente: Mina Cuajone

Como se puede observar la mayoría de los factores de seguridad resultantes del análisis de estabilidad presentadas en la Tabla 06, considerando el diseño desarrollado (plataformas de estabilidad, berma de estabilidad y cortes de taludes) se encuentran por encima de los mínimos establecidos en los criterios de análisis asumidos en presente estudio, para la condición estática y pseudo-estática. Sin embargo, los factores de seguridad pseudo-estáticos para la falla en bloque de las secciones geológicas geotécnicas, (Ver anexo III, planos SGE-1 a SGE-5), presentan valores ligeramente por debajo de 1,0; en estas

secciones la verificación de desplazamientos inducidos por el terremoto de diseño indican desplazamientos aceptables, por lo tanto, se puede concluir que la pila es estable en las condiciones analizadas.

Cabe mencionar que los factores de seguridad (FS) mostrados en la Tabla 06 están relacionados directamente a la resistencia de la interface entre la geomembrana y el suelo de baja permeabilidad, por lo tanto, se recomienda utilizar las canteras definidas en este estudio como suelo de baja permeabilidad y verificar estos parámetros con ensayos adicionales de corte directo a gran escala durante el desarrollo de la ingeniería de detalle y durante la construcción del Pad Fase IV; asimismo se recomienda realizar ensayos de corte directo a gran escala utilizando geomembrana y GCL.

#### **4.4.5. Análisis de deformaciones permanentes**

En todas las secciones de estabilidad de la Fase IV (Ver anexo III, planos PMG-1, AE-1 y AE-2) se realizó el análisis de deformaciones permanentes inducidas por sismo, para las fallas tipo bloque (falla en la interface de la pila), con la finalidad de estimar los desplazamientos en la cimentación y verificar la integridad del sistema de revestimiento. En el análisis se utilizó el método de Bray y Travasarou (2007), que es una metodología recientemente desarrollada y más confiable que el tradicional

método de Makdisi y Seed (1977). Para la aplicación de este método se calcularon las aceleraciones de fluencia ( $k_y$ ), que proporciona el coeficiente sísmico para el cual el talud se encuentra en estado inminente de falla, es decir, con un factor de seguridad igual a 1,0 y una altura promedio del bloque deslizante.

Para la aplicación del método de Bray y Travarasrou se utilizó el límite superior de la formulación propuesta por los autores, considerando una desviación estándar de 0,66. Para los cálculos se usaron los espectros de respuesta de diferentes leyes de atenuación para sismos de subducción (Youngs Suelo y Youngs Roca), los cuales se presentan en los plano de aceleraciones espectrales por ley de atenuación 1 y 2, en los que se indican los valores de aceleración espectral, el periodo de oscilación del bloque deslizante y el valor de desplazamiento para cada sección analizada.

En el presente análisis se calcularon las deformaciones para los espectros mencionados, y como resultado final se consideró la deformación promedio calculada con ambos espectros, escalado al valor de PGA de 0,44g.

Estos análisis permitieron asegurar que los desplazamientos permanentes no superen la deformación máxima permisible del revestimiento de geomembrana, que no deben superar los 30 cm.

En la Tabla 07 se presentan los desplazamientos estimados por el método de Bray y Travasarou (2007) para diferentes leyes de atenuación.

Los resultados de desplazamientos obtenidos a través de la metodología de Bray y Travasarou considerando el espectro de peligro sísmico uniforme de la zona de estudio indican que el máximo desplazamiento que podría generarse en la Fase IV del Pad de lixiviación será de 29,3 cm. Este valor se encuentra por debajo del valor permisible para este tipo de estructuras (aproximadamente 30 cm); por lo tanto, se concluye que los desplazamientos en el sistema de revestimiento de la pila inducidos por sismo, no constituyen una condición crítica, por lo que se estima un normal funcionamiento de la pila para las condiciones de diseño.

Tabla 7.

Resultados del análisis de deformaciones permanentes

Zona	Secciones	Tipo de Falla	Aceleración de Fluencia $k_y$ (*)	Desplazamiento (cm)	Desplazamiento cm (**)
Pad de Lixiviación Fase IV	Sección 1-1'	Bloque	0,206	14,606 <sup>(1)</sup>	14,1
				13,585 <sup>(2)</sup>	
	Sección 2-2'	Bloque	0,205	11,539 <sup>(1)</sup>	10,9
				17,545 <sup>(2)</sup>	
	Sección 3-3'	Bloque	0,258	19,741 <sup>(1)</sup>	18,6
				17,545 <sup>(2)</sup>	
	Sección 4-4'	Bloque	0,220	31,386 <sup>(1)</sup>	29,3
				27,167 <sup>(2)</sup>	

**Abreviaturas:**

**1:** Ley de atenuación de Youngs Suelo

**2:** Ley de atenuación de Youngs Roca

(\*): Aceleraciones de fluencia asociadas a las máximas deformaciones

(\*\*): Desplazamiento del bloque deslizante, se consideró el desplazamiento promedio calculado con las dos leyes de atenuación.

Fuente: Mina Cuajone

#### 4.5. Instrumentación geotécnica

En el Pad de lixiviación Fase IV, se instalarán 3 piezómetros hidráulicos y 2 inclinómetros, los cuales deben ser instalados en las plataformas. Estos equipos servirán para monitorear las variaciones del nivel freático, estimar posibles fugas de solución y estimar los desplazamientos generados en las plataformas a consecuencia del

apilamiento del mineral en la pila. La instrumentación debe ser complementada con hitos topográficos y debe ser implementada durante la construcción de la pila.

En el plano PGI-05 del anexo III, se presenta de manera gráfica la ubicación de la instrumentación geotécnica.

#### **4.5.1. Inclínómetro vertical**

Los inclinómetros se instalarán con la finalidad de medir los ángulos de desviación con respecto a la vertical dentro de un tubo inclinométrico, permitiendo medir movimientos laterales, los cuales pueden producirse en las plataformas de la pila. Los inclinómetros han sido ubicados en la zona donde se estima se presentará la condición de falla más representativa obtenida del análisis de estabilidad, con el objetivo de monitorear los cambios y movimientos que se presentarán en el relleno estructural que conformará las plataformas de estabilidad, producto del desplazamiento de la masa del mineral.

##### **4.5.1.1. Materiales**

Los materiales a utilizar para la instalación y posterior lectura de datos serán los siguientes:

- Tubería inclinométrica ABS de 85 mm x 3 m de longitud, con 4 ranuras interiores a todo lo largo orientadas a cada 90°, las ranuras deberán ser continuas a lo largo de toda la longitud de la tubería y tienen por objeto el ingreso de la sonda biaxial.
- Sonda inclinométrica biaxial diseñada para unidades métricas, con cuerpo estanco de acero inoxidable, con un rango de medición mínimo de  $\pm 53^\circ$  respecto a la vertical, una precisión mínima de  $\pm 5$  mm por cada 25 m de medición y un rango de temperaturas de operación mínima de  $-20^\circ\text{C}$  a  $50^\circ\text{C}$ .
- Cable graduado con un rango de separación para toma de lecturas consecutivas de 0,5 m, el cable deberá poseer alma de alta resistencia a la deformación.
- Unidad de lectura portátil con caja de lectura reforzada resistente a la intemperización y con conexión a computadora que permita un monitoreo automático, continuo con conexión a PC por acceso remoto vía modem.
- Sistema polea/freno, que permitirá un mejor manejo del cable eléctrico y referenciar las profundidades de cada uno de los puntos registrados en la unidad lectora portátil.

- Cable eléctrico que permita proveer energía a los servo-acelerómetros de la sonda inclinométrica, transmitir la información hasta la unidad lectora portátil y establecer un control de los intervalos de lecturas.
- Software de soporte para Windows que permita la transferencia de información del colector de datos portátil a la computadora.

#### **4.5.1.2. Instalación**

Se instalarán los 02 inclinómetros en las ubicaciones indicadas en el plano PIG-1, (Ver anexo III) y los detalles presentados en el plano PIG-2 (Ver anexo III). Los criterios para la adecuada instalación de los accesorios inclinométricos se realizarán de acuerdo a las recomendaciones de la norma ASTM D 6230. El procedimiento resumido es el siguiente:

- Para realizar la perforación se deberá determinar la profundidad de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto.
- Se asegurará que la tubería casing HW sea colocada en toda la parte inestable al inicio del pozo, como medida de

protección para evitar posteriores derrumbes o entrapamiento de tuberías.

- El equipo de perforación tenga los mecanismos apropiados de tal manera que el alineamiento de la perforación respecto a la vertical debe de estar dentro del rango de medición del inclinómetro a utilizar.
- Se revisará la tubería y accesorios antes del ensamblaje de éstos.
- Se utilizará cintas adhesivas para los acoples, con el objeto de prevenir que partículas de suelo ingresen a la tubería durante su instalación.
- Al terminar la perforación del pozo, se inyectará agua para lavar el pozo hasta el fondo verificando así su profundidad libre. Luego se verificará la profundidad del pozo con una cinta métrica.
- La tubería inclinométrica ABS no será forzada durante la instalación para evitar torceduras en las ranuras que generen errores en la lectura de datos.

- Durante la instalación, el set de ranuras de la tubería se deberá orientar para que coincida con la misma orientación de los mayores movimientos esperados en la zona.
- El espacio anular entre la perforación y la tubería será rellenada con mezcla de grout (cemento y bentonita).
- Se realizará la corrección de los errores angulares cometidos durante la instalación de la tubería utilizando el software de apoyo.

Se realizará la medición inicial o medición de línea base, cuando el material de relleno de la tubería está seco y completamente estabilizado, de tal manera que al analizar los resultados estos movimientos no se confundan con posteriores movimientos relacionados al estrato.

#### **4.5.2. Piezómetro hidráulico**

Los piezómetros hidráulicos de tubo abierto serán instalados con la finalidad de monitorear las variaciones del nivel freático en el subsuelo, generados durante las etapas de apilamiento del mineral; asimismo, permitirán estimar posibles fugas de solución rica. Los piezómetros hidráulicos también podrán ser utilizados para evaluar la calidad de las aguas subterráneas. Para instalar los piezómetros se utilizará un pozo abierto como guía para introducir la tubería de PVC que constituye el

cuerpo de piezómetro hidráulico y la cual posee una parte ranurada en la base.

Se instalarán 03 piezómetros en las ubicaciones indicadas en el plano PGI-1(Ver anexo III) y los detalles presentados en el plano PIG-2 (Ver anexo III).

#### **4.5.3. Hitos de control topográfico**

Los hitos de control topográfico tienen como objetivo monitorear las condiciones físicas de los taludes, que presentará la pila. Los puntos topográficos estarán implementados en los taludes del Pad Fase IV en la medida que se desarrolle el apilamiento de mineral.

Los hitos de control topográfico son instrumentos utilizados para monitorear los desplazamientos o movimientos en superficie, proporcionando tres medidas de desplazamiento en las tres direcciones principales x, y, z. Los hitos de control topográficos son pedestales de concreto, los cuales serán anclados en el mineral lixiviado a una profundidad no menor de 1,0 m. (Ver anexo III, plano PIG-1 y PGI-2). Cabe indicar que se usa prismas, en cada hito, y de una estación total que permita realizar las mediciones de desplazamiento que pueda presentar el talud.

#### **4.6. Desarrollo del Pad**

La compañía Minera Southern Perú desarrolla el Proyecto Pad de Lixiviación Cuajone en su fase IV, el cual comprende la construcción de un nuevo Pad con capacidad para procesar 6 millones de toneladas de material lixiviable con la finalidad de mantener la producción actual en la unidad Operativa de Cuajone.

Toda la plataforma del nuevo Pad de lixiviación en su fase IV, etapa III, se emplazará sobre una superficie aproximada de 170 000 m<sup>2</sup>. El nuevo Pad está ubicado al norte de las actuales operaciones del Pad Fase III. (Ver anexo VI, plano AG-01. Comprende los siguientes trabajos principales de movimiento de tierras, relleno estructural, relleno con material de baja permeabilidad, instalaciones de materiales texturados (geomembrana, GCL, geotextil y geocompuesto):

- Excavaciones masivas en material común o inadecuado, roca fracturada (ripeable) y roca fija con voladura controlada en un volumen aproximado de  $V=314\ 000\ m^3$  con la finalidad de llegar al nivel de desplante del nuevo Pad. Se incluye el desbroce y desencapado de la capa superficial de  $A=169\ 400\ m^2$ . El DMEE del proyecto se encuentra ubicado a 1 Km del centro de gravedad del Pad. Deberán considerar todas las medidas de seguridad durante el acarreo del material

producto de la excavación en los cruces con los caminos mineros existentes.

- Rellenos masivos y estructurales por un volumen aproximado de 49 500 m<sup>3</sup> en las áreas del Pad, plataformas, diques de retención, bermas de protección, zanjas de anclaje, sistema de detección de filtraciones y colección principal. Para los rellenos con material de préstamo deberá considerarse la cantera Mina 1 y Mina 2 ubicadas a 2,5 Km del centro de gravedad del Pad.
- Rellenos con material de baja permeabilidad por un volumen 47,000 m<sup>3</sup> que revestirá al Pad con una capa compactada no menor de 300mm de espesor, el material procesado será transportado desde la cantera ubicada a 2,5 km.
- Realizar los rellenos con grava de drenaje en los sistemas de colección principal y detección de filtraciones con un volumen aproximado de 1,584 m<sup>3</sup>. (Ver anexo III, plano PSD-2)
- Realizar la instalación de la geomembrana LLDPE sobre la plataforma del pad sobre una superficie aproximada de 190,000 m<sup>2</sup>. (Ver anexo III, plano PSR-1 y PRG-1)

- Realizar la instalación del GCL sobre las áreas indicadas en los planos de ingeniería de detalle, sobre una superficie de 39,500 m<sup>2</sup>. (Ver anexo IV, plano PRG-1)
- Realizar la instalación de geotextil no tejido en un área de 2,800 m<sup>2</sup>.
- Realizar la instalación de geocompuesto sobre una superficie de 39,500 m<sup>2</sup>.
- Instalar las tuberías de HDPE de pared doble perforada para los sistemas de colección principal: de 12" (300 mm) de diámetro en una longitud de 1,220 m y de 4" (100m) en una longitud 740m. Instalar tuberías HDPE de pared doble no perforada de 12" (300 mm) de diámetro en una longitud de 1,100 m. (Ver anexo III, plano PSC-1 y DG-2)
- Instalar las tuberías HDPE de pared doble perforada para el sistema de subdrenaje y monitoreo de fugas: de 6" (150 mm) en una longitud de 1,500m y de 4" (100 mm) de diámetro en una longitud de 262 m. Instalar tuberías HDPE de pared doble no perforada de 6" (150mm) en una longitud de 8 m. (Ver anexo III, plano SDP-1, PSD-1 y PSD-2)

#### **4.6.1. Interpretación de resultados**

##### **4.6.1.1. Sistema de subdrenaje**

Según los ensayos de laboratorio realizados a los materiales que componen el sistema de subdrenaje, este cumple con la función de coleccionar y conducir los flujos de agua subterránea y la solución en caso se rompa la geomembrana y se filtre la solución, para ello se realizarán monitoreos periódicos en los buzones de subdrenaje, que es a donde llegan todos los flujos recolectados por éste sistema.

##### **4.6.2. Capa suelo de baja permeabilidad**

Esta capa de suelo de baja permeabilidad que tiene un espesor de 0,30 m en toda el área del Pad de lixiviación Fase IV, cumple con la función de una barrera impermeable que evitará que se contamine el suelo y el agua subterránea, ya que con los resultados obtenidos en el ensayo de conductividad hidráulica (permeabilidad) que presenta un índice de  $1,47 \times 10^{-7}$  m/s, haciendo el cálculo del tiempo que se demoraría en traspasar un líquido en la capa de 0,30 m, se tiene un tiempo aproximado de 2040816.3 segundos, convirtiendo a días se tienen 23,62 días, lo que indica que se tienen 23,6 días para poder reparar la geomembrana rota o parar la lixiviación del mineral hasta que se solucione el problema y con lo

cual se evitaría la contaminación del suelo y agua, por lo tanto este control ambiental protege el medio ambiente de un contaminación directa.

#### **4.6.3. Capa de geomembrana**

La capa de geomembrana es una lámina de 1,5mm de espesor, con la cual está revestido todo el Pad de lixiviación fase IV, a la cual se le realizaron pruebas de campo de tracción, corte, punzonamiento, aire, spark test y vacuum test, estas pruebas de control de calidad garantizan la buena instalación de la geomembrana y por lo tanto la impermeabilización del Pad Fase IV, que evitará que se contamine el suelo y el agua durante el proceso de lixiviación para recuperar el mineral y por lo tanto es un control ambiental que protegerá el medio ambiente.

#### **4.6.4. Instrumentación geotécnica**

La instrumentación geotécnica instalada en el Pad Fase IV, garantizan la estabilidad del mismo durante la operación, ya que se han instalado 03 piezómetros hidráulicos para medir el nivel del agua subterránea, se han instalado 02 inclinómetros verticales en las dos plataformas o diques de estabilidad del Pad, los cuales permitirán monitorear periódicamente si existe algún desplazamiento del sub suelo al momento de colocar las pilas de mineral y durante el proceso de lixiviación y con los valores obtenidos del monitoreo determinar si se sigue colocando

más pilas de mineral o se paraliza el acarreo para que no se inestable y evitar un deslizamiento en el Pad.

También se han instalado hitos topográficos en todo el Pad, para monitoreo diario y medir superficialmente los desplazamientos de las pilas de mineral para controlar la estabilidad del Pad Fase IV.

## **CAPÍTULO V**

### **CONTROLES AMBIENTALES**

#### **5.1. Sistema de subdrenaje**

El sistema de subdrenaje permite coleccionar y conducir el agua de flujos subterráneos producto del nivel freático por debajo del revestimiento geosintético del Pad de lixiviación, poza de mayores eventos, y demás estructuras, y direccionarlo hacia los buzones de subdrenaje ubicados aguas abajo de cada estructura, asimismo el sistema de subdrenaje permite realizar el monitoreo del agua de escorrentía, posibilitando la detección de fugas en el Pad de lixiviación en el caso de una eventual falla del revestimiento primario.

Para la conformación del sistema de subdrenaje se utilizarán tuberías de HDPE, además de materiales granulares dispuesto en zanjas de acuerdo a la sección típica establecido en los planos del Proyecto.

Dentro de las actividades para la construcción del sistema de subdrenaje se incluye el suministro, transporte y colocación de los materiales granulares, como son la cama de apoyo y grava para drenaje.

### **5.1.1. Construcción del sistema de subdrenaje**

Al culminar la eliminación de material inadecuado para la cimentación y los cortes para la nivelación, se realizará el replanteo del sistema de subdrenaje de acuerdo a lo indicado en los planos (Ver anexo III, SDP-1, PSD-1 y PSD-2), indicar la construcción de subdrenes adicionales si existieran afloramientos de agua en campo manteniendo siempre la pendiente mínima de 1%. Una vez terminado el replanteo de los subdrenes, se recomienda realizar excavación de zanjas con las dimensiones especificadas en los planos del proyecto. Las zonas con depresiones se rellenaron de tal manera que la pendiente resultante permita una correcta evacuación de los flujos.

La configuración del sistema de subdrenaje dependerá de los niveles finales de cimentación y corte, de las pendientes en estos y los puntos de salida donde se tienen previstos los volúmenes de control del sistema de subdrenaje. El sistema de subdrenaje consiste en una serie de zanjas dispuestas según el sistema de espina de pescado (Ver anexo III, plano SPD-1). Las zanjas deberán tener una tubería perforada de HDPE de pared doble y deberán ser rellenadas con grava de drenaje y se colocará una capa de geotextil anclada entre la grava y el material de relleno. (Ver anexo III, plano PSD-2). Las dimensiones de las zanjas y las tuberías a utilizar deberán ser de acuerdo a lo indicado en los planos del

proyecto. Las características del geotextil y de la grava para drenaje que cumplirá la función de filtro y protección para la tubería estuvieron de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas.

La subrasante final de las zanjas del sistema de colección deberá presentar una superficie con pendiente suave, sin depresiones, que proporcione un adecuado drenaje. (Ver anexo III, plano PSC-1 y DG-2) La profundidad de las zanjas se adaptará de modo tal que siempre se mantenga una pendiente mínima de 1%, salvo indicación expresa y detallada de los planos de diseño.

Cuando se finalice la excavación de las zanjas de los subdrenes debe considerarse la pendiente mínima y presente una superficie limpia de tal manera que permita el drenaje de flujos, asimismo se utilizara la cama de apoyo y la instalación del geotextil, la tubería y la grava para drenaje. Una vez terminado se deberá hacer un levantamiento topográfico en la línea de tuberías al ser instaladas para la elaboración de los planos As-Built.

La colocación del geotextil se realizará solo en la parte superior de la zanja protegiendo el sistema de la colmatación de finos, se utilizará un traslape del geotextil de 300 mm como mínimo.

## **5.1.2. Materiales para el sistema de subdrenaje**

### **5.1.2.1. Tuberías**

Para la fabricación de las tuberías, solo se podrá utilizar materiales no reciclados, de primera calidad, con la proporción de negro de humo que permita su resistencia a los factores ambientales durante su almacenamiento e instalación definitiva.

En el proyecto se ha considerado la utilización de los siguientes tipos de tuberías:

- Tubería no perforada de HDPE de pared doble de 60" (1500 mm), para los buzones de subdrenaje. (Ver anexo III, plano PSD-2)
- Tubería no perforada de HDPE de pared doble de 24" (600 mm), para el cruce de caminos. (Ver anexo III, plano DG-2)
- Tubería perforada o no perforada de HDPE de pared doble de 4" (100 mm) y 6" (150 mm), como sistema principal y evacuación del subdrenaje. (Ver anexo III, plano PSD-1)

Las tuberías a utilizar en este proyecto deberán cumplir con los valores de propiedades indicados bajo las condiciones y normas solicitados en las tablas: 8 y 9.

**Tabla 8.**

**Propiedades de la tubería HDPE de pared doble**

Propiedad	Norma ASTM	Unidad	Requerimiento 100 - 250	Requerimiento 300 - 1500
Densidad	D1505	g/cm <sup>3</sup>	0,947 - 0,955	0,947 - 0,955
Índice de fusión	D1238	g/10 min(E)	<	0,15 - 0,40
Modulo flexional	D790	MPa	758 - 1103	758 - 1103
Resistencia a la	D638	MPa	21 - 24	21 -
Resistencia al desarrollo lento de agrietamientos		Igepal 100% horas		
I ESCR <sup>1</sup>	D1693	%	B	N.A.
Condición de ensayo			24	
Duración de ensayo		horas	50	
Falla, máxima	F1473	horas	1	
Estabilizador UV	D1603	% negro	2 - 5	2 - 5
Rigidez de la tubería	D2412	kPa		
Expansión térmica	D696	m/m/°C	70x10-6-110x10-	70x10-6-110x10-
Esfuerzo de	F2126	horas	N.A.	> 24

**Notas:**

1. ESCR: Environmental Stress Cracking Resistance, Resistencia al agrietamiento por esfuerzos ambientales.
2. PENT: Polyethylene Noched Tensile, Tensión ranurada de tuberías de polietileno

Fuente: Mina Cuajone.

**Tabla 9.**

**Propiedades de rigidez y peso de la tubería HDPE de pared doble**

Diámetro Nominal mm	Diámetro Interno Promedi o mm	Diámetro Externo Promedi o mm	Rigidez Mínima @ 5% de Deflexión kN/m <sup>2</sup>	Peso Kg/6m
1	1	1	4	5,
1	1	1	4	9,
3	3	3	3	28,96
6	6	7	2	101,97
15	15	16	9	509,53

**Notas:**

1. De acuerdo con la norma ASTM D2412

Fuente: Mina Cuajone

**Acoplamientos o uniones de tuberías**

**a) Tubería de pared doble perforada**

Para la unión de las tuberías corrugadas de pared doble se utilizarán abrazaderas o coplas partidas fijadas con cintillos plásticos aprobados por el Fabricante.

La línea de tuberías de pared doble instalada será rodeada por material permeable natural o artificial que garantice el equilibrio de partículas ante el flujo producido hacia las perforaciones de la tubería.

**b) Tubería de pared doble no perforada**

Utilizará coplas herméticas, sea como parte integral de tubería o independiente a esta, la copla deberá poseer empaquetaduras que garanticen la impermeabilidad de la unión y deberán ser provistas del mismo proveedor.

Esta línea podrá estar rodeada o no por material permeable o no permeable como medida de protección.

**5.1.2.2. Geotextil**

El geotextil deberá ser fabricado a base de polipropileno o excepcionalmente de poliéster, siempre y cuando cumpla con los requerimientos de la Tabla 10.

Tabla 10.

Propiedades del geotextil no tejido

Propiedad	Norma ASTM	Unidad	Valor Promedio mínimo del rollo
Peso del material	D5261	g/m <sup>2</sup>	270 <sup>4</sup>
Resistencia a la tensión de agarre	D4632	N	1020 <sup>4</sup>
“Mullen Burst”	D3786	kPa	2450 <sup>4</sup>
Resistencia al punzonamiento	D4833	N	585 <sup>4</sup>
Desgarro trapezoidal	D4533	N	380 <sup>4</sup>
Permeabilidad	D4491	cm/s	0,30 <sup>4</sup>
Resistencia UV para geotextil cubierto	D4355	% retenido	70 <sup>4</sup>
Tamaño de apertura aparente <sup>1</sup> (tamaño de malla)	D4751	cada Mm	0,15 <sup>4</sup> (#100)

**Notas:**

1. El valor del tamaño de apertura aparente corresponde a un valor máximo.
2. El material debe ser igual o exceder todos los valores indicado en la Tabla 6.1. Materiales de menor peso que cumplan con las propiedades mecánicas no son aceptables.
3. Sólo el Ingeniero de diseño puede tomar la decisión en cuanto a la reducción de los valores establecidos en la Tabla 6.1.
4. El valor promedio mínimo del rollo (MARV) se define como:  

$$\text{MARV} = \bar{x} - t \sigma \approx \bar{x} - 2 \sigma$$
 (por ejemplo, para un gran número de muestras de prueba por lote)  
 $\bar{x}$  = valor medio  
 $t$  = valor t de student al 97,5% del nivel de confianza  
 $\sigma$  = desviación estándar

Fuente: Mina Cuajone,

**a) Instalación del geotextil**

El personal que transite sobre el geotextil deberá hacerlo provisto de calzado apropiado y utilizar equipos que no dañen el geotextil. No le estará permitido fumar.

A medida que el material se despliegue este podrá ser inspeccionado visualmente y atendiendo a cualquier defecto este se marcará para su posterior reparación.

Se deberán utilizar métodos que minimicen las arrugas, especialmente las arrugas diferenciales entre los panales adyacentes.

El geotextil no deberá desplegarse durante las precipitaciones, en condiciones de humedad excesiva, en áreas de agua estancada o en presencia de vientos excesivos.

No se permitirá la exposición directa al sol del geotextil por más de quince días. La unión de los geotextiles depende del uso de este. Para el caso de subdrenes la unión de los geotextiles se realiza con anclajes mecánicos tipo “U” enganchados y con un traslape no menor a 300 mm. (Ver anexo III, plano PSD-2)

#### **5.1.2.3. Grava de drenaje**

La grava para drenaje tiene la función de proteger la tubería y a la vez servir de relleno permeable en la zanja de los subdrenajes, aumentando la capacidad de conducción del sistema de subdrenaje. (Ver anexo III, plano PSD-2). Este material deberá ser estable, sin potencial de generación de acidez, no deberá poseer material de letreo ni orgánico, y deberá cumplir con lo indicado en la Tabla 11.

Para determinar el potencial de drenaje ácido se realizaron ensayos de ABA (Acid Base Accounting). (Ver anexo IB ensayos de laboratorio), los resultados fueron los siguientes:

- pH en pasta 7,47
- Análisis de azufre como sulfuro 0,400.
- Cálculo del Potencial de Neutralización (PN 20,125), Potencial de Acidez (PA 12,500) y Potencial Neto de Neutralización (PNN 7,625).
- La relación entre el Potencial de Neutralización y el Potencial de Acidez (PN/PA 1,610) deberá ser superior a 3, el material se considera incierto con respecto de potencial de generación o neutralización de ácido.
- El Potencial Neto de Neutralización (PNN 7,625) deberá ser superior a 20, el material se considera incierto con respecto de potencial de generación o neutralización de ácido.
- El material es incierto productor del ácido.

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS											
N°	MUESTRA	Azufre (%)			Potencial (t CaCO <sub>3</sub> /1000 t)			Relación NP/AP	pH Pasta		
		Total	SO <sub>4</sub>	S-2	AP	NP	NNP				
1	M-1	0.543	0.4	0.143	12.5	20.125	7.625	1.61	7.47		

La grava para drenaje fue obtenida por proceso de zarandeo, de la cantera Gabi I.

Tabla 11.

Especificaciones para Grava Drenaje

Tamaño de Malla		% Que Pasa
SI	UI/Norma ASTM	
50 mm	2 pulgada	100
38 mm	1,5 pulgada	80 - 100
25 mm	1 pulgada	60 - 100
12 mm	1/2 pulgadas	20 - 60
4,75 mm	# 4	0 - 20
0,45 mm	# 40	0 - 10
0,075 mm	# 200	0 - 8
Índice de plasticidad	D4318	No plástico
Permeabilidad de la matriz, menor a 19 mm	D2434	$> 2,5 \times 10^{-1}$ cm/s
Índice de Carga Puntual Corregido Promedio Mínimo ( $I_{s50}$ )	D5731	$> 2,5$ N/mm <sup>2</sup>

Fuente: Mina Cuajone,

## 5.2. Capa de baja permeabilidad

La capa de suelo de baja permeabilidad es un control ambiental que evitará que se contamine el suelo en caso que se rompa la capa de geomembrana colocada en la parte superior, ya que ésta es una capa impermeable de 0,30 m como mínimo, después de compactada. La capa de baja permeabilidad está compuesta por un suelo arcilloso de muy baja permeabilidad.

La capa de suelo de baja permeabilidad se utilizará como superficie de apoyo para el revestimiento con geomembrana una vez que la capa se encuentre adecuadamente preparada.

Solamente se utilizarán materiales previamente aprobados ya sea in situ o provenientes de áreas de préstamo previamente identificadas y aprobadas de acuerdo al informe de diseño o planos del proyecto.

La capa de suelo de baja permeabilidad será colocada en las superficies del Pad de lixiviación cuyos taludes tengan inclinaciones menores a 2H:1V; En otras zonas se colocará el suelo de baja permeabilidad en taludes con inclinación de  $H > 2,0$ .

#### **5.2.1. Materiales**

El material que será utilizado para la construcción de la capa de suelo de baja permeabilidad deberá ser obtenido de las canteras Mina 1 y Mina 2 o de áreas de préstamo. (Ver figura 21 y plano UC-4). El material de baja permeabilidad deberá ser procesado de tal manera que cumpla con los requerimientos de la Tabla 12.

Tabla 12.

Especificaciones para capa de suelo de baja permeabilidad.

Tamaño de Malla		% Que Pasa
SI	UI/Norma ASTM	
75 mm	3 pulgadas	100
38 mm	1,5 pulgadas	95 – 100
25 mm	1 pulgada	90 - 100
13 mm	1/2 pulgada	80 - 100
4,75 mm	# 4	70 - 100
0,45 mm	# 40	30 - 55
0,075	# 200	15 - 40
Índice de plasticidad	ASTM D4318	IP > 8
Permeabilidad	ASTM D5084	$<2,5 \times 10^{-6}$ cm/s

Fuente: Mina Cuajone,

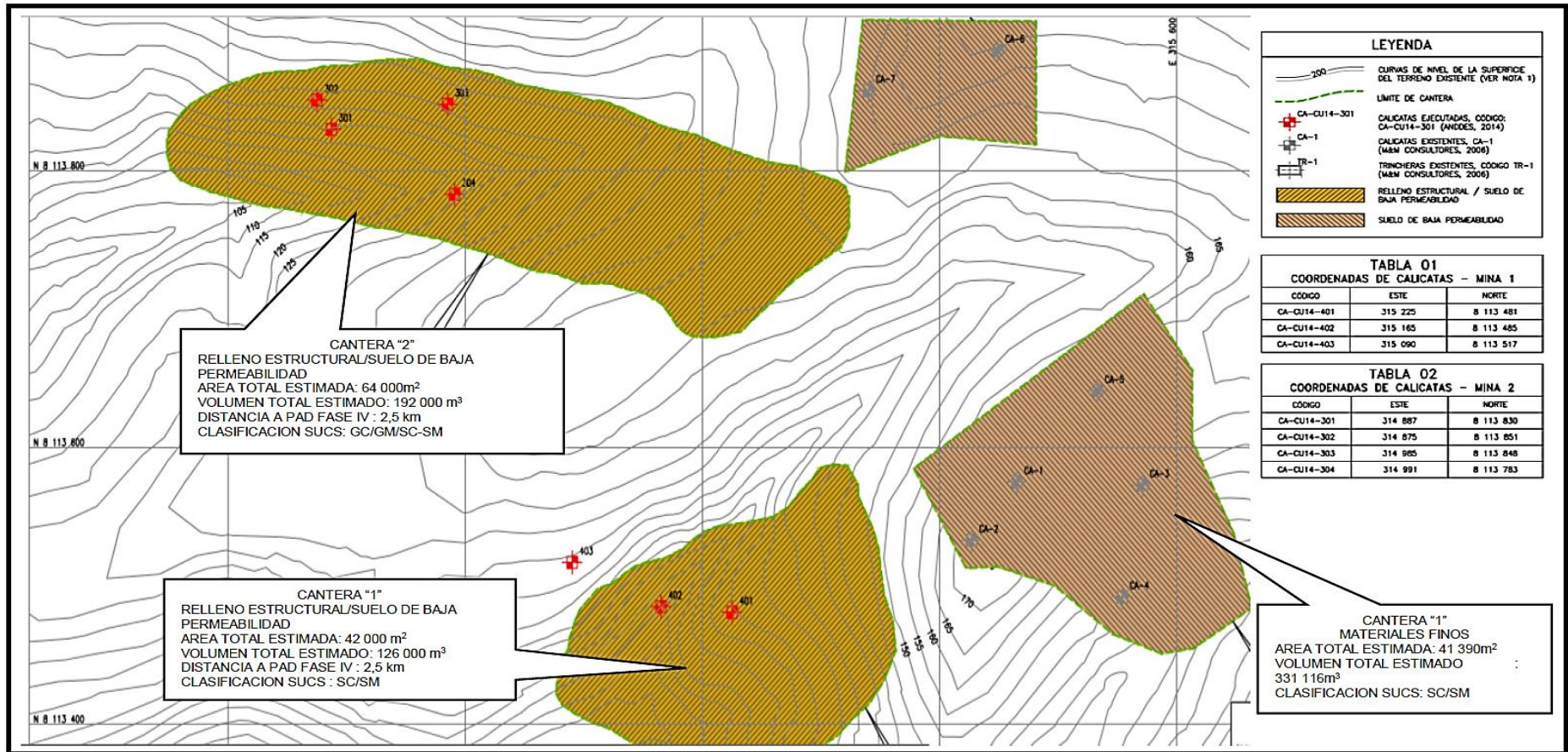


Figura 21: Ubicación de Cantera Mina 1 y mina 2.  
Fuente: Mina Cuajone

### **5.2.2. Construcción de la capa de suelo de baja permeabilidad**

Para la colocación de la capa de suelo de baja permeabilidad, la subrasante deberá tener una superficie nivelada y compacta, y estar libre de grietas, material orgánico y material inadecuado. La capa de suelo de baja permeabilidad nivelada y compactada deberá tener un espesor mínimo de 300 mm y no deberá presentar exceso de humedad. Se acondicionará la subrasante (cuando no se trate de relleno estructural) de tal manera que esta sea compactada a una densidad relativa del 95% según la norma ASTM D698-12 y una humedad en un rango de -2% y +2% del óptimo contenido de humedad.

Para colocar la capa de suelo de baja permeabilidad, la subrasante compactada deberá escarificarse superficialmente (50 mm) y humedecerse adecuadamente. El material de baja permeabilidad deberá extenderse sobre la subrasante preparada, procurándose eliminar del material de baja permeabilidad las gravas mayores a 75 mm en su máxima dimensión.

En caso la capa de suelo de baja permeabilidad no llegue a alcanzar el nivel de rasante indicado en el diseño, se deberá conformar una capa adicional sobre esta, escarificando la capa previamente colocada en una profundidad de 50 mm. La capa de material de baja permeabilidad colocada deberá alcanzar una compactación mínima

relativa de 95% según la norma ASTM D698, una humedad en un rango entre -2% y +2% y deberá cumplir con la permeabilidad mínima indicada en la Tabla 11.

La construcción de la capa de suelo de baja permeabilidad deberá realizarse teniendo en cuenta la nivelación y la pendiente positiva de la rasante, para garantizar un adecuado drenaje sobre esta superficie. De igual forma se deberá garantizar que el espesor compactado de capa de material de baja permeabilidad colocada sea de 300 mm como mínimo en toda el área trabajada. La verificación del espesor requerido de la capa del suelo de baja permeabilidad conformada se realizará mediante un levantamiento topográfico y exploraciones de calicatas en el área trabajada. No se deberá utilizar material fino en la superficie final, como refino para levantamiento de observaciones de la capa de suelo de baja permeabilidad.

### **5.3. Capa de geocompuesto**

La capa de geocompuesto, es un control ambiental que se utilizó como protección debajo de la capa de GCL en taludes rocosos, mayores a 2H:1V, que no queden uniformes después del perfilado y donde se indica en los planos del proyecto.

El material del geocompuesto consta de una geonet adherida térmicamente a uno o dos geotextiles coplanares a ambos lados, con el fin de proteger de la contaminación de agentes externos a la geonet. La geonet es una red de HDPE compuesta de tiras que se entrecruzan, este arreglo de la red ayuda a espaciar dos planos o superficies. Deberá poseer propiedades de transmisividad hasta en presiones de 620 KPa. Este material cumplió con los requisitos de la Tabla 13.

### 5.3.1. Propiedades del geocompuesto

El geocompuesto cumplió con los valores requeridos en las Tablas 13 y 14, este reporte deberá indicarse en su certificado de calidad, bajo las normas y unidades indicadas en esta especificación. Los insumos que componen el material deberán ser de primer uso, no reciclados y con componentes hechos a base de las mismas materias primas.

Tabla 13.  
Propiedades de la Geonet

Propiedad	Norma ASTM	Unidad	Valor Promedio mínimo del rollo
Gravedad específica	ASTM D1505	g/cm <sup>3</sup>	0,935
Espesor	ASTM D5199	mm	Mínimo 5 ó 6
Porcentaje de negro de humo	ASTM D1603	%	2 a 3
Transmisividad hidráulica <sup>1</sup>	ASTM D4716	m <sup>2</sup> /s	1x10 <sup>-3</sup>

**Notas:**

1. A una gradiente hidráulica de 0,1 y a una presión normal de 620 kPa

Fuente: Mina Cuajone

Tabla 14.  
Propiedades del geocompuesto

Pro	Norma ASTM	Unidad	Valor Promedio mínimo del rollo
Adhesión planar	ASTM D7005	g/cm <sup>2</sup>	178
Transmisividad hidráulica <sup>1</sup>	ASTM D4716	m <sup>2</sup> /s	1x10 <sup>-4</sup>

**Notas:**

1. A una gradiente hidráulica de 0,1 y a una presión normal de 620 kPa

Fuente: Mina Cuajone

### 5.3.2. Colocación del geocompuesto

El instalador deberá revisar el área preparada antes de proceder a la colocación del geocompuesto, verificando que presente una superficie uniforme y que no posea elementos que pudieran dañar la integridad del geocompuesto, asimismo inspeccionará las trincheras de anclaje necesarias para la instalación de los paneles, de igual forma verificará los accesos para las maquinarias que apoyarán en el despliegue del material.

El Instalador realizará el despliegue asegurando y alineando el rollo en la trinchera de anclaje para evitar el desplazamiento del panel una vez tendido. Se evitará transitar sobre los paneles tendidos para evitar llevar partículas que puedan dañar el material desplegado.

Después de la instalación se procederá a realizar una caminata de inspección sobre los paneles de geocompuesto instalados para

marcar los defectos que se puedan presentar y realizar las reparaciones necesarias como parte de la instalación.

No se deberá soldar por extrusión el material en caso se deteriore alguna superficie como consecuencia de la instalación, esta deberá ser reparada sin cargo para el propietario.

#### **5.4. Capa de GCL**

La capa de GCL es un control ambiental que evitará que se contamine el suelo y el agua, ya que es una capa impermeable que se colocará en las zonas que no se pueda colocar la capa de suelo de baja permeabilidad en los taludes empinados mayores a 2H:1V.

El GCL es un geosintético compuesto, que consta de dos geotextiles que poseen una masa homogénea de bentonita, entre ambas capas. Este material deberá ser producido en una planta.

El GCL se instalará en aquellas zonas donde se requiera de una barrera de baja permeabilidad, en las zonas donde se indiquen en los planos de construcción. (Ver anexo III, plano PRG-1). En este proyecto se ha considerado colocar GCL en los sectores donde se presente taludes más empinados de 2H:1V.

#### **5.4.1. Propiedades del GCL**

El Fabricante proporcionará un GCL que iguale o supere el total de valores requeridos en la Tabla 15, este reporte deberá indicarse en su certificado de control de calidad de la fabricación.

Los insumos que componen el material deberán ser productos vírgenes, no reciclados. El GCL deberá cumplir los parámetros indicados en la Tabla 15.

Tabla 15.

Propiedades del GCL para PAD de lixiviación

Propiedad	Norma ASTM	Unidad	Valor Promedio mínimo del rollo
<b>Geotextil</b>			
Capa superior no tejida	ASTM D5261	g/m <sup>2</sup>	200 <sup>5</sup>
Capa inferior no tejida	ASTM D5261	g/m <sup>2</sup>	200 <sup>5</sup>
<b>Bentonita</b>			
Índice de expansión	ASTM D5890	ml/	≥ 24
Pérdida de fluido	ASTM D5891	ml	≤ 18
Contenido de humedad	ASTM D4643	%	< 12
<b>GCL</b>			
Masa de bentonita/área <sup>1</sup>	ASTM D5993	kg/m <sup>2</sup> , MARV <sup>5</sup>	≥ 3,66 <sup>5</sup>
Resistencia a la tracción <sup>2</sup>	ASTM D6768	kN/m, MARV <sup>5</sup>	8,8 <sup>5</sup> mín
Resistencia al pelado <sup>2</sup>	ASTM D6496	N/m	≥ 925
Flujo índice <sup>3</sup>	ASTM D5887	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /s	≤ 1x10 <sup>-8</sup>
Conductividad hidráulica <sup>3</sup>	ASTM D5887	m/s	≤ 5 x 10 <sup>-11</sup>
Resistencia cortante interna <sup>4</sup>	ASTM D6243/D53	kPa, típico	24

**Notas:**

- Las pruebas en la bentonita serán realizadas en el material secado al horno. Corresponde a 4,1 kg/m<sup>2</sup> cuando es indexado a un contenido de humedad de 12%.
- Ancho de la muestra igual a 100 mm, promedio de 5 especímenes.
- Las pruebas serán realizadas con agua desaireada a 35 kPa de esfuerzo de confinamiento efectivo máximo y a una carga de 14 kPa.
- Valor pico típico para especímenes hidratados durante 24 horas y cortado hasta un esfuerzo normal de 10 kPa.
- El valor promedio mínimo del rollo (MARV) se define como:

$$\text{MARV} = x - t \sigma \approx x - 2 \sigma \text{ (por ejemplo, para un gran número de muestras de prueba por lote)}$$

x = valor medio

t = valor t de student al 97,5% del nivel de confianza

σ = desviación estándar

Fuente: Mina Cuajone.

### 5.4.2. Colocación del GCL

El instalador revisó el área preparada antes de proceder a la colocación del GCL, verificando que presente una superficie uniforme y que no posea elementos que pudieran dañar la integridad del GCL,

asimismo inspeccionará las zanjas de anclaje necesarias para la instalación de los paneles, de igual forma verificará los accesos para las maquinarias que apoyarán en el despliegue del material.

El Instalador realizara el despliegue asegurando y alineando el rollo en la zanja de anclaje para evitar el desplazamiento del panel una vez tendido y el desprendimiento de partículas que puedan dañar el GCL.

Durante la su instalación se fijarán en los bordes de los paneles con sacos rellenos con arena.

Después de la instalación se procederá a realizar una caminata de inspección sobre los paneles de GCL instalados para marcar los defectos que se puedan presentar y realizar las reparaciones necesarias como parte de la instalación.

No se permitirá el despliegue de material en el caso que la subrasante preparada presente estancamiento de agua, hielo o las condiciones climáticas presente un exceso de viento, debiéndose evitar el mayor desperdicio de material.

El traslape considerado en el GCL en cualquier dirección fue como mínimo de 500 mm o mayor en caso lo requiera.

Los traslapes entre paneles fueron orientados de forma tal que el flujo se desplace siempre a través de las caras superiores de geotextil

de tal manera que los paneles ubicados aguas arriba siempre estén sobre los paneles colocados aguas abajo. Adicionalmente se colocó bentonita granular en los traslapes en una cantidad de 300 gr/m.

#### **5.4.3. Capa de geomembrana**

El control ambiental de la capa de Geomembrana, es la capa más importante porque es la que está directamente en contacto con el mineral (roca fracturada) que será lixiviado y con la solución rica producto de la lixiviación.

Es una capa impermeable y para este proyecto se ha considerado usar geomembrana de LLDPE SST (texturada, por un lado) de 1,5 mm para el revestimiento del Pad y geomembrana de HDPE lisa de 1,5 mm para el revestimiento de las pozas y canales. (Ver anexo IV, plano PSR-1 y PRG-1)

Es el primer control que evitará la contaminación del suelo y del agua en caso ocurra una filtración de la solución por rotura de la geomembrana o mala instalación de la misma.

#### **5.4.4. Propiedades de la geomembrana**

El Fabricante proporcionará la geomembrana que iguale o supere el total de valores requeridos en las Tablas 16, 17 y 18, este reporte deberá indicarse en su certificado de control de calidad de la fabricación.

La materia prima que compone la geomembrana deberá ser un producto virgen, no reciclado. La geomembrana cumplió los parámetros indicados en la Tabla 16.

#### 5.4.4.1. Resina de geomembrana

La resina base utilizada como materia prima de la geomembrana será un polietileno compuesto, nuevo, virgen, de primera calidad y producido específicamente para la fabricación de geomembranas. El cual no será reciclado ni combinado con otros tipos de resina. Para cada formulación de lote de geomembrana se considerará un solo tipo de resina provista por un solo fabricante y suministrada por un solo proveedor.

La gravedad específica de la resina se diferencia de la geomembrana por no poseer en su composición el carbón negro ni aditivo y cumple con lo indicado en la Tabla 16.

Tabla 16  
Especificaciones de la resina

Ensayo	Unidad	Designación del Ensayo	Valor Específico
Gravedad específica	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D1505	LLDPE: 0,916 a 0,927
			HDPE: 0,928 a 0,942
Índice de Fusión	%	ASTM D1238 Condición E	< 1 gramo por 10

Fuente: Mina Cuajone.

#### **5.4.4.2. Rollos de geomembrana**

Los rollos de geomembrana utilizados, serán fabricados específicamente para el uso en el proyecto, no podrán ser fabricados de materiales reciclados, no deberán presentar agujeros o presentar daños en su superficie, la lámina de geomembrana será uniforme y no deberá tener burbujas o materiales no dispersos. Asimismo, los rollos se deberán identificar con etiquetas. Deberá consignarse el espesor, el largo, el ancho, el número del rollo y el lugar de la planta.

El porcentaje total combinado de todos los aditivos incluyendo carbón negro, antioxidantes y otros deberá ser menor de 3.5% del peso de la geomembrana. De este 3,5% no más de 1% corresponderán a aditivos diferentes al carbón negro. Todos los aditivos deberán estar dispersos uniformemente a toda la geomembrana.

El Fabricante deberá realizar ensayos de laboratorio de control de calidad en la geomembrana con la frecuencia indicada en estas especificaciones. La geomembrana deberá ser evaluada con los parámetros indicados en las Tablas 17 y 18 de acuerdo con los métodos de ensayo previstos. El Fabricante determinará el ancho de cada rollo.

La elongación multiaxial deberá ser evaluada a través de la marca de dobles para el proceso de soplado de la película o a través de las

soldaduras de fábrica para procesos de extrusión. No se permitirá el efecto de separación en plano (SIP), durante las pruebas de resistencia y elongación.

Tabla 17.

Propiedades para geomembrana SST de LLDPE DE 1,5 MM

Propiedad	Designación del Ensayo		Requerimiento	Frecuencia de Ensayo (mínimo)
Espesor promedio (-5%) Mínimo (-10%)	ASTM D5199	Mm	1,425 <sup>5</sup>	cada rollo
	ASTM D5199	Mm	1,350 <sup>1</sup>	cada rollo
Altura de la aspereza (mín) <sup>2</sup>	ASTM D 7466	Mm	Min: 0,30 Max: 0,60	cada 2do rollo (nota3)
	ASTM D1505/ D792		0,939 <sup>5</sup>	90 000 kg
Gravedad específica				
Resistencia a la tracción en el punto de rotura <sup>4</sup>	ASTM D6693 Tipo IV	N/mm	5 Min. 16	9000 kg
Elongación en el punto de rotura <sup>4</sup>	ASTM D6693 Tipo IV	%	5 250	9000 kg
Módulo al 2%	ASTM D5323	N/mm	Max. 630	para cada formulación
Resistencia al desgarro	ASTM D1004	N	Min. 150 <sup>5</sup>	18 000 kg
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	Min. 300 <sup>5</sup>	18 000 kg
Elongación multiaxial en el punto de rotura	ASTM D5617	%	5	para cada formulación
Contenido de negro de humo	ASTM D1603 (nota 6)	%	Min. 30% 5	9000 kg
Dispersión de negro de humo	ASTM D5596	Categoría	2 a 3% 1 a 2 (nota 7)	18 000 kg
Tiempo de inducción a la oxidación (OIT) (min. prom.) <sup>8</sup> a. OIT estándar, o b. OIT a alta presión	ASTM D3895 ASTM D3895	min. min.	100 <sup>5</sup> 400 <sup>5</sup>	90 000 kg

Continuación...

Continuación...

Envejecimiento en horno a				
85°C <sup>9</sup>				
a.OIT estándar (min. prom.) %	ASTM D5721	%	35 <sup>5</sup>	para cada formulación
retenido después de 90 días;	ASTM D3895	%	60	
o			5	
b.OIT a alta presión (min. prom.) % retenido después de 90 días	ASTM D5885			
Resistencia UV <sup>10</sup>				
a.OIT estándar (min. prom.);	ASTM D7238			para cada formulación
o b.OIT a alta presión (min. prom.) % retenido después	ASTM D3895		N.R. (nota 11)	
de 1 600 hrs <sup>12</sup>	ASTM D5885	%	35	
			5	
Separación en plano (SIP)	(nota 13)	%	no permitido	cada 2do rollo

**Notas:**

1. El valor mínimo indicado corresponde al valor absoluto, no corresponde al mínimo promedio.
2. De 10 lecturas; 8 de 10 deben ser > 0,30 mm.
3. Alternar el lado de la medición para láminas doblemente texturadas.
4. Los valores mínimos de la dirección de la máquina (MD) y de la dirección transversal a la máquina (XMD) deben ser obtenidos en base a 5 muestras de ensayo en cada dirección. La elongación en la fluencia es calculada usando una longitud del sensor de 33 mm. La elongación en la rotura es calculada usando una longitud del sensor de 50 mm.
5. El valor promedio mínimo del rollo (MARV) se define como:  
MARV =  $\bar{x} - t \sigma \approx \bar{x} - 2 \sigma$  (por ejemplo, para un gran número de muestras de prueba por lote)
6. Otros métodos tales como el D 1603 (horno de tubo) o el D 6370 (TGA) son aceptables si se puede establecer una correlación apropiada con el ensayo D 4218 (horno de mufla).
7. La dispersión de negro humo (solo cerca de aglomerados esféricos) para 10 vistas diferentes: 9 en las Categorías 1 ó 2 y 1 en la Categoría 3.
8. El fabricante tiene la opción de seleccionar alguno de los métodos OIT listados para evaluar el contenido de antioxidante en la geomembrana.
9. También es recomendable evaluar muestras a los 30 y 60 días para compararlo con la respuesta a los 90 días.
10. La condición del ensayo debe ser un ciclo de 20 horas de radiación UV a 75°C seguido de 4 horas de condensación a 60°C.
11. No recomendado debido a que la alta temperatura del ensayo Std-OIT produce un resultado irreal para algunos de los antioxidantes en las muestras expuestas a la radiación UV.
12. La resistencia UV está basada en el valor del porcentaje retenido sin tomar en cuenta el valor original HP-OIT.
13. Antes de la fabricación del revestimiento, el Fabricante debe suministrar al Propietario y al Ingeniero sus procedimientos de ensayo para determinar que la lámina no presenta características de SIP.

Fuente Mina Cuajone

Tabla 18.

Propiedades para geomembrana LISA de HDPE de 1,5 MM

Propiedad	Designación del Ensayo		Requerimiento	Frecuencia de Ensayo (mínimo)
Espesor promedio	ASTM D5199	mm	1,500 <sup>5</sup>	cada rollo
Mínimo (-10%)	ASTM D5199	mm	1,350 <sup>1</sup>	cada rollo
Gravedad específica	ASTM D1505/ D792		0,94 <sup>5</sup>	90 000 kg
Resistencia a la tracción en el punto de fluencia <sup>2</sup>	ASTM D6693 Tipo IV	N/mm	5 Min. 22	9000 kg
Resistencia a la tracción en el punto de rotura <sup>2</sup>	ASTM D6693 Tipo IV	N/mm	5 Min. 40	9000 kg
Elongación en el punto de fluencia <sup>2</sup>	ASTM D6693 Tipo IV	%	5 Min. 12	9000 kg
Elongación en el punto de rotura <sup>2</sup>	ASTM D6693 Tipo IV	%	5 700	9000 kg
Resistencia al desgarro	ASTM D1004	N	≥ 187 <sup>5</sup>	20 000 kg
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	≥ 480 <sup>5</sup>	20 000 kg
Elongación multiaxial en el punto de rotura	ASTM D5617	%	≥ 15; Prom 18	para cada formulación
Agrietamiento por esfuerzos ambientales <sup>3</sup>	ASTM D5397 (App.)	hr.	5 300	según GRI GM10
Contenido de negro de humo	ASTM D4218 (nota 4)	%	5 2 a 3	9000 kg
Dispersión de negro de humo	ASTM D5596		(nota 6)	20 000 kg
Tiempo de inducción a la oxidación (OIT) (min. prom.) <sup>7</sup>	ASTM D3895 ASTM D3895	min. min.	100 <sup>5</sup> 400 <sup>5</sup>	90 000 kg
a. OIT estándar, o b. OIT a alta presión				

Continuación...

Continuación...

Envejecimiento en horno				
a	ASTM D5721			
85°C <sup>7 y 8</sup>		%	55% <sup>5</sup>	
a.OIT estándar (min. prom.)	ASTM D3895			
% retenido después de 90 días; o		%	80% <sup>5</sup>	para cada formulación
b.OIT a alta presión	ASTM D5885			
Resistencia UV <sup>9</sup>	ASTM D7238			
a.OIT estándar (min. prom.); o b.OIT a alta presión (min. prom.) %	ASTM D3895		N.R. (nota 10)	
retenido después de 1600 hrs <sup>11</sup>	ASTM D5885	%	50% <sup>5</sup>	para cada formulación
Separación en plano (SIP)	(nota 12)		no permitido	cada 2do rollo

**NOTAS:**

1. El valor mínimo indicado corresponde al valor absoluto, no corresponde al mínimo promedio.
2. Los valores promedio de la dirección de la máquina (MD) y de la dirección transversal a la máquina (XMD) deben ser obtenidos en base a 5 muestras de ensayo en cada dirección. La elongación en la fluencia es calculada usando una longitud del sensor de 33 mm. La elongación en la rotura es calculada usando una longitud del sensor de 50 mm.
3. El esfuerzo en la fluencia utilizado para calcular la carga para el ensayo SP-NCTL deberá ser el valor medio del fabricante a través de ensayos MQC.
4. Otros métodos tales como el D 1603 (horno de tubo) o el D 6370 (TGA) son aceptables si se puede establecer una correlación apropiada con el ensayo D 4218 (horno de mufla).
5. El valor promedio mínimo del rollo (MARV) se define como:  

$$\text{MARV} = \bar{x} - t \sigma \approx \bar{x} - 2 \sigma$$
 (por ejemplo, para un gran número de muestras de prueba por lote)
6. La dispersión de negro humo (solo cerca de aglomerados esféricos) para 10 vistas diferentes: 9 en las Categorías 1 o 2 y 1 en la Categoría 3.
7. El fabricante tiene la opción de seleccionar alguno de los métodos OIT listados para evaluar el contenido de antioxidante en la geomembrana.
8. También es recomendable evaluar muestras a los 30 y 60 días para compararlo con la respuesta a los 90 días.
9. La condición del ensayo debe ser un ciclo de 20 horas de radiación UV a 75°C seguido de 4 horas de condensación a 60°C.
10. No recomendado debido a que la alta temperatura del ensayo Std-OIT produce un resultado irreal para algunos de los antioxidantes en las muestras expuestas a la radiación UV.
11. La resistencia UV está basada en el valor del porcentaje retenido sin tomar en cuenta el valor original HP-OIT.
12. Antes de la fabricación del revestimiento, el Fabricante debe suministrar al Propietario y al Ingeniero sus procedimientos de ensayo para determinar que la lámina no presenta características de SIP.

#### 5.4.4.2. Cordones de soldadura

Los elementos extruidos o cordones usados para la soldadura por extrusión de la geomembrana deberán tener la misma resina y ser del mismo proveedor que la geomembrana. No se permitirá utilizar materiales reciclados. Los elementos extruidos o cordones no deberán estar contaminados con sustancias extrañas y deberán cumplir con las especificaciones señaladas en la Tabla 19, El Fabricante deberá realizar estas pruebas correspondientes con una frecuencia de una prueba por lote.

**Tabla 19.**

#### **Especificaciones para los elementos extruidos o cordones**

Propiedad	Designación del Ensayo	Requerimiento
Gravedad específica	ASTM D1505	La misma que la resina
Porcentaje de negro de humo	ASTM D1603	2 a 3
Índice de fusión	ASTM D1238 Condición E	< 1 gramo por 10 minutos

Fuente: Mina Cuajone

#### 5.4.5. Colocación de la geomembrana

Para la colocación de geomembrana se presentará un plan de despliegue para las zonas indicadas en los planos de diseño de igual forma se verificará los accesos para las maquinarias que apoyarán en el despliegue del material.

Todos los paneles de revestimiento están orientados de tal manera que las costuras sean ejecutadas en dirección de la pendiente. En taludes con una inclinación mayor al 10%, los paneles serán colocados en forma perpendicular a las curvas de nivel. No se realizarán costuras horizontales en taludes con una inclinación mayor de 6:1 (H: V). Todas las costuras horizontales deberán estar separadas por un mínimo de 1 panel sin costura horizontal. En taludes mayores a 6:1 (H: V), todas las costuras transversales deberán estar localizadas en banquetas intermedias donde serán ancladas en una trinchera, de ser necesario. De ser necesario, el Fabricante de geomembrana producirá rollos de un tamaño mayor que se desplegarán su longitud total entre las banquetas. Si las costuras transversales no pueden ser evitadas en taludes inclinados donde no existen banquetas, el final de cada panel será cortado y soldado diagonalmente a 45 grados y localizado dentro de los 25 metros del extremo del panel (traslape del panel inferior/soldadura de fusión).

## **CAPÍTULO VI**

### **MUESTREO Y MONITOREO DE DATOS**

El monitoreo de datos es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa de monitoreo mensual y para guiar las decisiones de gestión. El monitoreo generalmente se dirige a los procesos en lo que respecta a cómo, cuándo y dónde tienen lugar las actividades, quién las ejecuta y a cuántas personas o entidades beneficia.

El monitoreo se realizó una vez comenzado el programa y continúa durante todo el período de implementación y uso del Pad.

En el Pad se ubicaron 08 puntos de monitoreo, con las siguientes ubicaciones:

Tabla 20.

Los 8 puntos de monitoreo (Coordenadas UTM, Zona 18S sistema referencia WGS84). (Ver anexo IV, plano PMD-1)

<b>CODIGO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>PROF. (m)</b>	<b>COTA</b>
PM-001(PH-01)	312 632	8 113 309	20	3 461
PM-002(PH-02)	312 780	8 113 400	25	3471
PM-003(PH-03)	312 862	8 113 324	25	3 477
PM-004	313 177	8 113 609	0.0	3517
PM-005	313 200	8 113 814	0.0	3514
PM-006	313 102	8 113 905	0.0	3522
PM-007(Buzon 2)	312 816	8 113 288	5.0	3451
PM-008(Buzon 1)	313 622	8 113 299	5.0	3451

Fuente: Mina Cuajone

## CONCLUSIONES

1. Con la presente tesis se ha demostrado que la implementación de controles ambientales y geotécnicos evitará la contaminación ambiental tanto del agua como el suelo en el Pad de lixiviación Fase IV de la mina Cuajone.
2. De acuerdo a los ensayos de conductividad hidráulica (permeabilidad), realizados al suelo de baja permeabilidad, presentan un coeficiente de conductividad hidráulica aceptable de  $1,47 \times 10^{-7}$  m/s, haciendo el cálculo del tiempo que se demoraría en traspasar un líquido en la capa de 0,30 m, se tiene un tiempo aproximado de 23,62 días, lo que indica que se tiene 23,6 días para poder reparar la geomembrana rota o parar la lixiviación y con lo cual evitara la contaminación del suelo y el agua, por lo tanto este control protege el medio ambiente de una contaminación directa.
3. La capa de suelo de baja permeabilidad es un control ambiental que evitará que se contamine el suelo en caso que se rompa la capa de geomembrana colocada en la parte superior, ya que ésta es una capa impermeable de 300 mm de espesor como mínimo. La capa de baja permeabilidad está compuesta por un suelo arcilloso de muy baja permeabilidad.

4. Por los resultados obtenidos en los ensayos de análisis químico de las aguas que ingresan al Pad Fase IV (muestras PM-004, PM-005 y PM-006). (Ver anexo II análisis químico del agua), se tiene que los valores obtenidos están por debajo de los límites máximos permisibles según el D.S. N° 010-2010-MINAM, para actividades mineras en operación.
  
5. Por los resultados obtenidos en los ensayos de análisis químico de las aguas que salen del Pad Fase IV (muestras PM-001, PM-002, PM-003, PM-007 y PM-008), se tiene que los valores obtenidos están por debajo de los límites máximos permisibles según el D.S. N° 010-2010-MINAM, para actividades mineras en operación, lo cual indica que no hay contaminación del suelo ni del agua en la zona del proyecto.
  
6. El mapeo geológico geotécnico realizado en la zona donde se emplazara el Pad Fase IV, complementado con las investigaciones geotécnicas de campo (calicatas y ensayos), permitieron identificar 05 unidades geológicas geotécnicas denominadas: Depósito Eluvial (Unidad Geológica-Geotécnica I), Depósito Coluvial (Unidad Geológica-Geotécnica II), Depósito Coluvio-Deluvial (Unidad Geológica-Geotécnica III), Suelo Residual (Unidad

Geológica-Geotécnica IV) y Basamento rocoso (Unidad Geológica-Geotécnica V). Durante el mapeo geológico geotécnico, también se identificaron zonas de relleno controlado y no controlado.

7. De acuerdo a las investigaciones geotécnicas (calicatas y ensayos geofísicos), la zona donde se cimentará el Pad Fase IV, está conformado en superficie por suelo coluvio- deluvial, distribuidos por lo general en las laderas y a lo largo de las quebradas menores, cuyo espesor es aproximadamente de 2 a 4 m, y basamento rocoso los cuales se encuentran aflorando en la zona de taludes de fuerte pendiente y lomadas.
8. De acuerdo a la investigación geotécnica de campo, que consistió en excavación de calicatas, ensayos geofísicos y ensayos de densidad de campo, se concluye que el nivel de cimentación determinado para el Pad Fase IV varía de 0,4 a 1,0 m de profundidad y en la zona de afloramientos rocosos el nivel de desplante es 0,0 m, en esta última zona se deberá realizar un perfilado para cimentar la pila. Los niveles de desplante se representan en el Plano PC-6. (Ver anexo IV)
9. Sobre la base de los resultados de los ensayos de laboratorio, se asignó de manera conservadora, para el análisis geotécnico, los

siguientes parámetros de resistencia cortante (en términos de esfuerzos efectivos):

- o Para el mineral lixiviado se asignó  $34^\circ$  de ángulo de fricción interna y cohesión nula.
  - o Para el relleno estructural se asignó  $33^\circ$  de ángulo de fricción interna y cohesión nula.
  - o Para la interface entre el suelo de baja permeabilidad y el lado texturado de la geomembrana de 1,5 mm se consideró un comportamiento no lineal del material.
  - o Para el depósito coluvio-deluvial se asignó  $33^\circ$  de ángulo de fricción interna y cohesión nula.
  - o Para el suelo residual se asignó  $34^\circ$  de ángulo de fricción interna y 10 kPa de cohesión.
  - Para el basamento rocoso se asignó  $25^\circ$  de ángulo de fricción interna y 120 kPa de cohesión.
10. De acuerdo a los resultados y la interpretación de los ensayos de punzonamiento a la integridad de la geomembrana, la

geomembrana es una capa impermeable de LLDPE SST (texturada por un lado) de 1,5 mm para el revestimiento del Pad, siempre y cuando la altura máxima de apilamiento sea menor a 100 m, lo cual equivale a una carga máxima de mineral de 1700 kPa.

11. Como se puede observar la mayoría de los factores de seguridad resultantes del análisis de estabilidad presentadas en la Tabla 06, considerando el diseño desarrollado (plataformas de estabilidad, berma de estabilidad y cortes de taludes) se encuentran por encima de los mínimos establecidos en los criterios de análisis asumidos en presente estudio, para la condición estática y pseudo-estática. Sin embargo, los factores de seguridad pseudo-estáticos para la falla en bloque de las secciones geológicas geotécnicas (Ver anexo IV, plano SGE-1 a SGE-5). Presentan valores ligeramente por debajo de 1,0; por lo tanto, se puede concluir que la pila es estable en las condiciones analizadas.
  
12. El sistema de subdrenaje permite coleccionar y conducir el agua de flujos subterráneos producto del nivel freático por debajo del revestimiento geosintético del Pad de lixiviación, poza de mayores eventos, y demás estructuras, y direccionarlo hacia los buzones de subdrenaje ubicados aguas abajo de cada estructura, asimismo el sistema de subdrenaje permite realizar el monitoreo del agua de

escorrentía, posibilitando la detección de fugas en el Pad de lixiviación en el caso de una eventual falla del revestimiento primario.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda analizar la estabilidad de la pila en condición estática y pseudo-estática, parámetros drenados de los materiales, ya que esta asunción es válida dada las características granulométricas y de permeabilidad que presenta los materiales donde será cimentada la pila en zonas de quebradas en un depósito reciente estratificado (suelo eluvial, coluvio-deluvial), así como las condiciones de apilamiento del mineral en la pila.
2. Se recomienda utilizar canteras de origen fluvial o afloramiento rocoso bien definidas para la producción de materiales (suelo de baja permeabilidad, grava para drenaje y relleno estructural) con gran capacidad de volumen para ser extraídos para la nueva construcción del Pad Fase IV Etapa III. De acuerdo al estudio de canteras a 2,5 km del Pad se ubican la cantera 1 y cantera 2, se recomienda realizar ensayos de laboratorio para medir las propiedades de resistencia cortante entre la geomembrana y el suelo de baja permeabilidad.
3. Se recomienda utilizar para el análisis de deformaciones permanentes inducidas por el sismo el método de Bray y Travasarou

(2007), que es una metodología recientemente desarrollada y más confiable. Este análisis permitirá asegurar que los desplazamientos permanentes no superen la deformación máxima permisible del revestimiento de geomembrana que no deben superar los 30 cm.

4. En el sistema de subdrenaje se recomienda utilizar tuberías de HDPE de primera calidad, con la proporción de negro humo que permita su resistencia a los factores ambientales durante su instalación definitiva. También se recomienda en la instalación de las tuberías se mantenga una pendiente mínima de 1% que proporcionara un adecuado drenaje de flujos producto del nivel freático o posibles fugas en el Pad de Lixiviación.
5. Se recomienda para la colocación del suelo de baja permeabilidad, la subrasante tenga una superficie nivelada y compactada, estar libres de grietas, material orgánico y material inadecuado. También se recomienda que la capa de suelo de baja permeabilidad tenga un espesor mínimo de 300 mm (0,30 cm) y no tenga exceso de humedad, de tal manera que esta sea compactada a una densidad relativa del 95% según la norma ASTM D698-12 y una humedad en un rango de -2% y +2% del óptimo contenido de humedad.

6. Se recomienda solicitar certificado de control de calidad de fabricación de la Geomembrana LLDPE de 1,5 mm garantizando ser producto virgen, no reciclado, ya que es la capa más importante que estará directamente en contacto con el mineral (roca fracturada), evitará la contaminación del suelo y el agua en caso ocurra una filtración de la solución por rotura de la geomembrana o mala instalación de la misma.
7. Se recomienda la colocación de GCL (revestimiento geosintético de arcilla) en zonas de corte con taludes mayores a 2H:1V, lo cual generara una interface entre revestimiento geosintético y el lado texturado de la geomembrana.
8. Se recomienda la instalación de instrumentos geotécnicos, piezómetros hidráulicos y también inclinómetros, los cuales deben ser instalados en las plataformas del Pad. Estos equipos servirán para monitorear las variaciones del nivel freático, estimar los desplazamientos generados en las plataformas a consecuencia del apilamiento del mineral en la pila.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anddes Asociados S.A.C. (2014). *Estudio Geofísico - Pad de Lixiviación Fase IV*” Proyecto N° L3-X30-001.

Angermann, D., Klost, J., Reigber, C., (1999). *Space-geodetic estimation of the nazca – south america Euler vector*. Earth planet. Sci. Lett. 171, 329-334.

Apuntes de Ingeniería Civil, (2001). *Ingeniería civil*. Apuntes.

Bernal, I. (2002). *Aproximación a un modelo detallado de la sismicidad en el Perú: características y evaluación de la energía sísmica liberada*. Tesis de grado UNSA. 170 p.

Bernal, I.; Tavera, H. y Antayhua, Y. (2001). *Evaluación de la sismicidad y distribución de la energía sísmica en Perú*. IGP Boletín de la Soc. Geológica del Perú. V.92 p 67-78.

Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. New York: Wiley.

Bray J. y Travararou T. (2007). *Simplified Seismic Slope Displacement Procedures.*, K.D.

- Barbat, A. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios, Calidad Siderúrgica*, Madrid. 25.
- Castillo J. (1993). *Peligro Sísmico en el Perú.*, Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Cabrera, F. (2018). *Riesgo geotécnico de las asociaciones de vivienda sol naciente y dos de febrero, Ciudad Nueva-Tacna*. Tesis de posgrado. Escuela de la Posgrado de la Universidad Privada de Tacna. Recuperado de 28 de octubre del 2019. De: <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/591/1/Cabrera-Olivera-Fredy.pdf>
- Gamarra C. & Aguilar Z. (2009). *Nuevas Fuentes Sismogénicas para la Evaluación del Peligro Sísmico y Generación de Espectros de Peligro Uniforme en el Perú.*
- Greenfield (2014). *Especificaciones Técnicas de Geosintéticos -Pad de Lixiviación Fase IV*. Proyecto N° L3-X30-001.
- Greenfield (2014). *Especificaciones Técnicas de Instrumentación Geotécnica - Pad de Lixiviación Fase IV*. Proyecto N° L3-X30-001.
- Greenfield (2014). *Especificaciones Técnicas de Movimiento de Tierras - Pad de Lixiviación Fase IV*. Proyecto N° L3-X30-001.

Jacay et al., (2002). Structural characteristics of the Incapuquio Fault System, southern Peru. 5th International Symposium on Andean Geodynamics. Extended Abstracts: 319–321. Toulouse.

MEM-Dirección General de Asuntos Ambientales (1997). Guía Ambiental para Proyectos de Lixiviación en Pilas.

Manrique y Plazolles. (1983). *Geología de Cuajone. Trabajo presentado al Tercer Congreso Peruano de Geología*. Lima, Perú.

Plazolles. (1983). *Geología de Cuajone*. Trabajo presentado al Tercer Congreso Peruano de Geología. Lima, Perú.

Prandtl, L. (1920). *Über die Harte plastischer Körper*. Narch Ges. Wiss. Goettingen Math- Phys.

Pitilakis (2007). *Earthquake Geotechnical Engineering*, 327-353, Springer.

Reglamento nacional de edificaciones junio del 2006.

Rocscience (2006). *Slide, 2D Limit Equilibrium Slope Stability for Soil and Rock Slopes*. User's Guide.

Ramírez, P. y Alejano, L. (1981). *Mecánica de rocas; fundamento e ingeniería de Taludes*.

Silgado, E. (1978). *Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú, 1513- 1974*. Instituto Geológico Minero del Perú, Lima, 131 págs.

Schumm, S.A. (1991). *To interpret the Earth: Ten ways to be wrong*. Cambridge University Press. Pág. 5-57.

Tavera, H. y Buforn, E. (1998). *Sismicidad y sismotectónica de Perú*. En: A. Udias y E. Buforn (ed.). *Sismicidad y sismotectónica de centro de Sudamérica*. Física de la tierra, UCM., N° 10, 187-219.

Terzaghi, K. (1943). *Theoretical soil mechanics*. New York: J. Wiley.

Varnes, D. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principle and practice*. International Association of Engineering Geology. Pág. 60

Wilson J. (1962)., *Geología de los cuadrángulos de Pachía, Palca*. Com. Carta Geológica nacional. Vol. II N° 4.

# ANEXOS

**ANEXO I**

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO IA**  
**ENSAYO DE SUELO DE BAJA**  
**PERMEABILIDAD**

# Laboratorio de Materiales, Concreto y Mecánica de Suelos



## DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

**PROYECTO :** PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE  
**UBICACIÓN :** CUAJONE  
**SOLICITANTE :** SKEx Construcciones S.A.C.  
**MATERIAL :** SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD  
**CANTERA :** MINA 1  
**FECHA :** 13 DE AGOSTO DEL 2015

### FICHA TECNICA

<b>NORMA :</b>	ASTM D 5084 - 90
<b>TIPO DE SUELO :</b>	SUELO FINO
<b>METODO DE NIVEL DE AGUA :</b>	NIVEL DE AGUA VARIABLE

### PARAMETROS DE LA MUETRA

DESCRIPCION	UNIDAD	INICIAL	FINAL
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10.5	11.4
LONGITUD DE LA MUETRA	cm	13.40	13.70
DIAMETRO DE LA MUETRA	cm	6.34	6.05
P.U	gr/cm3	2.07	2.07
SATURACION	%	70	100

PRESION DE LA CELDA	psi	83
CONTRA PRESION TOTAL	psi	58
TEMPERATURA DEL AGUA	°c	24
GRADIENTE HIDRAULICO		5

### DATOS DEL ENSAYO

AREA DE BURETA (cm <sup>2</sup> )			1.425		
N°	Altura inicial (hi)	Altura final (hf)	Volumen de agua drenado (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (seg)	Temperatura del agua (°C)
1	80	30	2.5	32400	24
2	80	30	2.5	32400	24
3	80	30	2.5	32400	24
4	80	30	2.5	32400	24
5	80	30	2.5	32400	24
<b>PROMEDIO</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	<b>2.5</b>	<b>32400</b>	<b>24</b>

$K_t$  (cm/s) =  $1.7590E-05$   $nt/n20 = 0.909$   $K20$  (cm/s) =  $1.5989E-05$

SUELO CLASIFICADO POR SU PERMEABILIDAD RELATIVA COMO : POCO PERMEABLE

### OBSERVACIONES:

- \*El material fue puesto en el laboratorio por el solicitante.
- \* Los datos fueron proporcionados por el solicitante.
- \* La muestra fue trabajada con material pasante al tamiz N°4

UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
 Dr. Guido Elar Ordoñez Corpán  
 JEFE DEL LABORATORIO DE MATERIALES,  
 CONCRETO Y MECÁNICA DE SUELOS



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA (ASTM D-422)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-F001 Rev: 0 Fecha: 08/05/2015 Pagina: 1 de 1

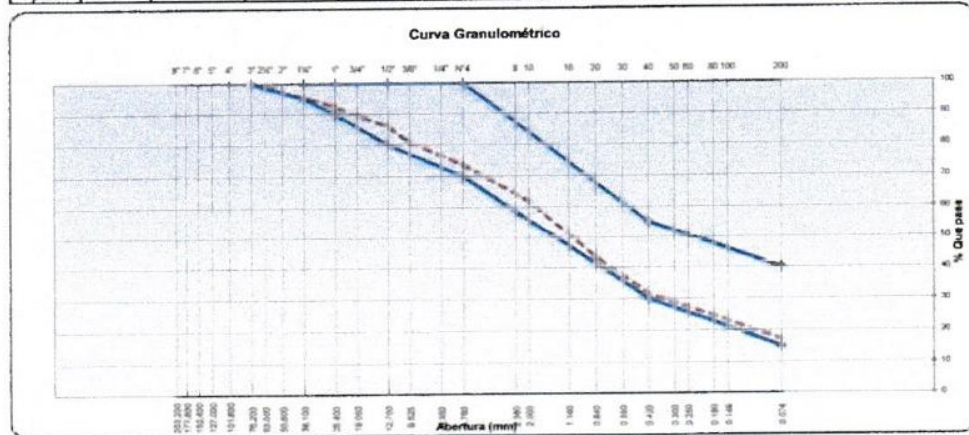
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA (ASTM D-422)**

Ubicación: Pad de Lixiviación  
 Mat. Muestreo: Suelo de Baja Permeabilidad  
 Profundidad: Sector (Zona 2B) Plataforma  
 Fecha Muestreo: 3 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo: 4 de octubre de 2015

Realizado Por: J. Rojas A.  
 Revizado Por: J. Sosa T.  
 Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

REGISTRO N° **116**

Tamiz	Malla mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
8"	203.200						Peso Muestra Total: 22233.0
7"	177.800						Peso de Grava: 5876.0
6"	152.400						Peso de Arena: 16357.0
5"	127.000						Peso Fino: 642.2
4"	101.600						% Grava: 26.4
3"	76.200				100.0	100	% Arena Gruesa: 11.7
2 1/2"	63.500	109.0	0.5	0.5	99.5		% Arena Media: 30.3
2"	50.600	544.0	2.4	2.9	97.1		% Arena Fina: 14.5
1 1/2"	38.100	343.0	1.5	4.5	95.5	95 - 100	% Arcilla: 17.0
1"	25.400	698.0	3.14	7.6	92.4	90 - 100	% Bolonería > 3": 0.00%
3/4"	19.050	621.0	2.79	10.4	89.6		<b>Limites de Consistencia</b>
1/2"	12.700	802.0	3.61	14.0	86.0	80 - 100	Limite Liquido: 24
3/8"	9.525	1193.0	5.37	19.4	80.6		Limite Plástico: 15
No4	4.760	1566.0	7.04	26.4	73.6	70 - 100	Indice Plástico: 9
10	2.000	102.2	11.71	38.1	61.9		<b>Clasificación Suelos</b>
20	0.840	160.3	18.36	56.5	43.5		SUCS: SC
40	0.420	104.3	11.95	68.5	31.5	30 - 55	AASHTO: A-2-4 (0)
100	0.149	85.5	9.79	78.2	21.8		
200	0.074	41.1	4.71	83.0	17.0	15 - 40	
pasa		148.8	17.0	100.0	0.0		



Observaciones: Material cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

Laboratorio SKEx  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: José Sosa Topic  
 Fecha: 09-10-2015

QC SKEx  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 09-10-15

QA SPCC  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: G. CASTILLO  
 Fecha: 09/10/15



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)  
NORMA (ASTM D-4318)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318 )

Ubicación	Pad de Lixiviacion	Realizado Por : J. Rojas A.
Mat. Muestreo	Suelo de Baja Permeabilidad.	Revizado Por : J. Sosa T.
Profundidad	Sector (Zona 2B)Plataforma.	Ing. Resp. : G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	3 de octubre de 2015	
Fecha Ensayo	4 de octubre de 2015	

REGISTRO N° 116

**Limite Liquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	17	23	29
Recipiente N°	5	8	13
Recipiente + Suelo Húmedo	34.22	33.21	32.12
Recipiente + Suelo Seco	29.54	28.85	28.04
Peso Recipiente	10.96	10.94	10.87
Peso Agua	4.68	4.36	4.08
Peso Suelo Seco	18.58	17.91	17.17
% de Humedad	25.19	24.34	23.76

**Limite Plástico**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	4	2	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.09	12.08	
Recipiente + Suelo Seco	11.05	11.06	
Peso Recipiente	4.21	4.25	
Peso Agua	1.04	1.02	
Peso Suelo Seco	6.84	6.81	
% de Humedad	15.20	14.98	

Limite Liquido 24

Limite Plástico 15

I. P. 9



Laboratorio SKEEx  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: Jose Sosa Tapia  
Fecha: 09-10-2015

QC SKEEx  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 09-10-2015

QA SPCC  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: D. W. S. O.  
Fecha: 09/10/15



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina 1 de 1

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

NORMA ( ASTM D - 2216 )

Ubicación Pad de Lixiviacion  
 Mat. Muestreo Suelo de Baja Permeabilidad.  
 Profundidad Sector (Zona 2B)Plataforma.  
 Fecha Muestreo 3 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo 4 de octubre de 2015

Realizado Por : J. Rojas A.  
 Revizado Por : J. Sosa T.  
 Ing. Resp. : G Fuentes Z.

**REGISTRO N° 116**

**DATOS**

N° de Ensayo		1		
N° Tara		T-19		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	856.5		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	794.4		
Peso de Tara	gr.	115.0		
Peso de Agua	gr.	62.1		
Peso Mat. Seco	gr.	679.4		
Humedad Natural	%	9.14		
Promedio de Humedad	%	9.1		

**OBSERVACIONES:**

Laboratorio SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: José Sosa Topio  
 Fecha: 09-10-2015

QC SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 09-10-15

QA SPCC  
 Firma:   
 Nombre: D. Osorio  
 Fecha: 09/10/15



**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR  
(ASTM D-698)**



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-004 Rev: 0 Fecha : 08/05/2015 Pagina: 1 de 1

**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR  
(NORMA ASTM D 698)**

Ubicación: Pad de Lixiviacion Realizado Por: J. Rojas A.  
 Muestra: Suelo de Baja Permeabilidad Revizado Por: J. Sosa T.  
 Profundidad: Sector (Zona 2B)Plataforma Ing. Resp.: G. Fuentes Z.  
 Fecha Muestreo: 3 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo: 4 de octubre de 2015

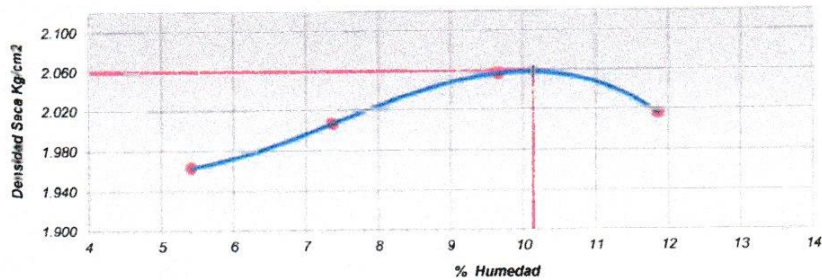
REGISTRO N° 116

Tipo de Molde : 4 Pulgadas  
 Metodo : B

Peso suelo + molde	gr	6245	6326	6421	6421
Peso molde	gr	4292	4292	4292	4292
Peso suelo húmedo compactado	gr	1953	2034	2129	2129
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	gr	2.069	2.155	2.255	2.255
Recipiente N°		T-16	T-3	L-8	L-1
Peso del suelo húmedo+tara	gr	784.4	1322.2	894.4	780.4
Peso del suelo seco + tara	gr	749.4	1275.0	825.3	706.6
Tara	gr	103.0	634.0	110.0	84.0
Peso de agua	gr	35.00	47.20	69.10	73.80
Peso del suelo seco	gr	646.40	641.00	715.30	622.60
Contenido de agua	%	5.41	7.36	9.66	11.85
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	gr/cm <sup>3</sup>	1.963	2.007	2.057	2.016

Densidad Máxima (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.059 Humedad Óptima (%) = 10.14

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718

Gravedad Especifica, Dc	2.412	Peso suelo húmedo+tara	2988.4
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, P <sub>c</sub>	19.4	Peso suelo seco + tara	2893.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, P <sub>f</sub>	80.6	Peso de Tara	110.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, W <sub>o</sub>	10.14	Peso de agua	95.4
contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, W <sub>c</sub>	3.4	Peso fracción grueso seco	2783.0
<b>Contenido de Humedad Óptima Corregido, C<sub>w</sub></b>	<b>8.84</b>	Contenido de humedad	3.4
Densidad seca de la Fracción Fina, g <sub>DF</sub>	2.059		
<b>Densidad Seca Corregida</b>	<b>2.119</b>		

Laboratorio SKEx
Firma:
Nombre: <u>Jose Sosa Tapia</u>
Fecha: <u>09-10-2015</u>

QC SKEE
Firma:
Nombre: <u>G. Fuentes Z.</u>
Fecha: <u>09-10-15</u>

QA SPCC
Firma:
Nombre: <u>J. Sosa T.</u>
Fecha: <u>09/10/15</u>



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-005

Rev: 0

Fecha : 08/05/2015

Pagi 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS**  
NORMA (ASTM C- 127)

Ubicación Pad de Lixiviacion  
Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.  
Profundidad Sector (Zona 2B)Plataforma.  
Fecha Muestreo 3 de octubre de 2015  
Fecha Ensayo 4 de octubre de 2015

Realizado p J. Rojas A.  
Revizado p J. Sosa T.  
Ing. Respo G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 116

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3398.4	3342.2		
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2034	2008		
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1364.4	1334.2		
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3278	3231.4		
E Vol de masas = C-(A-D)	1244	1223.4		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.403	2.422		2.412
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.491	2.505		2.498
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.635	2.641		2.638
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.7	3.4		3.6

OBSERVACIONES: .....

.....

.....

Laboratorio SKEEx  
Firma:   
Nombre: José Sosa Tapa  
Fecha: 09-10-2015

QC SKEEx  
Firma:   
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 09-10-15

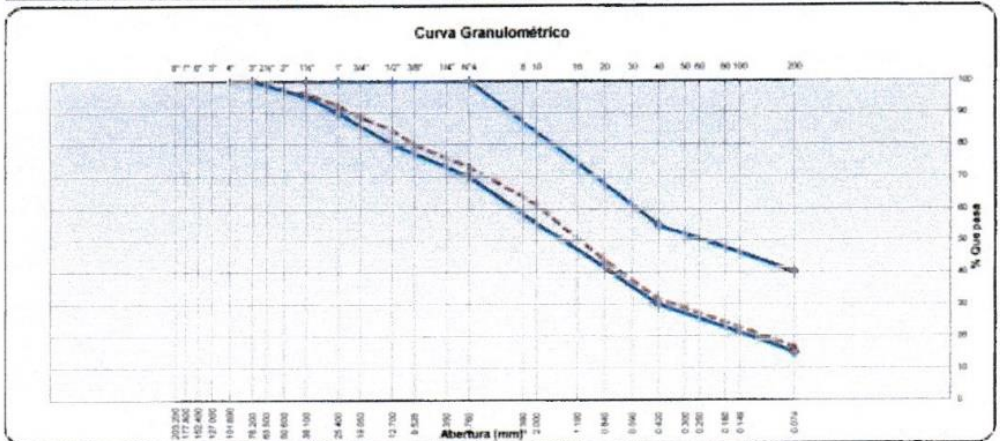
QA SPCC  
Firma:   
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 09/10/15

Cod Reg: RE-15001-LAB-F001    Rev: 0    Fecha: 08/05/2015    Pagina: 1 de 1




<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b> NORMA (ASTM D - 422)
---

Ubicación: <u>Pad de Lixiviación</u> Mat. Muestr: <u>Suelo de Baja Permeabilidad.</u> Profundidad: <u>Sector (Zona 1B)Plataforma.</u> Fecha Muestreo: <u>5 de octubre de 2015</u> Fecha Ensayo: <u>6 de octubre de 2015</u>	Realizado Por: <u>J. Rojas A.</u> Revizado Por: <u>J. Sosa T.</u> Ing. Resp.: <u>G. Fuentes Z.</u>	<b>REGISTRO N° 117</b>
---	--	------------------------

Malla Tamiz	mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
8"	203.200						Peso Muestra Total : <b>25669.0</b>
7"	177.800						Peso de Grava : 6938.0
6"	152.400						Peso de Arena : 18731.0
5"	127.000						Peso Fino : <b>632.2</b>
4"	101.600						% Grava : 27.0
3"	76.200				100.0	100	% Arena Gruesa : 11.6
2 1/2"	63.500	<b>233.0</b>	0.9	0.9	99.1		% Arena Media : 29.7
2"	50.800	<b>644.0</b>	2.5	3.4	96.6		% Arena Fina : 15.2
1 1/2"	38.100	<b>132.0</b>	0.5	3.9	96.1	95 - 100	% Arcilla : 16.5
1"	25.400	<b>1022.0</b>	3.98	7.9	92.1	90 - 100	% Bolonera > 3" : 0.00%
3/4"	19.050	<b>899.0</b>	3.50	11.4	88.6		<b>Limites de Consistencia</b>
1/2"	12.700	<b>1032.0</b>	4.02	15.4	84.6	80 - 100	Limite Liquido : <b>24</b>
3/8"	9.525	<b>1243.0</b>	4.84	20.3	79.7		Limite Plástico : <b>16</b>
No#	4.760	<b>1733.0</b>	6.75	27.0	73.0	70 - 100	Indice Plástico : <b>9</b>
10	2.000	<b>100.2</b>	11.57	38.6	61.4		<b>Clasificación Suelos</b>
20	0.840	<b>154.4</b>	17.82	56.4	43.6		SUCS : <b>SC</b>
40	0.420	<b>103.2</b>	11.91	68.3	31.7	30 - 55	AASHTO : <b>A-2-4 (0)</b>
100	0.149	<b>88.4</b>	10.20	78.5	21.5		
200	0.074	<b>43.3</b>	5.00	83.5	16.5	15 - 40	
pasa		<b>142.7</b>	16.5	100.0	0.0		



Observaciones: Material cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

<b>Laboratorio SKEx</b>	<b>QC SKEx</b>	<b>QA/SPC</b>
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Nombre: <u>José Sosa Topa</u>	Nombre: <u>G. Fuentes Z.</u>	Nombre: <u>D. Osorio</u>
Fecha: <u>09-10-2015</u>	Fecha: <u>09-10-2015</u>	Fecha: <u>09/10/15</u>

Referencia: POE-15001-LAB-001



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**  
NORMA (ASTM D-4318)



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

Ubicación	<u>Pad de Lixiviación</u>	Realizado Por : J. Rojas A.
Mat. Muestreo	<u>Suelo de Baja Permeabilidad</u>	Revizado Por : J. Sosa T.
Profundidad	<u>Sector (Zona 1B)Plataforma.</u>	Ing. Resp. : G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	<u>5 de octubre de 2015</u>	
Fecha Ensayo	<u>6 de octubre de 2015</u>	

**REGISTRO N° 117**

**Limite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	18	24	29
Recipiente N°	7	9	14
Recipiente + Suelo Húmedo	33.21	34.23	33.19
Recipiente + Suelo Seco	28.72	29.67	28.86
Peso Recipiente	10.92	11.01	10.78
Peso Agua	4.49	4.56	4.33
Peso Suelo Seco	17.80	18.66	18.08
% de Humedad	25.22	24.44	23.95

**Limite Plástico**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	3	12	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.87	12.23	
Recipiente + Suelo Seco	11.70	11.15	
Peso Recipiente	4.22	4.23	
Peso Agua	1.17	1.08	
Peso Suelo Seco	7.48	6.92	
% de Humedad	15.64	15.61	

Limite Líquido **24**

Limite Plástico **16**

I. P. **9**



Laboratorio SKEEx  
Firma:   
Nombre: José Sosa Tapo  
Fecha: 09-10-2015

QC SKEEx  
Firma:   
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 09-10-15

QA SPCC  
Firma:   
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 09/10/15

Referencia: POE-15001-LAB-002

POE-15001-LAB-003



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003    Rev: 0    Fecha: 08/05/2015    Pagina 1 de 1

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

NORMA ( ASTM D - 2216 )

Ubicación	<u>Pad de Lixiviacion</u>	Realizado Por : J. Rojas A.
Mat. Muestreo	<u>Suelo de Baja Permeabilidad.</u>	Revizado Por : J. Sosa T.
Profundidad	<u>Sector (Zona 1B)Plataforma.</u>	Ing. Resp. : G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	<u>5 de octubre de 2015</u>	
Fecha Ensayo	<u>6 de octubre de 2015</u>	

**REGISTRO N° 117**

**DATOS**

N° de Ensayo		1		
N° Tara		T-14		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	932.3		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	865.0		
Peso de Tara	gr.	132.0		
Peso de Agua	gr.	67.3		
Peso Mat. Seco	gr.	733.0		
Humedad Natural	%	9.18		
Promedio de Humedad	%		9.2	

**OBSERVACIONES:**

.....

.....

<b>Laboratorio SKEEx</b>
Firma:
Nombre: José Sosa Topio
Fecha: 09-10-2015

<b>QC SKEEx</b>
Firma:
Nombre: G. Fuentes Z.
Fecha: 09-10-15

<b>QA/SPCC</b>
Firma:
Nombre: D. Castillo
Fecha: 09/10/15

Referencia: POE-15001-LAB-005

**PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- CUAJONE**

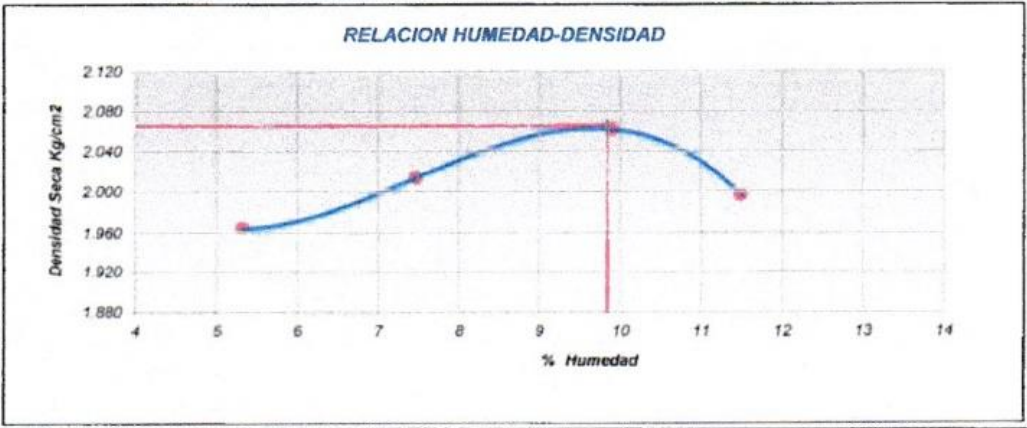
Cod Reg: RE-15001- LAB-004      Rev: 0      Fecha : 08/05/2015      Pagina: 1 de 1

**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR**  
(NORMA ASTM D 698)


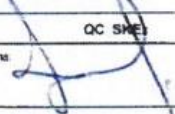
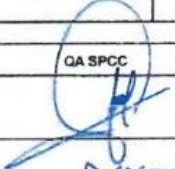
Ubicación: <u>Pad de Lixiviación</u>	Realizado Por: J. Rojas A.
Muestra: <u>Suelo de Baja Permeabilidad.</u>	Revizado Por: J. Sosa T.
Profundidad: <u>Sector (Zona 1B)Plataforma.</u>	Ing. Resp: G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo: <u>5 de octubre de 2015</u>	
Fecha Ensayo: <u>6 de octubre de 2015</u>	<b>REGISTRO N° 117</b>

Tipo de Molde	: 4 Pulgadas				
Metodo	: B				
Peso suelo + molde	gr	6245	6335	6431	6394
Peso molde	gr	4292	4292	4292	4292
Peso suelo húmedo compactado	gr	1953	2043	2139	2102
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	gr	2.069	2.164	2.266	2.227
Recipiente N°		N-8	L-4	L-2	I-14
Peso del suelo húmedo+tara	gr	1311.2	893.3	854.4	1288.4
Peso del suelo seco + tara	gr	1271.0	839.0	787.0	1209.0
Tara	gr	515.0	112.0	106.0	518.0
Peso de agua	gr	40.20	54.30	67.40	79.40
Peso del suelo seco	gr	756.00	727.00	681.00	691.00
Contenido de agua	%	5.32	7.47	9.90	11.48
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	gr/cm <sup>3</sup>	1.954	2.014	2.062	1.997

**Densidad Máxima (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.065      Humedad Óptima (%) = 9.84**



CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718			
Gravedad Especifica, Dc	2.404	Peso suelo húmedo+tara	3454.4
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, Pc	20.3	Peso suelo seco + tara	3321.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, Pf	79.7	Peso de Tara	109.0
Contenido de Humedad optima del Proctor, Wo	9.84	Peso de agua	133.4
contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, Wc	4.2	Peso fracción grueso seco	3212.0
<b>Contenido de Humedad Óptima Corregido, Cw</b>	<b>8.69</b>	Contenido de humedad	<b>4.2</b>
Densidad seca de la Fracción Fina, gDF	2.065		
<b>Densidad Seca Corregida</b>	<b>2.126</b>		

<p style="text-align: center; font-weight: bold;">Laboratorio SKEx</p> <p>Firma: </p> <p>Nombre: <u>José Sosa Topio</u></p> <p>Fecha: <u>09-10-2015</u></p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold;">QC SKE</p> <p>Firma: </p> <p>Nombre: <u>G. Fuentes Z.</u></p> <p>Fecha: <u>09-10-15</u></p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold;">QA SPCC</p> <p>Firma: </p> <p>Nombre: <u>D. Ostina</u></p> <p>Fecha: <u>09/10/15</u></p>
--	--	---



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-005

Rev: 0

Fecha : 08/05/2015

Pagi 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS**

NORMA (ASTM C - 127)

Ubicación Pad de Lixiviacion

Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.

Profundidad Sector (Zona 1B)Plataforma.

Fecha Muestreo 5 de octubre de 2015

Fecha Ensayo 6 de octubre de 2015

Realizado J. Rojas A.

Revizado p.J. Sosa T.

Ing. Respo G. Fuentes Z.

REGISTRO N° **117**

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	4233.3	3894.4		
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2533	2333		
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1700.3	1561.4		
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	4085	3755.5		
E Vol de masas = C-(A-D)	1552	1422.5		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.403	2.405		2.404
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.490	2.494		2.492
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.632	2.640		2.636
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.6	3.7		3.7

OBSERVACIONES:



.....  
.....  
.....

Laboratorio SKEEx	
Firma:	
Nombre:	Jose Sosa Tapia
Fecha:	09-10-2015

QA SKEEx	
Firma:	
Nombre:	G. Fuentes Z.
Fecha:	09-10-15

QA SPCC	
Firma:	
Nombre:	D. Cosma
Fecha:	09/10/15

Referencia: POE-15001-LAB-004

	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> <b>NORMA (ASTM D-422)</b>	
	<b>PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"</b>	

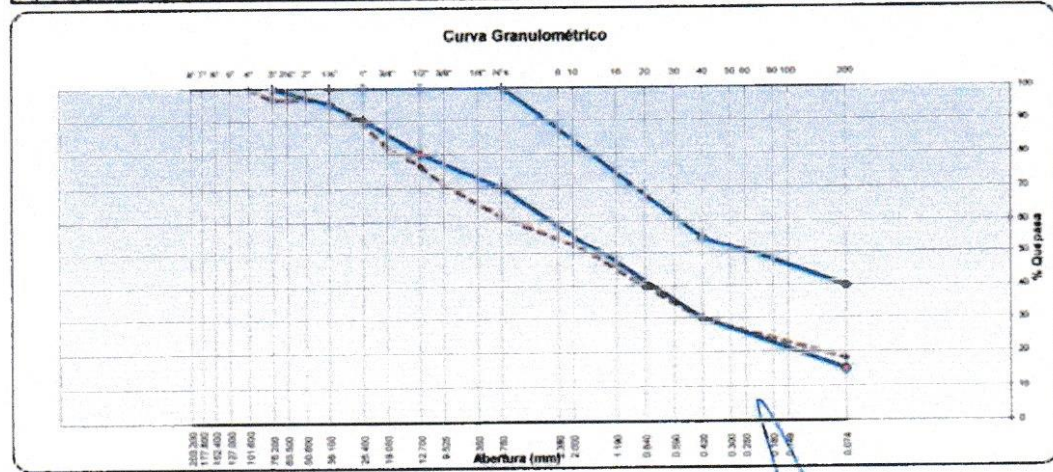
Cod Reg: RE-15001-LAB-F001    Rev: 0    Fecha: 08/05/2015    Pagina: 1 de 1

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMA (ASTM D - 422)




Ubicación	<u>Pad de Lixiviación (Poza PLS)</u>	Realizado Por : J. Rojas A.
Mat. Muestreo	<u>Suelo de Baja Permeabilidad.</u>	Revizado Por : J. Sosa T.
Profundidad	<u>Poza PLS</u>	Ing. Resp. : G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	<u>11 de octubre de 2015</u>	
Fecha Ensayo	<u>12 de octubre de 2015</u>	

REGISTRO N° 120

Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
Tamiz	mm.						
8"	203.200						Peso Muestra Total : 20498.0
7"	177.800						Peso de Grava : 7909.0
6"	152.400						Peso de Arena : 12589.0
5"	127.000						Peso Fino : 805.5
4"	101.600				100.0		% Grava : 38.6
3"	76.200	775.0	3.8	3.8	96.2	100	% Arena Gruesa : 8.6
2 1/2"	63.500						% Arena Media : 23.4
2"	50.800						% Arena Fina : 11.5
1 1/2"	38.100	202.0	1.0	4.8	95.2	95 - 100	% Arcilla : 18.0
1"	25.400	1311.0	6.40	11.2	88.8	90 - 100	% Bolonería > 3" : 0.00%
3/4"	19.050	1433.0	6.99	18.2	81.8		<b>Límites de Consistencia</b>
1/2"	12.700	1097.0	5.35	23.5	76.5	80 - 100	Límite Líquido : 25
3/8"	9.525	1154.0	5.63	29.1	70.9		Límite Plástico : 15
No#4	4.760	1937.0	9.45	38.6	61.4	70 - 100	Índice Plástico : 10
10	2.000	112.3	8.56	47.1	52.9		<b>Clasificación Suelos</b>
20	0.840	174.1	13.27	60.4	39.6		SUCS : SC
40	0.420	132.3	10.09	70.5	29.5	30 - 55	AASHTO : A-2-6 (0)
100	0.149	112.2	8.55	79.1	20.9		
200	0.074	38.1	2.90	82.0	18.0	15 - 40	
pasa		236.5	18.0	100.0	0.0		



Observaciones: Material no cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

Laboratorio SKEx	QC SKEx	P&T
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Nombre: <u>Jose Sosa Tapia</u>	Nombre: <u>G. Fuentes Z</u>	Nombre: <u>J. MIRON</u>
Fecha: <u>13-10-2015</u>	Fecha: <u>13-10-15</u>	Fecha: <u>13 10 15</u>

Referencia: POE-15001-LAB-001



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)  
NORMA (ASTM D-4318)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Página: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

Ubicación	Pad de Lixiviación (Poza PLS)	Realizado Por: J. Rojas A.
Mat. Muestreo	Suelo de Baja Permeabilidad	Revizado Por: J. Sosa T.
Profundidad	Poza PLS	Ing. Resp.: G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	11 de octubre de 2015	
Fecha Ensayo	12 de octubre de 2015	

REGISTRO N° 120

**Límite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	16	23	29
Recipiente N°	6	7	12
Recipiente + Suelo Húmedo	34.12	34.23	31.54
Recipiente + Suelo Seco	29.23	29.47	27.41
Peso Recipiente	10.89	10.92	10.94
Peso Agua	4.89	4.76	4.13
Peso Suelo Seco	18.34	18.55	16.47
% de Humedad	26.66	25.66	25.08

**Límite Plástico**

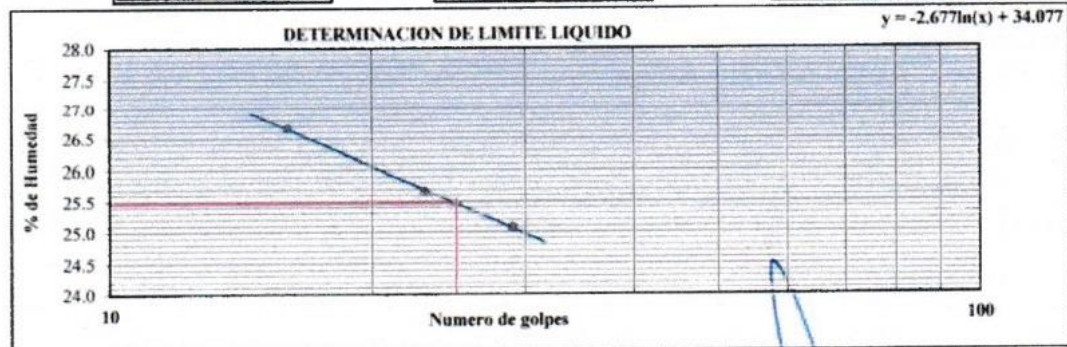
ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	6	5	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.33	12.03	
Recipiente + Suelo Seco	11.26	10.98	
Peso Recipiente	4.21	4.22	
Peso Agua	1.07	1.05	
Peso Suelo Seco	7.05	6.76	
% de Humedad	15.18	15.53	

Límite Líquido 25

Límite Plástico 15

I. P. 10



Laboratorio SKEEx  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: JOSÉ SOSA TAPIA  
Fecha: 13-10-2015

QC SKEEx  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 13-10-15

QA SKEEx  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: J. MORON  
Fecha: 13/10/15

Referencia: POE-15001-LAB-002

POE-15001-LAB-003



CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina

1 de 1

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NORMA (ASTM D - 2216 )

Ubicación Pad de Lixiviacion (Poza PLS)  
 Mat. Muestreo Suelo de Baja Permeabilidad.  
 Profundidad Poza PLS  
 Fecha Muestreo 11 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo 12 de octubre de 2015

Realizado Por : J. Rojas A.  
 Revizado Por : J. Sosa T.  
 Ing. Resp. : G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 120

DATOS

N° de Ensayo		1		
N° Tara		TC-6		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	731.1		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	701.0		
Peso de Tara	gr.	103.0		
Peso de Agua	gr.	30.1		
Peso Mat. Seco	gr.	598.0		
Humedad Natural	%	5.03		
Promedio de Humedad	%		5.0	

OBSERVACIONES:

Laboratorio SKEEx

Firma:

Nombre: JOSÉ SOSA TAPIA

Fecha: 13-10-2015

QC SKEEx

Firma:

Nombre: G. Fuentes Z

Fecha: 13-10-15

QA SPCC

Firma:

Nombre: J. Morón

Fecha: 13 10 15

Referencia: POE-15001-LAB-005



**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR  
(ASTM D-698)**



**PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- CUAJONE**

Cod Reg: RE-15001- LAB-004    Rev. 0    Fecha : 08/05/2015    Pagina. 1 de 1

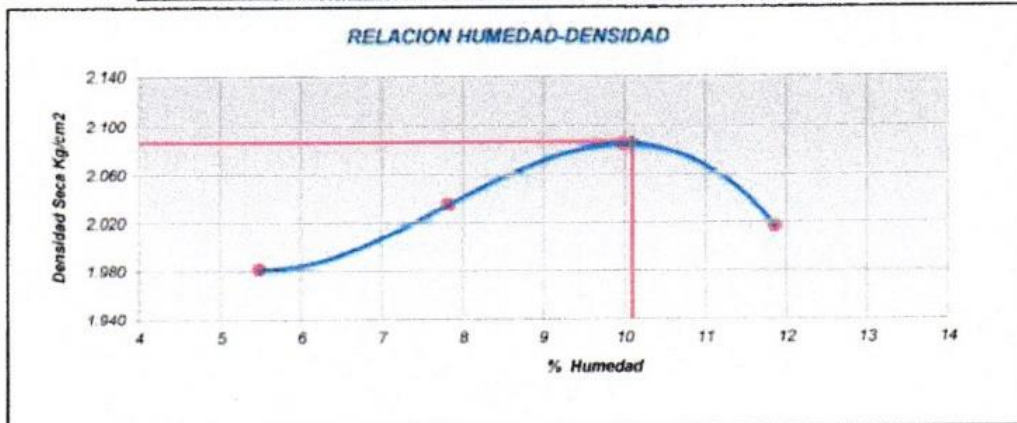
**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR  
(NORMA ASTM D 698)**

Ubicación: Pad de Lixiviación (Poza PLS)    Realizado Por: J. Rojas A.  
 Muestra: Suelo de Baja Permeabilidad.    Revizado Por: J. Sosa T.  
 Profundidad: Poza PLS    Ing Resp: G. Fuentes Z.  
 Fecha Muestreo: 11 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo: 12 de octubre de 2015

**REGISTRO N° 120**

Tipo de Molde	: 6 Pulgadas					
Metodo	: C					
Peso suelo + molde	gr	11145	11365	11576	11498	
Peso molde	gr	6708	6708	6708	6708	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4437	4657	4868	4790	
Volumen del molde (cm³)	cm³	2123	2123	2123	2123	
Densidad húmeda (gr/cm³)	gr	2.090	2.194	2.293	2.256	
Recipiente N°		T-22	I-14	T-14	T-20	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	987.3	1254.4	894.4	780.4	
Peso del suelo seco + tara	gr	963.0	1201.0	825.3	706.6	
Tara	gr	520.0	518.0	133.0	84.0	
Peso de agua	gr	24.30	53.40	69.10	73.80	
Peso del suelo seco	gr	443.00	683.00	692.30	622.60	
Contenido de agua	%	5.49	7.82	9.98	11.85	
Densidad Seca (gr/cm³)	gr/cm³	1.981	2.035	2.085	2.017	

**Densidad Máxima (gr/cm³) = 2.086    Humedad Óptima (%) = 10.10**



**CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718**

Gravedad Especifica, Dc	2.405	Peso suelo húmedo+tara	3043.3
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, P <sub>c</sub>	29.1	Peso suelo seco + tara	2934.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, P <sub>f</sub>	70.9	Peso de Tara	103.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, W <sub>o</sub>	10.10	Peso de agua	109.3
Contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, W <sub>c</sub>	3.9	Peso fracción gruesa seco	2831.0
<b>Contenido de Humedad Óptima Corregido, C<sub>w</sub></b>	<b>8.28</b>	Contenido de humedad	3.9
Densidad seca de la Fracción Fina, g <sub>DF</sub>	2.086		
<b>Densidad Seca Corregida</b>	<b>2.170</b>		

Laboratorio SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: JOSÉ SOSA TAPIA  
 Fecha: 13-10-2015

QC SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 13-10-2015

QC SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: J. MORON  
 Fecha: 13/10/15



**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS AGREGADOS NORMA (ASTM C- 127)**



**PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE**

Cod Reg: RE-15001- LAB-005

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagi 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS NORMA (ASTM C- 127)**

Ubicación **Pad de Lixiviacion (Poza PLS)**

Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.

Profundidad Poza PLS

Fecha Muestreo 11 de octubre de 2015

Fecha Ensayo 12 de octubre de 2015

Realizado p J. Rojas A.

Revizado p J. Sosa T.

Ing. Respo G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 120**

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
<b>A</b> Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3412.2	3290.4	7	
<b>B</b> Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2038	1975		
<b>C</b> Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1374.2	1315.4		
<b>D</b> Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3301	3167		
<b>E</b> Vol de masas = C-(A-D)	1263	1192		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.402	2.408		2.405
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.483	2.501		2.492
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.614	2.657	2.635	
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.4	3.9	3.6	

**OBSERVACIONES:**

<b>Laboratorio SKEEx</b>
Firma:
Nombre: <b>JOSÉ SOSA TAPIA</b>
Fecha: <b>13-10-2015</b>

<b>QC SKEEx</b>
Firma:
Nombre: <b>G. Fuentes Z.</b>
Fecha: <b>13-10-15</b>

<b>QA SPCC</b>
Firma:
Nombre: <b>J. Moron</b>
Fecha: <b>13/10/15</b>

Referencia: POE-15001-LAB-004



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA (ASTM D-422)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-F001

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina:

1 de 1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA (ASTM D - 422)

Ubicación: Pad de Lixiviación  
 Mat. Muestreo: Suelo de Baja Permeabilidad.  
 Profundidad: Sector (Zona 2B)Plataforma  
 Fecha Muestreo: 23 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo: 24 de octubre de 2015

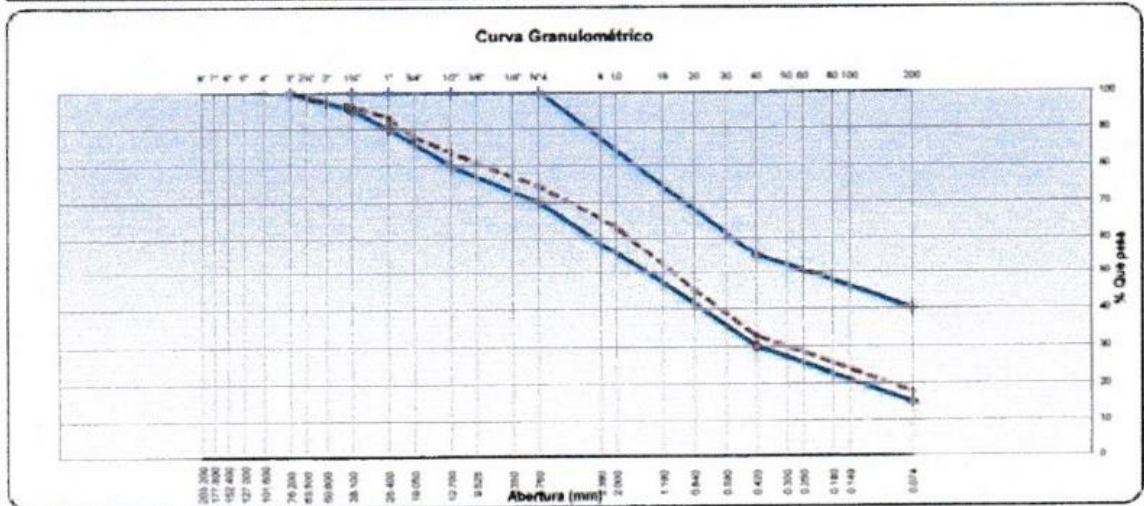
Realizado Por: J. Rojas A.

Revizado Por: J. Sosa T.

Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

REGISTRO N° **131**

Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
Tamiz	mm.						
8"	203.200						Peso Muestra Total : 27555.0
7"	177.800						Peso de Grava : 7041.0
6"	152.400						Peso de Arena : 20514.0
5"	127.000						Peso Fino : 745.4
4"	101.600						% Grava : 25.6
3"	76.200				100.0	100	% Arena Gruesa : 11.3
2 1/2"	63.500	544.0	2.0	2.0	98.0		% Arena Media : 30.3
2"	50.600	343.0	1.2	3.2	96.8		% Arena Fina : 15.0
1 1/2"	38.100	167.0	0.6	3.8	96.2	95 - 100	% Arcilla : 17.8
1"	25.400	899.0	3.26	7.1	92.9	96 - 100	% Boloneria > 3" : 0.00%
3/4"	19.050	1456.0	5.28	12.4	87.6		<u>Limites de Consistencia</u>
1/2"	12.700	1121.0	4.07	16.4	83.6	80 - 100	Limite Liquido : 24
3/8"	9.525	778.0	2.82	19.3	80.7		Limite Plástico : 15
No4	4.750	1733.0	6.29	25.6	74.4	70 - 100	Indice Plástico : 9
10	2.000	113.5	11.34	36.9	63.1		<u>Clasificación Suelos</u>
20	0.840	180.5	18.03	54.9	45.1		SUCS SC
40	0.420	123.3	12.31	67.2	32.8	30 - 55	AASHTO A-2-4 (0)
100	0.149	99.8	9.97	77.2	22.8		
200	0.074	50.5	5.04	82.2	17.8	15 - 40	
pasa		177.8	17.8	100.0	0.0		




Observaciones: Material cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

Laboratorio SKEEx  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: Thommy Rojas A.  
 Fecha: 26-10-2015

OC SKEEx  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 27-10-15

QA/QC  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: J. CORRAJETA.  
 Fecha: 27-10-15

<b>SKEEx</b> CONSTRUCCIONES	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)</b> NORMA (ASTM D-4318)	 SOUTHERN COPPER
PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"		
Cod Reg: RE-15001-LAB-002	Rev: 0	Fecha: 08/05/2015
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)</b>		Pagina: 1 de 1
NORMA (ASTM D - 4318)		

Ubicación	Pad de Lixiviación	Realizado Por : J. Rojas A.
Mat. Muestreo	Suelo de Baja Permeabilidad.	Revizado Por : J. Sosa T.
Profundidad	Sector (Zona 2B)Plataforma.	Ing. Resp. : G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	23 de octubre de 2015	
Fecha Ensayo	24 de octubre de 2015	

**REGISTRO N° 131**

**Limite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	17	23	30
Recipiente N°	5	12	1
Recipiente + Suelo Húmedo	32.45	36.33	32.29
Recipiente + Suelo Seco	28.11	31.35	28.20
Peso Recipiente	10.96	10.94	10.97
Peso Agua	4.34	4.98	4.09
Peso Suelo Seco	17.15	20.41	17.23
% de Humedad	25.31	24.40	23.74

**Limite Plástico**

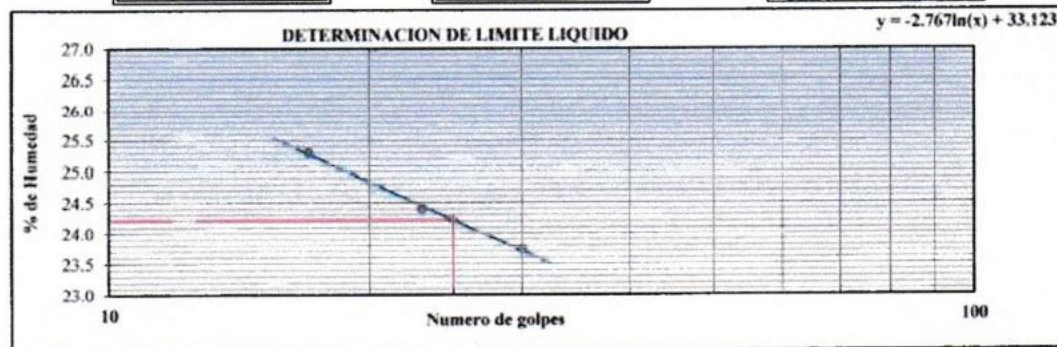
ASTM D 4318

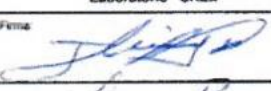
Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	2	7	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.65	12.73	
Recipiente + Suelo Seco	11.52	11.60	
Peso Recipiente	4.25	4.2	
Peso Agua	1.13	1.13	
Peso Suelo Seco	7.27	7.40	
% de Humedad	15.54	15.27	

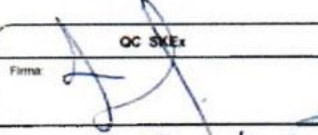
Limite Líquido **24**


Limite Plástico **15**

I. P. **9**



Laboratorio SKEEx	
Firma:	
Nombre:	Hernan Rojas A.
Fecha:	26-10-2015

OC SKEEx	
Firma:	
Nombre:	G. Fuentes Z.
Fecha:	27-10-15

QA SPCC	
Firma:	
Nombre:	J. G. Fuentes Z.
Fecha:	27-10-15.

Referencia: POE-15001-LAB-002

POE-15001-LAB-003



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina 1 de 1

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

NORMA ( ASTM D - 2216 )

Ubicación Pad de Lixiviacion  
 Mat. Muestreo Suelo de Baja Permeabilidad.  
 Profundidad Sector (Zona 2B)Plataforma.  
 Fecha Muestreo 23 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo 24 de octubre de 2015

Realizado Por : J. Rojas A.  
 Revizado Por : J. Sosa T.  
 Ing. Resp. : G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 131**

**DATOS**

N° de Ensayo		1		
N° Tara		T-3		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	1274.4		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	1219.0		
Peso de Tara	gr.	634.0		
Peso de Agua	gr.	55.4		
Peso Mat. Seco	gr.	585.0		
Humedad Natural	%	9.47		
Promedio de Humedad	%		9.5	

**OBSERVACIONES:**

.....

.....

**Laboratorio SKEx**

Firma:

Nombre: Jhonny Rojas A.

Fecha: 26-10-2015

**QC SKEx**

Firma:

Nombre: G. Fuentes Z.

Fecha: 26-10-15

**QA SPOC**

Firma:

Nombre: J. CORRALES H.

Fecha: 26-10-15.

**PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- CUAJONE**

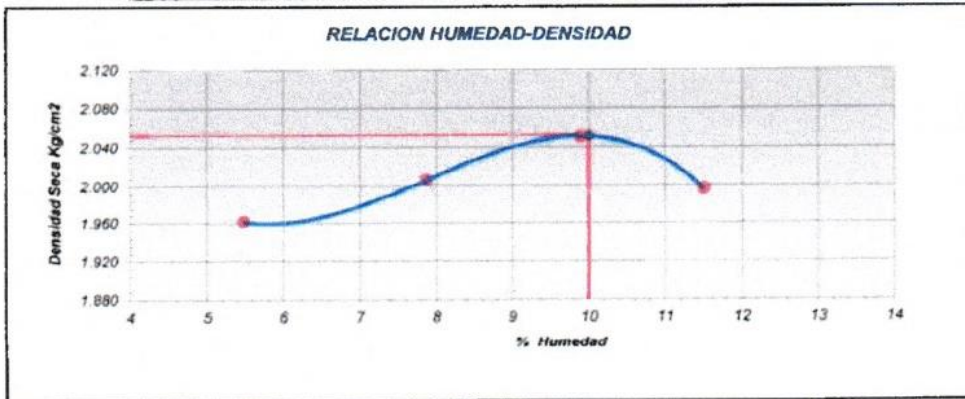
Cod Reg: RE-15001- LAB-004      Rev: 0      Fecha : 08/05/2015      Pagina: 1 de 1

**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR**  
**(NORMA ASTM D 698)**

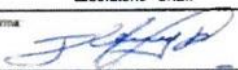
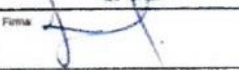
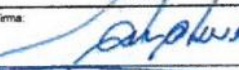
Ubicación: Pad de Lixiviación	Realizado Por: J. Rojas A.
Muestra: Suelo de Baja Permeabilidad.	Revisado Por: J. Sosa T.
Profundidad: Sector (Zona 2B)Plataforma	Ing. Resp.: G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo: 23 de octubre de 2015	
Fecha Ensayo: 24 de octubre de 2015	<b>REGISTRO N° 131</b>

<b>Tipo de Molde : 4 Pulgadas</b>						
<b>Método : B</b>						
Peso suelo + molde	gr	6245	6335	6420	6394	
Peso molde	gr	4292	4292	4292	4292	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1953	2043	2128	2102	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	gr	2.069	2.164	2.254	2.227	
Recipiente N°		L-8	T-20	L-5	N-8	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	984.4	842.2	823.3	945.4	
Peso del suelo seco + tara	gr	939.0	787.0	759.0	901.0	
Tara	gr	110.0	86.0	109.0	515.0	
Peso de agua	gr	45.40	55.20	64.30	44.40	
Peso del suelo seco	gr	829.00	701.00	650.00	386.00	
Contenido de agua	%	5.48	7.87	9.89	11.50	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	gr/cm <sup>3</sup>	1.961	2.006	2.051	1.997	

**Densidad Máxima (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.052      Humedad Óptima (%) = 10.00**



<b>CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718</b>			
Gravedad Especifica, Dc	2.406	Peso suelo húmedo+tara	3241.4
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, P <sub>c</sub>	19.3	Peso suelo seco + tara	3119.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, P <sub>f</sub>	80.7	Peso de Tara	132.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, W <sub>o</sub>	10.00	Peso de agua	122.4
Contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, W <sub>c</sub>	4.1	Peso fracción grueso seco	2987.0
<b>Contenido de Humedad Óptima Corregido, C<sub>w</sub></b>	<b>8.86</b>	Contenido de humedad	4.1
Densidad seca de la Fracción Fina, g <sub>D</sub> F	2.052		
<b>Densidad Seca Corregida</b>	<b>2.112</b>		

<b>Laboratorio SKEEX</b> Firma:  Nombre: J. Sosa T. Fecha: 26-10-15	<b>QC SKEEX</b> Firma:  Nombre: G. Fuentes Z. Fecha: 23-10-15	<b>QA SPCC</b> Firma:  Nombre: J. Corrales M. Fecha: 27-10-15.
---	---	---

Referencia: POE-15001-LAB-006



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS  
AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-005

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagi 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS**  
NORMA ( ASTM C - 127 )

Ubicación Pad de Lixiviacion  
Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.  
Profundidad Sector (Zona 2B)Plataforma.  
Fecha Muestreo 23 de octubre de 2015  
Fecha Ensayo 24 de octubre de 2015

Realizado p J. Rojas A.  
Revizado p J. Sosa T.  
Ing. Respo: G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 131

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3844.4	3421.3		
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2298.7	2045		
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1545.7	1376.3		
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3712	3317		
E Vol de masas = C-(A-D)	1413.3	1272		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.402	2.410		2.406
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.487	2.486		2.487
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.626	2.608		2.617
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.6	3.1		3.4

OBSERVACIONES:

Laboratorio SKEEx	
Firma:	
Nombre:	Henry Rojas A.
Fecha:	26-10-2015

QC SKEEx	
Firma:	
Nombre:	G. Fuentes Z.
Fecha:	26-10-15

QA SPCC	
Firma:	
Nombre:	J. Coreado M.
Fecha:	26-10-15

Referencia: POE-15001-LAB-004



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMA (ASTM D-422)



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-F001    Rev: 0    Fecha: 08/05/2015    Pagina: 1 de 1

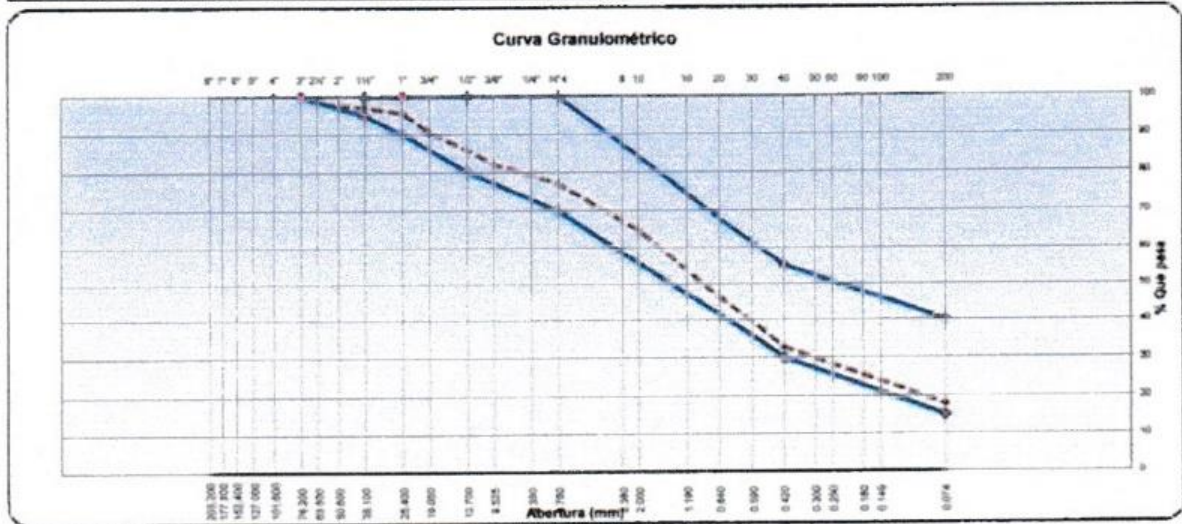
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMA (ASTM D - 422)

Ubicación: Pad de Lixiviacion  
Mat. Muestreo: Suelo de Baja Permeabilidad.  
Profundidad: Sector (Zona 2B)Plataforma.  
Fecha Muestreo: 24 de octubre de 2015  
Fecha Ensayo: 26 de octubre de 2015

Realizado Por: J. Rojas A.  
Revizado Por: J. Sosa T.  
Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 132**

Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
Tamiz	mm.						
8"	203.200						Peso Muestra Total : 31222.0
7"	177.800						Peso de Grava : 7209.0
6"	152.400						Peso de Arena : 24013.0
5"	127.000						Peso Fino : 723.3
4"	101.600						% Grava : 23.1
3"	76.200				100.0	100	% Arena Gruesa : 12.0
2 1/2"	63.500	455.0	1.5	1.5	98.5		% Arena Media : 32.3
2"	50.600	233.0	0.7	2.2	97.8		% Arena Fina : 14.8
1 1/2"	38.100	198.0	0.6	2.8	97.2	95 - 100	% Arcilla : 17.8
1"	25.400	455.0	1.46	4.3	95.7	90 - 100	% Boloneria > 3" : 0.00%
3/4"	19.050	1655.0	5.30	9.6	90.4		<b>Limites de Consistencia</b>
1/2"	12.700	1453.0	4.65	14.2	85.8	80 - 100	Limite Líquido : 24
3/8"	9.525	1193.0	3.82	18.1	81.9		Limite Plástico : 16
No4	4.760	1567.0	5.02	23.1	76.9	70 - 100	Indice Plástico : 8
10	2.000	112.9	12.00	35.1	64.9		<b>Clasificación Suelos</b>
20	0.840	175.5	18.66	53.8	46.2		SUCS : SC
40	0.420	128.5	13.66	67.4	32.6	30 - 55	AASHTO : A-24 (0)
100	0.149	93.3	9.92	77.3	22.7		
200	0.074	45.5	4.84	82.2	17.8	15 - 40	
pasa		167.6	17.8	100.0	0.0		



Observaciones: Material cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

Laboratorio SKE X  
Firma: [Signature]  
Nombre: Jose Sosa Topio  
Fecha: 26-10-2015

QA SKE X  
Firma: [Signature]  
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 27-10-15

QA SPCC  
Firma: [Signature]  
Nombre: J. COLEPADO H.  
Fecha: 27-10-15.



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)  
NORMA (ASTM D-4318)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

Ubicación	Pad de Lixiviacion	Realizado Por : J. Rojas A.
Mat. Muestreo	Suelo de Baja Permeabilidad.	Revizado Por : J. Sosa T.
Profundidad	Sector (Zona 2B)Plataforma	Ing. Resp. : G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	24 de octubre de 2015	
Fecha Ensayo	26 de octubre de 2015	

REGISTRO N° 132

**Limite Liquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	16	23	28
Recipiente N°	3	2	6
Recipiente + Suelo Húmedo	33.32	36.19	33.29
Recipiente + Suelo Seco	28.80	31.27	29.03
Peso Recipiente	10.93	10.91	10.89
Peso Agua	4.52	4.92	4.26
Peso Suelo Seco	17.87	20.36	18.14
% de Humedad	25.29	24.17	23.48

**Limite Plástico**

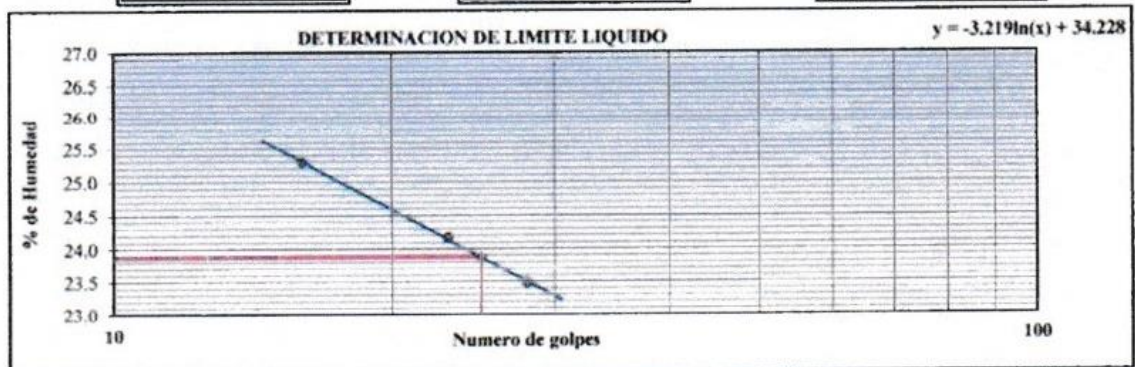
ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	4	1	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.03	12.03	
Recipiente + Suelo Seco	10.98	10.96	
Peso Recipiente	4.21	4.23	
Peso Agua	1.05	1.07	
Peso Suelo Seco	6.77	6.73	
% de Humedad	15.51	15.90	

Limite Liquido 24

Limite Plástico 16

I. P. 8



Laboratorio SKEEx  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: José Sosa Topa  
Fecha: 26-10-2015

QC SKEEx  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 26-10-15

QA SPCC  
Firma: *[Signature]*  
Nombre: J. CORREA M.  
Fecha: 26-10-15.



CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina 1 de 1

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NORMA ( ASTM D - 2216 )

Ubicación	<u>Pad de Lixiviacion</u>
Mat. Muestreo	<u>Suelo de Baja Permeabilidad.</u>
Profundidad	<u>Sector (Zona 2B)Plataforma.</u>
Fecha Muestreo	<u>24 de octubre de 2015</u>
Fecha Ensayo	<u>26 de octubre de 2015</u>

Realizado Por : J. Rojas A.  
 Revizado Por : J. Sosa T.  
 Ing. Resp. : G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 132

DATOS

N° de Ensayo		1		
N° Tara		T-14		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	933.3		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	865.0		
Peso de Tara	gr.	132.0		
Peso de Agua	gr.	68.3		
Peso Mat. Seco	gr.	733.0		
Humedad Natural	%	9.32		
Promedio de Humedad	%		9.3	

OBSERVACIONES:

.....

.....

Laboratorio SKE x
Firma:
Nombre: José Sosa Tapa
Fecha: 26-10-2015

QC SKE x
Firma:
Nombre: G. Fuentes Z.
Fecha: 26-10-15

QA SPCO
Firma:
Nombre: J. CORDERO P.
Fecha: 26-10-15



### ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-004

Rev. 0

Fecha : 08/05/2015

Pagina:

1 de 1

### ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR (NORMA ASTM D 698)

Ubicación Pad de Lixiviacion  
 Muestra Suelo de Baja Permeabilidad  
 Profundidad Sector (Zona 2B)Plataforma  
 Fecha Muestreo 24 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo 26 de octubre de 2015

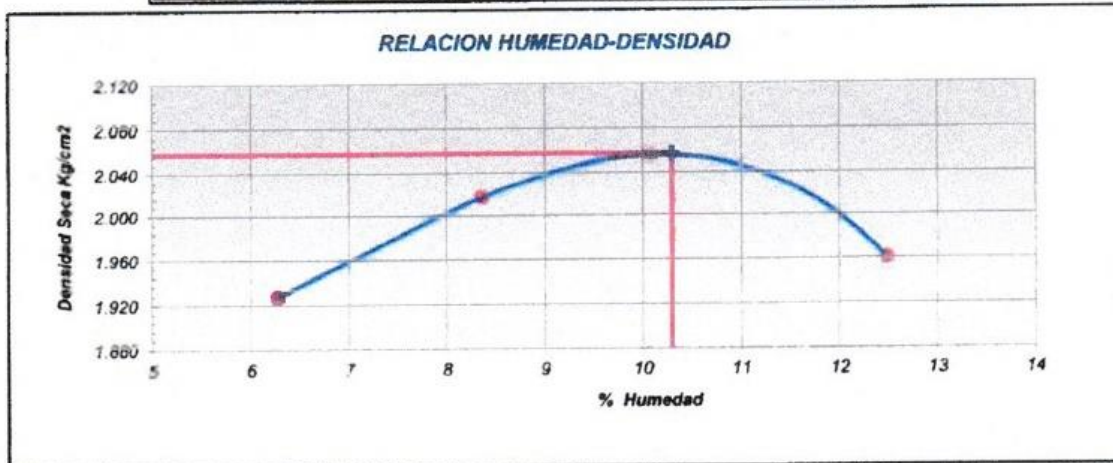
Realizado Por : J. Rojas A.  
 Revizado Por : J. Sosa T.  
 Ing. Resp. : G. Fuentes Z.

REGISTRO N° **132**

Tipo de Molde : 4 Pulgadas  
 Metodo : B

Peso suelo + molde	gr	6225	6355	6429	6374
Peso molde	gr	4292	4292	4292	4292
Peso suelo húmedo compactado	gr	1933	2063	2137	2082
Volumen del molde (cm³)	cm³	944	944	944	944
Densidad húmeda (gr/cm³)	gr	2.048	2.185	2.264	2.206
Recipiente N°		L-1	T-22	L-10	TC-2
Peso del suelo húmedo+tara	gr	956.5	1198.3	754.4	965.5
Peso del suelo seco + tara	gr	905.0	1146.0	696.0	875.0
Tara	gr	84.0	520.0	117.0	150.0
Peso de agua	gr	51.50	52.30	58.40	90.50
Peso del suelo seco	gr	821.00	626.00	579.00	725.00
Contenido de agua	%	6.27	8.35	10.09	12.48
Densidad Seca (gr/cm³)	gr/cm³	1.927	2.017	2.056	1.961

Densidad Máxima (gr/cm³) = **2.058**      Humedad Óptima (%) = **10.30**



#### CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718

Gravedad Especifica, Dc	2.401	Peso suelo húmedo+tara	3184.4
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, P <sub>c</sub>	18.1	Peso suelo seco + tara	3088.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, P <sub>f</sub>	81.9	Peso de Tara	150.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, W <sub>o</sub>	10.30	Peso de agua	96.4
contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, W <sub>c</sub>	3.3	Peso fracción grueso seco	2938.0
<b>Contenido de Humedad Óptima Corregido, C<sub>w</sub></b>	<b>9.03</b>	Contenido de humedad	3.3
Densidad seca de la Fracción Fina, g <sub>DF</sub>	2.058		
<b>Densidad Seca Corregida</b>	<b>2.113</b>		

Laboratorio SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: Jose Sosa Tapia  
 Fecha: 26-10-2015

QC SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 26-10-15

QA SPOC  
 Firma:   
 Nombre: J. CORRALES  
 Fecha: 26-10-15



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS  
AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-005

Rev: 0

Fecha : 08/05/2015

Pagi 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS**  
NORMA ( ASTM C- 127 )

Ubicación Pad de Lixiviacion  
Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.  
Profundidad Sector (Zona 2B)Plataforma.  
Fecha Muestreo 24 de octubre de 2015  
Fecha Ensayo 26 de octubre de 2015

Realizado ; J. Rojas A.  
Revizado p J. Sosa T.  
Ing. Respo G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 132

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
<b>A</b> Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3644.4	3345.5		
<b>B</b> Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2173.7	2005		
<b>C</b> Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1470.7	1340.5		
<b>D</b> Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3525	3224		
<b>E</b> Vol de masas = C-(A-D)	1351.3	1219		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.397	2.405		2.401
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.478	2.496		2.487
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.609	2.645		2.627
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.4	3.8		3.6

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Laboratorio SKEEx  
Firma:   
Nombre: José Sosa Tapie  
Fecha: 26-10-2015

QC SKEEx  
Firma:   
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 26-10-15

QA SPOC  
Firma:   
Nombre: J. Corrozei  
Fecha: 26-10-15.

Referencia: POE-15001-LAB-004



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA (ASTM D-422)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"

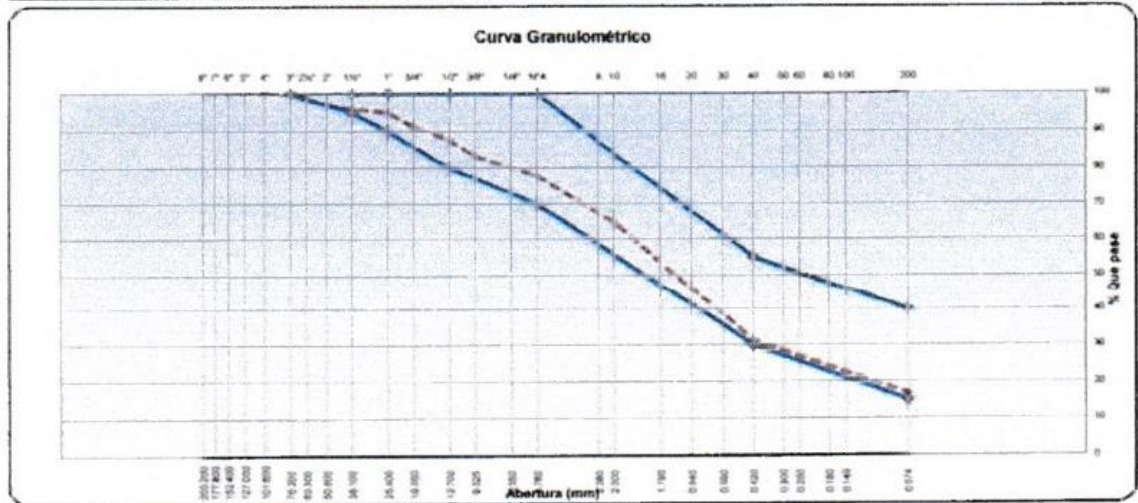
Cod Reg: RE-15001-LAB-F001    Rev: 0    Fecha: 08/05/2015    Pagina: 1 de 1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 NORMA (ASTM D-422)

Ubicación: Pad de Lixiviacion    Realizado Por: J. Rojas A.  
 Mat Muestreo: Suelo de Baja Permeabilidad    Revizado Por: J. Sosa T.  
 Profundidad: Sector (Zona 2B)Plataforma    Ing. Resp.: G. Fuentes Z.  
 Fecha Muestreo: 26 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo: 27 de octubre de 2015

**REGISTRO N° 133**

Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
Tamiz	mm.						
8"	203.200						Peso Muestra Total : 34522.0
7"	177.800						Peso de Grava : 7674.0
6"	152.400						Peso de Arena : 26848.0
5"	127.000						Peso Fino : 655
4"	101.600						% Grava : 22.2
3"	76.200				100.0	100	% Arena Gruesa : 13.0
2 1/2"	63.500	544.0	1.6	1.6	98.4		% Arena Media : 33.5
2"	50.800	433.0	1.3	2.8	97.2		% Arena Fina : 14.6
1 1/2"	38.100	433.0	1.3	4.1	95.9	95 - 100	% Arcilla : 16.7
1"	25.400	322.0	0.93	5.0	95.0	90 - 100	% Boloneria > 3" : 0.00%
3/4"	19.050	1322.0	3.83	8.8	91.2		<b>Limites de Consistencia</b>
1/2"	12.700	1221.0	3.54	12.4	87.6	80 - 100	Limite Liquido : 25
3/8"	9.525	1522.0	4.41	16.8	83.2		Limite Plastico : 15
No4	4.760	1877.0	5.44	22.2	77.8	70 - 100	Indice Plastico : 10
10	2.000	109.4	12.99	35.2	64.8		<b>Clasificación Suelos</b>
20	0.840	157.5	18.70	53.9	46.1		SUCS : SC
40	0.420	124.4	14.77	68.7	31.3	30 - 55	AASHTO : A-2-4 (0)
100	0.149	84.4	10.02	78.7	21.3		
200	0.074	38.5	4.57	83.3	16.7	15 - 40	
PASA		140.8	16.7	100.0	0.0		



Observaciones: Material cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

Laboratorio SKEEX  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: Jose Sosa Topio  
 Fecha: 28-10-2015

QC SKEEX  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 28-10-15

QA SPCC  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: J. Contreras  
 Fecha: 28-10-15.

Referencia: POE-15001-LAB-001



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**  
NORMA (ASTM D-4318)



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318 )

Ubicación	Pad de Lixiviacion	Realizado Por: J. Rojas A.
Mét. Muestreo	Suelo de Baja Permeabilidad	Revizado Por: J. Sosa T.
Profundidad	Sector (Zona 2B)Plataforma	Ing Resp : G Fuentes Z
Fecha Muestreo	26 de octubre de 2015	
Fecha Ensayo	27 de octubre de 2015	

REGISTRO N° 133

**Limite Liquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	17	23	29
Recipiente N°	5	5	1
Recipiente + Suelo Húmedo	34.23	32.19	34.21
Recipiente + Suelo Seco	29.45	27.93	29.64
Peso Recipiente	10.96	10.96	10.97
Peso Agua	4.78	4.26	4.57
Peso Suelo Seco	18.49	16.97	18.67
% de Humedad	25.85	25.10	24.48

**Limite Plástico**

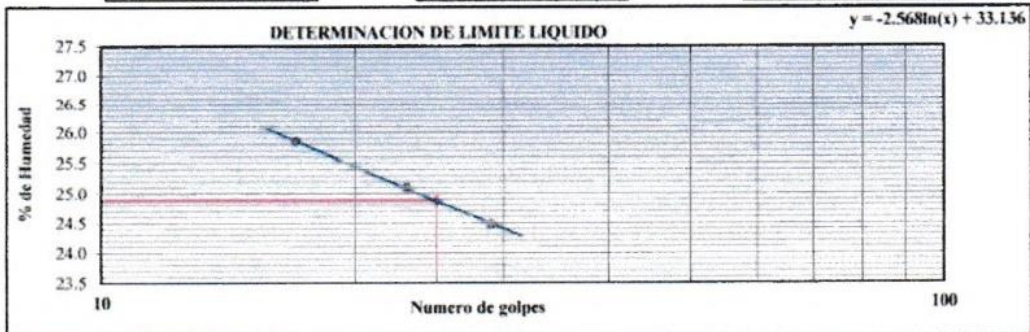
ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	2	8	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.08	12.12	
Recipiente + Suelo Seco	11.03	11.08	
Peso Recipiente	4.25	4.21	
Peso Agua	1.05	1.04	
Peso Suelo Seco	6.78	6.87	
% de Humedad	15.49	15.14	

Limite Liquido 25

Limite Plástico 15

I. P. 10



Laboratorio SKE X

Firma: *[Signature]*

Nombre: José Sosa Topio

Fecha: 28-10-2015

QC SKE X

Firma: *[Signature]*

Nombre: G. Fuentes Z.

Fecha: 28-10-15

QA SPCC

Firma: *[Signature]*

Nombre: J. CORRALOS M.

Fecha: 28-10-15

Referencia: POE-15001-LAB-002

POE-15001-LAB-003



CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina 1 de 1

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NORMA (ASTM D - 2216)

Ubicación Pad de Lixiviacion  
Mat. Muestreo Suelo de Baja Permeabilidad.  
Profundidad Sector (Zona 2B)Plataforma.  
Fecha Muestreo 26 de octubre de 2015  
Fecha Ensayo 27 de octubre de 2015

Realizado Por: J. Rojas A.

Revizado Por: J. Sosa T.

Ing. Resp. : G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 133

DATOS

N° de Ensayo		1	
N° Tara		TC-4	
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	910.2	
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	845.0	
Peso de Tara	gr.	109.0	
Peso de Agua	gr.	65.2	
Peso Mat. Seco	gr.	736.0	
Humedad Natural	%	8.9	
Promedio de Humedad	%		8.9

OBSERVACIONES:

Laboratorio SKEEx	
Firma:	
Nombre:	José Sosa Tapia
Fecha:	28-10-2015

QC SKEEx	
Firma:	
Nombre:	G. Fuentes Z.
Fecha:	28-10-15

QA SPCC	
Firma:	
Nombre:	J. CORRALES
Fecha:	28-10-15

Referencia: POE-15001-LAB-005



**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR  
(ASTM D-698)**



**PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- GUAJONE**

Cod Reg: RE-15001- LAB-004      Rev. 0      Fecha : 08/05/2015      Pagina: 1 de 1

**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR**

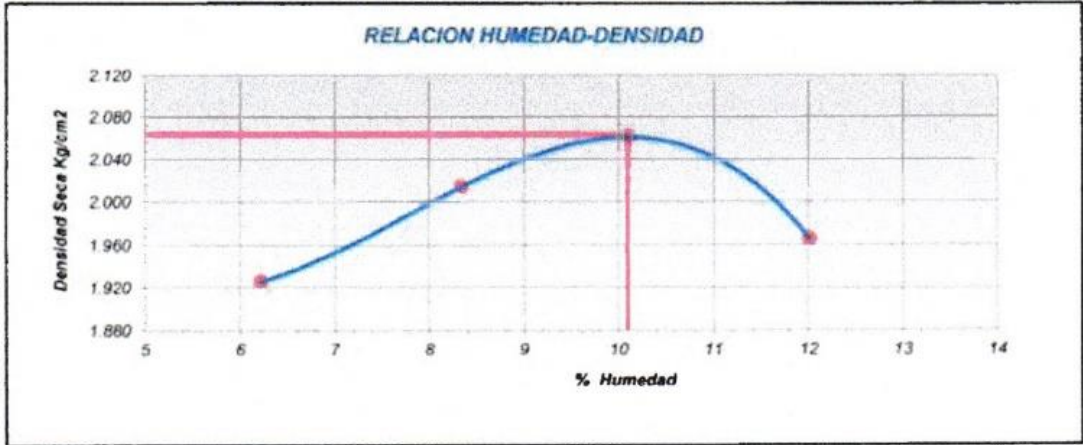
**(NORMA ASTM D 698)**

Ubicación: Pad de Lixiviación      Realizado Por: J. Rojas A.  
 Muestra: Suelo de Baja Permeabilidad.      Revizado Por: J. Sosa T.  
 Profundidad: Sector (Zona 2B)Plataforma      Ing. Resp.: G. Fuentes Z.  
 Fecha Muestreo: 26 de octubre de 2015  
 Fecha Ensayo: 27 de octubre de 2015

**REGISTRO N° 133**

Tipo de Molde	: 4 Pulgadas					
Método	: B					
Peso suelo + molde	gr	6223	6352	6434	6371	
Peso molde	gr	4292	4292	4292	4292	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1931	2060	2142	2079	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	gr	2.046	2.182	2.269	2.202	
Recipiente N°		L-4	L-30	T-16	T-19	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	957.5	784.4	729.5	856.5	
Peso del suelo seco + tara	gr	908.0	733.0	672.0	777.0	
Tara	gr	112.0	117.0	103.0	115.0	
Peso de agua	gr	49.50	51.40	57.50	79.50	
Peso del suelo seco	gr	796.00	616.00	569.00	662.00	
Contenido de agua	%	6.22	8.34	10.11	12.01	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	gr/cm <sup>3</sup>	1.926	2.014	2.061	1.966	

**Densidad Máxima (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.063      Humedad Óptima (%) = 10.10**



**CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718**

Gravedad Especifica, Dc	2.409	Peso suelo húmedo+tara	3212.4
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, P <sub>c</sub>	16.8	Peso suelo seco + tara	3087.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, P <sub>f</sub>	83.2	Peso de Tara	109.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, W <sub>o</sub>	10.10	Peso de agua	125.4
contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, W <sub>c</sub>	4.2	Peso fracción grueso seco	2978.0
<b>Contenido de Humedad Óptima Corregido, C<sub>w</sub></b>	<b>9.11</b>	Contenido de humedad	4.2
Densidad seca de la Fracción Fina, g <sub>DF</sub>	2.063		
<b>Densidad Seca Corregida</b>	<b>2.114</b>		

<b>Laboratorio SKEEx</b>	<b>QC SKEEx</b>	<b>QA SPCC</b>
Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: <u>Jose Sosa Toppe</u>	Nombre: <u>G. Fuentes Z.</u>	Nombre: <u>J. Corripio</u>
Fecha: <u>28-10-2015</u>	Fecha: <u>28-10-15</u>	Fecha: <u>28-10-15.</u>



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001-LAB-005

Rev: 0

Fecha : 08/05/2015

Pagi 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS**

NORMA (ASTM C- 127)

Ubicación Pad de Lixiviacion  
Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.  
Profundidad Sector (Zona 2B)Plataforma.  
Fecha Muestreo 26 de octubre de 2015  
Fecha Ensayo 27 de octubre de 2015

Realizado p J. Rojas A.  
Revizado p J. Sosa T.  
Ing. Respoi G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 133

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3522.3	3412.3		
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2113.7	2045		
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1408.6	1367.3		
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3390	3298		
E Vol de masas = C-(A-D)	1276.3	1253		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.407	2.412		2.409
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.501	2.496		2.498
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.656	2.632		2.644
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.9	3.5		3.7

OBSERVACIONES: .....

.....

.....

Laboratorio SKEEx	
Firma:	
Nombre:	José Sosa Tapia
Fecha:	28-10-2015

QC SKEEx	
Firma:	
Nombre:	G. Fuentes
Fecha:	28-10-15

QR SPCC	
Firma:	
Nombre:	J. CORRALES
Fecha:	28-10-15.

Referencia: POE-15001-LAB-004



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA (ASTM D-422)**



**PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"**

Cod Reg: RE-15001-LAB-F001

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina:

1 de 1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

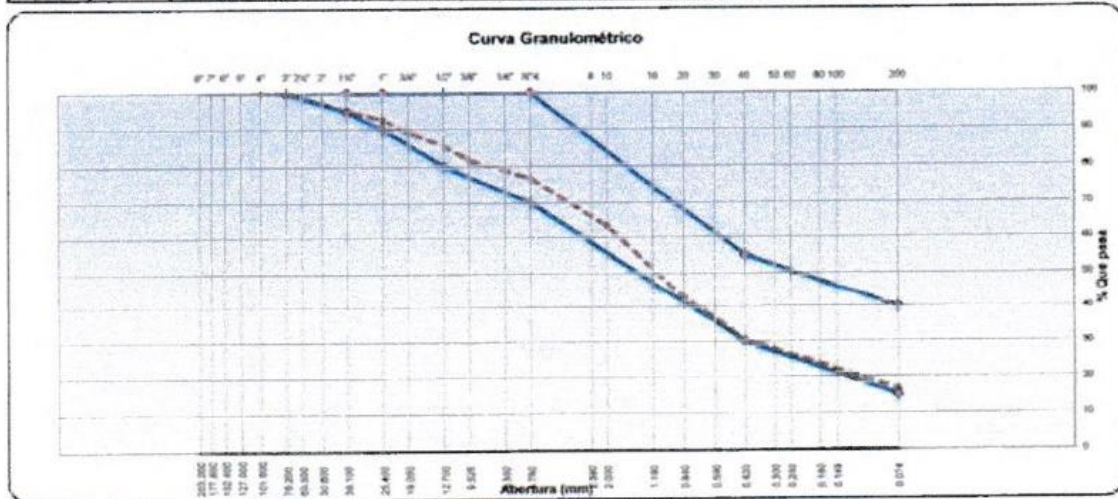
NORMA (ASTM D- 422)

Ubicación: Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajone.  
 Mat. Muestreo: Suelo de Baja Permeabilidad.  
 Profundidad: Sector (Zona 3C)Plataforma.  
 Fecha Muestreo: 8 de noviembre de 2015  
 Fecha Ensayo: 9 de noviembre de 2015

Realizado Por: J. Rojas A.  
 Revizado Por: J. Sosa T.  
 Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 143**

Malla Tamiz	mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
8"	203.200						Peso Muestra Total : 34522.0
7"	177.800						Peso de Grava : 8029.0
6"	152.400						Peso de Arena : 26493.0
5"	127.000						Peso Fino : 833.2
4"	101.600						% Grava : 23.3
3"	76.200				100.0	100	% Arena Gruesa : 13.4
2 1/2"	63.500	455.0	1.3	1.3	98.7		% Arena Media : 32.8
2"	50.600	455.0	1.3	2.6	97.4		% Arena Fina : 13.9
1 1/2"	38.100	733.0	2.1	4.8	95.2	95 - 100	% Arcilla : 16.6
1"	25.400	832.0	2.41	7.2	92.8	90 - 100	% Boloneria > 3' : 0.00%
3/4"	19.050	1322.0	3.83	11.0	89.0		<b>Limites de Consistencia</b>
1/2"	12.700	1211.0	3.51	14.5	85.5	80 - 100	Limite Liquido : 25
3/8"	9.525	1344.0	3.89	18.4	81.6		Limite Plástico : 16
No.4	4.750	1677.0	4.86	23.3	76.7	70 - 100	Indice Plástico : 9
10	2.000	145.2	13.37	36.6	63.4		<b>Clasificación Suelos</b>
20	0.840	222.1	20.46	57.1	42.9		SUCS : SC
40	0.420	134.0	12.34	69.4	30.6	30 - 50	AASHTO : A-2-4 (0)
100	0.149	109.0	10.04	79.5	20.5		
200	0.074	42.2	3.89	83.4	16.6	15 - 40	
pass		180.7	16.6	100.0	0.0		



Observaciones: Material cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

Laboratorio SKEEx  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: José Sosa Topa  
 Fecha: 12-11-2015

QC SKEEx  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 12-11-2015

QA SPOC  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: J. CORALES P.  
 Fecha: 12-11-2015

Referencia: POE-15001-LAB-001



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)  
NORMA (ASTM D-4318)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001- LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

Ubicación: Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajone.  
Mat Muestreo: Suelo de Baja Permeabilidad.  
Profundidad: Sector (Zona 3C)Plataforma.  
Fecha Muestreo: 8 de noviembre de 2015  
Fecha Ensayo: 9 de noviembre de 2015

Realizado Por: J. Rojas A.  
Revisado Por: J. Sosa T.  
Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 143

**Limite Liquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	17	23	29
Recipiente Nº	2	7	11
Recipiente + Suelo Húmedo	34.12	34.22	32.12
Recipiente + Suelo Seco	29.30	29.55	28.00
Peso Recipiente	10.91	10.92	10.98
Peso Agua	4.82	4.67	4.12
Peso Suelo Seco	18.39	18.63	17.02
% de Humedad	26.21	25.07	24.21

**Limite Plástico**

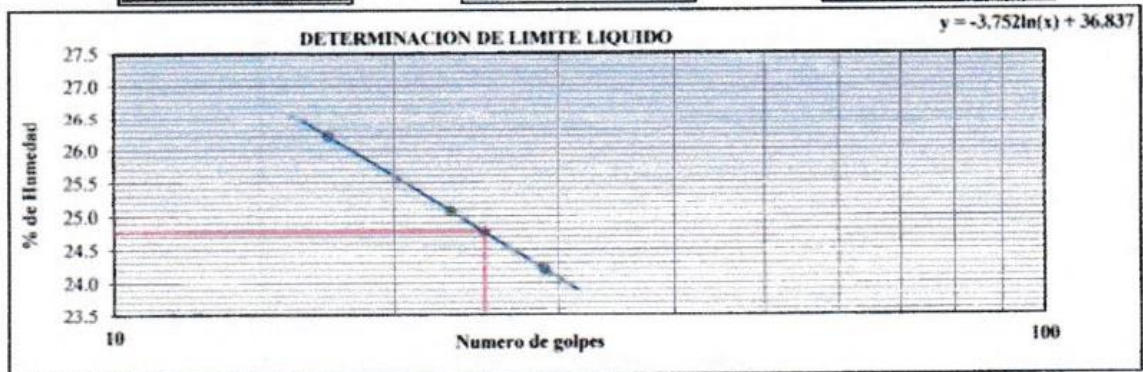
ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	2	6	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.44	12.09	
Recipiente + Suelo Seco	11.35	11.01	
Peso Recipiente	4.25	4.21	
Peso Agua	1.09	1.08	
Peso Suelo Seco	7.10	6.80	
% de Humedad	15.35	15.88	

Limite Liquido 25

Limite Plástico 16

I. P. 9



Laboratorio SKEEx  
Firma: *J. Sosa T.*  
Nombre: José Sosa Tapa  
Fecha: 12-11-2015

QC SKEEx  
Firma: *G. Fuentes Z.*  
Nombre: G. Fuentes Z.  
Fecha: 12-11-2015

QA SPCC  
Firma: *J. Corredor M.*  
Nombre: J. CORREDOR M.  
Fecha: 12-11-2015.



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina 1 de 1

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

NORMA (ASTM D - 2216)

Ubicación Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajene.  
 Mat. Muestreo Suelo de Baja Permeabilidad.  
 Profundidad Sector (Zona 3C)Plataforma.  
 Fecha Muestreo 8 de noviembre de 2015  
 Fecha Ensayo 9 de noviembre de 2015

Realizado Por : J. Rojas A.  
 Revizado Por : J. Sosa T.  
 Ing. Resp. : G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 143**

**DATOS**

N° de Ensayo		1		
N° Tara		T-19		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	874.4		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	810.0		
Peso de Tara	gr.	115.0		
Peso de Agua	gr.	64.4		
Peso Mat. Seco	gr.	695.0		
Humedad Natural	%	9.27		
Promedio de Humedad	%		9.3	

**OBSERVACIONES:**  
 .....  
 .....

Laboratorio SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: José Sosa Topio  
 Fecha: 12-11-2015

QC SKEEx  
 Firma:   
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 12-11-2015

QA SPCC  
 Firma:   
 Nombre: J. GONZALEZ M.  
 Fecha: 12-11-2015.



### ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- CUAJONE

Cod Reg. RE-15001- LAB-004      Rev: 0      Fecha : 09/05/2015      Pagina: 1 de 1

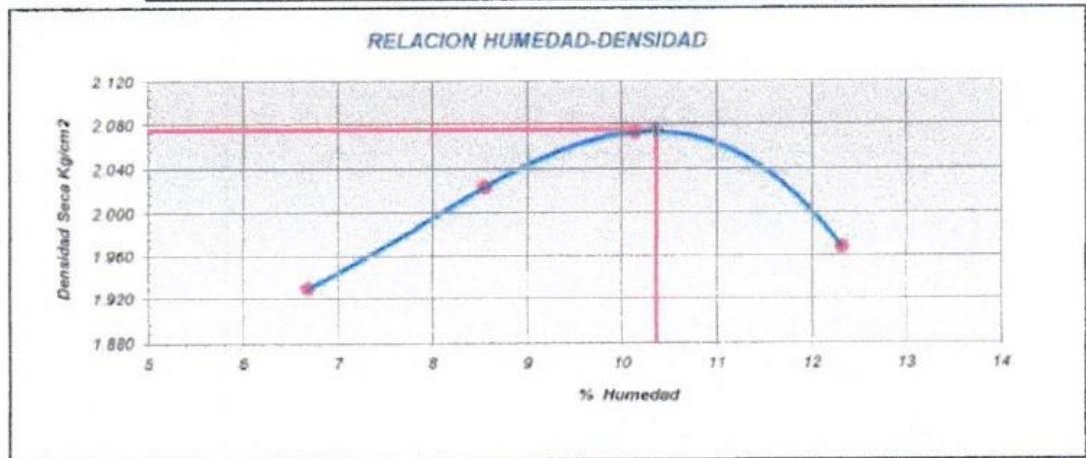
### ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR (NORMA ASTM D 698)

Ubicación	Pad de Lixiviación Fase IV- Cuajone.	Realizado Por :	J. Rojas A.
Muestra	Suelo de Baja Permeabilidad.	Revizado Por :	J. Sosa T.
Profundidad	Sector (Zona 3C) Plataforma.	Ing. Resp. :	G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	8 de noviembre de 2015		
Fecha Ensayo	9 de noviembre de 2015		

REGISTRO N° 143

Tipo de Molde	: 4 Pulgadas					
Metodo	: B					
Peso suelo + molde	gr	6235	6365	6447	6379	
Peso molde	gr	4292	4292	4292	4292	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1943	2073	2155	2087	
Volumen del molde (cm³)	cm³	944	944	944	944	
Densidad húmeda (gr/cm³)	gr	2.058	2.196	2.283	2.211	
Recipiente N°		L-2	C-9	T-4	TC-3	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	974.4	1133.2	1044.5	934.4	
Peso del suelo seco + tara	gr	920.0	1085.0	993.0	845.0	
Tara	gr	106.0	521.0	485.0	119.0	
Peso de agua	gr	54.40	48.20	51.50	89.40	
Peso del suelo seco	gr	814.00	564.00	508.00	726.00	
Contenido de agua	%	6.68	8.55	10.14	12.31	
Densidad Seca (gr/cm³)	gr/cm³	1.929	2.023	2.073	1.968	

Densidad Máxima (gr/cm³) = 2.075      Humedad Óptima (%) = 10.36



CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718			
Gravedad Especifica, Dc	2.403	Peso suelo húmedo+tara	3167.4
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, Pc	16.4	Peso suelo seco + tara	3076.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, Pf	81.6	Peso de Tara	150.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, Wo	10.36	Peso de agua	91.4
contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, Wc	3.1	Peso fracción grueso seco	2926.0
Contenido de Humedad Óptima Corregido, Cw	9.03	Contenido de humedad	3.1
Densidad seca de la Fracción Fina, gDF	2.075		
Densidad Seca Corregida	2.128		

Laboratorio SKEEX	
Firma	<i>[Signature]</i>
Nombre	José Sosa T.
Fecha	12-11-2015

QC SKEEX	
Firma	<i>[Signature]</i>
Nombre	G. Fuentes Z.
Fecha	12-11-2015

QA SPOC	
Firma	<i>[Signature]</i>
Nombre	J. Corredor P.
Fecha	12-11-2015



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS  
AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001-LAB-005

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagi 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS**  
NORMA (ASTM C- 127)

Ubicación Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajone.

Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.

Profundidad Sector (Zona 3C)Plataforma.

Fecha Muestreo 8 de noviembre de 2015

Fecha Ensayo 9 de noviembre de 2015

Realizado p J. Rojas A.

Revizado p J. Sosa T.

Ing. Respo: G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 143

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3622.6	3214.5		
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2164.7	1923		
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1457.9	1291.5		
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3502	3104		
E Vol de masas = C-(A-D)	1337.3	1181		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.402	2.403		2.403
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.485	2.489		2.487
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.619	2.628		2.623
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.4	3.6		3.5

OBSERVACIONES:

Laboratorio SKEx
Firma:
Nombre: José Sosa Toppo
Fecha: 12-11-2015

QC SKEx
Firma:
Nombre: G. Fuentes Z.
Fecha: 12-11-2015

QA SPCC
Firma:
Nombre: J. GONZALEZ M.
Fecha: 12-11-2015.

Referencia: POE-15001-LAB-004



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA (ASTM D-422)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-F001    Rev: 0    Fecha: 08/05/2015    Pagina: 1 de 1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

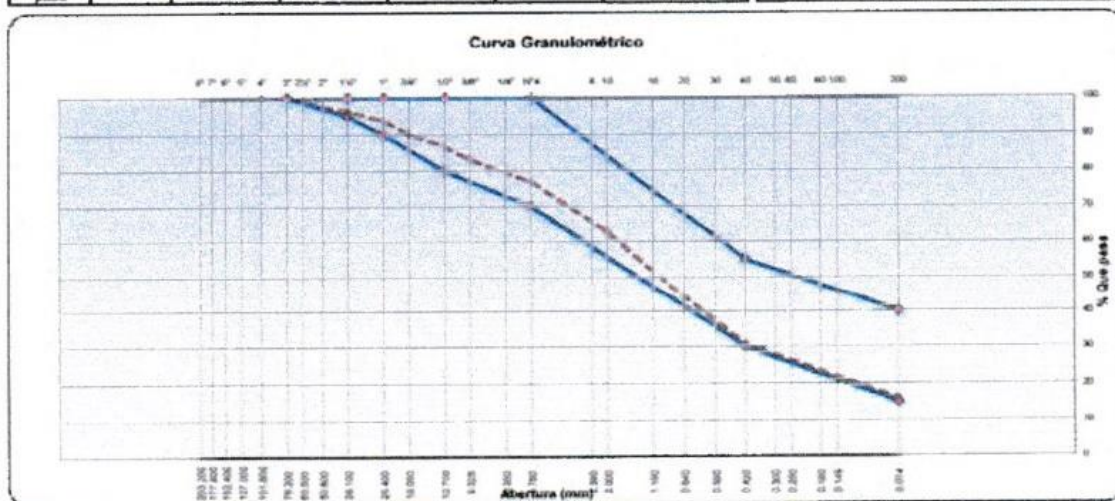
NORMA (ASTM D - 422)

Ubicación: Pad de Lixiviación Fase IV- Cuajone.  
 Mat. Muestreo: Suelo de Baja Permeabilidad.  
 Profundidad: Sector (Zona 3C)Plataforma.  
 Fecha Muestreo: 10 de noviembre de 2015  
 Fecha Ensayo: 11 de noviembre de 2015

Realizado Por: J. Rojas A.  
 Revizado Por: J. Sosa T.  
 Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 144**

Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
Tamiz	mm.						
8"	203.200						Peso Muestra Total : 31452.0
7"	177.800						Peso de Grava : 7270.0
6"	152.400						Peso de Arena : 24182.0
5"	127.000						Peso Fino : 829.9
4"	101.600						% Grava : 23.1
3"	76.200				100.0	100	% Arena Gruesa : 14.1
2 1/2"	63.500	320.0	1.0	1.0	99.0		% Arena Media : 32.1
2"	50.800	498.0	1.6	2.6	97.4		% Arena Fina : 14.7
1 1/2"	38.100	322.0	1.0	3.6	96.4	95 - 100	% Arcilla : 15.9
1"	25.400	832.0	2.65	6.3	93.7	90 - 100	% Bolonera > 3" : 0.00%
3/4"	19.050	1133.0	3.60	9.9	90.1		<u>Limites de Consistencia</u>
1/2"	12.700	1098.0	3.49	13.4	86.6	80 - 100	Limite Liquido : 24
3/8"	9.525	1143.0	3.63	17.0	83.0		Limite Plástico : 15
No4	4.750	1924.0	6.12	23.1	76.9	70 - 100	Indice Plástico : 9
10	2.000	152.2	14.10	37.2	62.8		<u>Clasificación Suelos</u>
20	0.840	201.4	18.66	55.9	44.1		SUCS SC
40	0.420	145.5	13.48	69.4	30.6	30 - 55	AASHTO A-2-4 (0)
100	0.149	113.4	10.51	79.9	20.1		
200	0.074	45.6	4.22	84.1	15.9	15 - 40	
pasa		171.8	15.9	100.0	0.0		



Observaciones: Material cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

Laboratorio SKEEx  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: Jose Sosa Topo  
 Fecha: 12-11-2015

QC SKEEx  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 12-11-2015

QA SPCC  
 Firma: [Signature]  
 Nombre: J. CORREA N.  
 Fecha: 12-11-2015

Referencia: POE-15001-LAB-001



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)  
NORMA (ASTM D-4318)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001- LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

Ubicación	Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajone.	Realizado Por : J. Rojas A.
Mat. Muestreo	Suelo de Baja Permeabilidad	Revizado Por : J. Sosa T.
Profundidad	Sector (Zona 3C)Plataforma.	Ing. Resp. : G. Fuentes Z.
Facha Muestreo	10 de noviembre de 2015	
Facha Ensayo	11 de noviembre de 2015	

**REGISTRO N° 144**

**Limite Liquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	16	23	28
Recipiente Nº	1	4	2
Recipiente + Suelo Húmedo	33.19	34.19	34.54
Recipiente + Suelo Seco	28.70	29.64	30.00
Peso Recipiente	10.97	10.92	10.91
Peso Agua	4.49	4.56	4.54
Peso Suelo Seco	17.73	18.72	19.09
% de Humedad	25.32	24.31	23.78

**Limite Plástico**

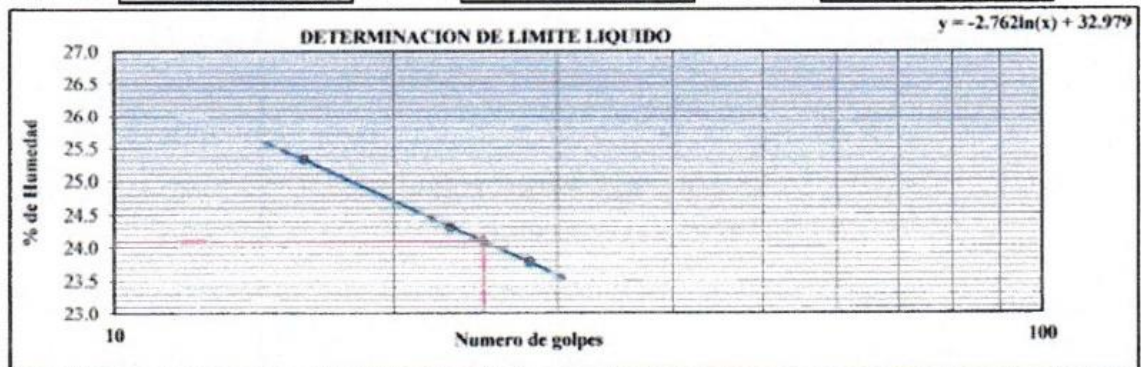
ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	1	4	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.32	12.04	
Recipiente + Suelo Seco	11.22	11.01	
Peso Recipiente	4.23	4.21	
Peso Agua	1.10	1.03	
Peso Suelo Seco	6.99	6.80	
% de Humedad	15.74	15.15	

Limite Liquido **24**

Limite Plástico **15**

I. P. **9**



<b>Laboratorio SKEEx</b>	
Firma:	<i>J. Sosa T.</i>
Nombre:	Jose Sosa Toppo
Fecha:	12-11-2015

<b>QC SKEEx</b>	
Firma:	<i>G. Fuentes Z.</i>
Nombre:	G. Fuentes Z.
Fecha:	12-11-2015

<b>QA SPCO</b>	
Firma:	<i>J. Coronado H.</i>
Nombre:	J. Coronado H.
Fecha:	12-11-2015



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina 1 de 1

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

NORMA (ASTM D - 2216)

Ubicación Pad de Lixiviacion Fase IV- Cujajone.  
 Mat. Muestreo Suelo de Baja Permeabilidad.  
 Profundidad Sector (Zona 3C)Plataforma.  
 Fecha Muestreo 10 de noviembre de 2015  
 Fecha Ensayo 11 de noviembre de 2015

Realizado Por: J. Rojas A.  
 Revizado Por: J. Sosa T.  
 Ing. Resp : G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 144**

**DATOS**

N° de Ensayo		1		
N° Tara		L-10		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	743.3		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	690.0		
Peso de Tara	gr.	117.0		
Peso de Agua	gr.	53.3		
Peso Mat. Seco	gr.	573.0		
Humedad Natural	%	9.30		
Promedio de Humedad	%		9.3	

**OBSERVACIONES:**

.....

.....

**Laboratorio SKEEx**

Firma:

Nombre: José Sosa Tapo

Fecha: 12-11-2015

**QC SKEEx**

Firma:

Nombre: G. Fuentes Z.

Fecha: 12-11-2015

**QA SPCC**

Firma:

Nombre: J. CORRALES

Fecha: 12-11-2015

Referencia: POE-15001-LAB-005



**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR  
(ASTM D-698)**



**PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- CUAJONE**

Cod Reg: RE-15001- LAB-004      Rev: 0      Fecha : 08/05/2015      Pagina: 1 de 1

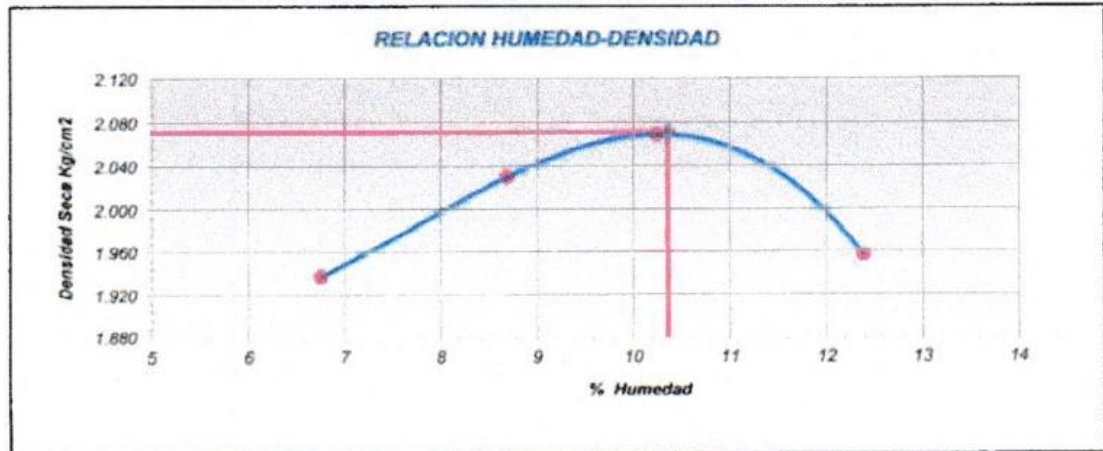
**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR  
(NORMA ASTM D 698)**

Ubicación: Pad de Lixiviación Fase IV- Cuajone.      Realizado Por: J. Rojas A.  
 Muestra: Suelo de Baja Permeabilidad      Revizado Por: J. Sosa T.  
 Profundidad: Sector (Zona 3C)Plataforma      Ing. Resp. : G. Fuentes Z.  
 Fecha Muestreo: 10 de noviembre de 2015  
 Fecha Ensayo: 11 de noviembre de 2015

**REGISTRO N° 144**

<b>Tipo de Molde</b>	: 4 Pulgadas					
<b>Metodo</b>	: B					
Peso suelo + molde	gr	6245	6375	6445	6369	
Peso molde	gr	4292	4292	4292	4292	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1953	2083	2153	2077	
Volumen del molde (cm³)	cm³	944	944	944	944	
Densidad húmeda (gr/cm³)	gr	2.069	2.207	2.281	2.200	
Recipiente N°		T-22	T-14	T-3	L-5	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	984.4	1132.1	1143.3	920.4	
Peso del suelo seco + tara	gr	955.0	1083.0	1096.0	831.0	
Tara	gr	520.0	518.0	634.0	109.0	
Peso de agua	gr	29.40	49.10	47.30	89.40	
Peso del suelo seco	gr	435.00	565.00	462.00	722.00	
Contenido de agua	%	6.76	8.69	10.24	12.38	
Densidad Seca (gr/cm³)	gr/cm³	1.938	2.030	2.069	1.958	

**Densidad Máxima (gr/cm³) = 2.071      Humedad Óptima (%) = 10.36**



**CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718**

Gravedad Especifica, Dc	2.410	Peso suelo húmedo+tara	3133.4
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, P <sub>c</sub>	17.0	Peso suelo seco + tara	3041.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, P <sub>f</sub>	83.0	Peso de Tara	110.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, W <sub>o</sub>	10.36	Peso de agua	92.4
contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, W <sub>c</sub>	3.2	Peso fracción grueso seco	2931.0
<b>Contenido de Humedad Óptima Corregido, C<sub>w</sub></b>	<b>9.13</b>	Contenido de humedad	3.2
Densidad seca de la Fracción Fina, g <sub>DF</sub>	2.071		
<b>Densidad Seca Corregida</b>	<b>2.122</b>		

**Laboratorio SKEEx**

Firma:

Nombre: José Sosa Tapie

Fecha: 12-11-2015

**QC SKEEx**

Firma:

Nombre: G. Fuentes Z.

Fecha: 12-11-2015

**QA SPEC**

Firma:

Nombre: J. CORREDOR M.

Fecha: 12-11-2015



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS  
AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-005

Rev: 0

Fecha : 08/05/2015

Pagi 1 de 1

GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS

NORMA (ASTM C- 127)

Ubicación Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajone.  
Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.  
Profundidad Sector (Zona 3C)Plataforma  
Fecha Muestreo 10 de noviembre de 2015  
Fecha Ensayo 11 de noviembre de 2015

Realizado p J. Rojas A.  
Revizado p J. Sosa T.  
Ing. Respon G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 144

AGREGADO GRUESO

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3452.2	3654.4		
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2064.7	2194.4		
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1387.5	1460		
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3340	3522		
E Vol de masas = C-(A-D)	1275.3	1327.6		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.407	2.412		2.410
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.488	2.503		2.496
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.619	2.653		2.636
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.4	3.8		3.6



OBSERVACIONES:

Laboratorio SKEx	
Firma:	<i>[Signature]</i>
Nombre:	Jose Sosa Tapio
Fecha:	12-11-2015

QC SKEx	
Firma:	<i>[Signature]</i>
Nombre:	G. Fuentes Z.
Fecha:	12-11-2015

QA SPCC	
Firma:	<i>[Signature]</i>
Nombre:	J. Carrasco M.
Fecha:	12-11-2015

Referencia: POE-15001-LAB-004

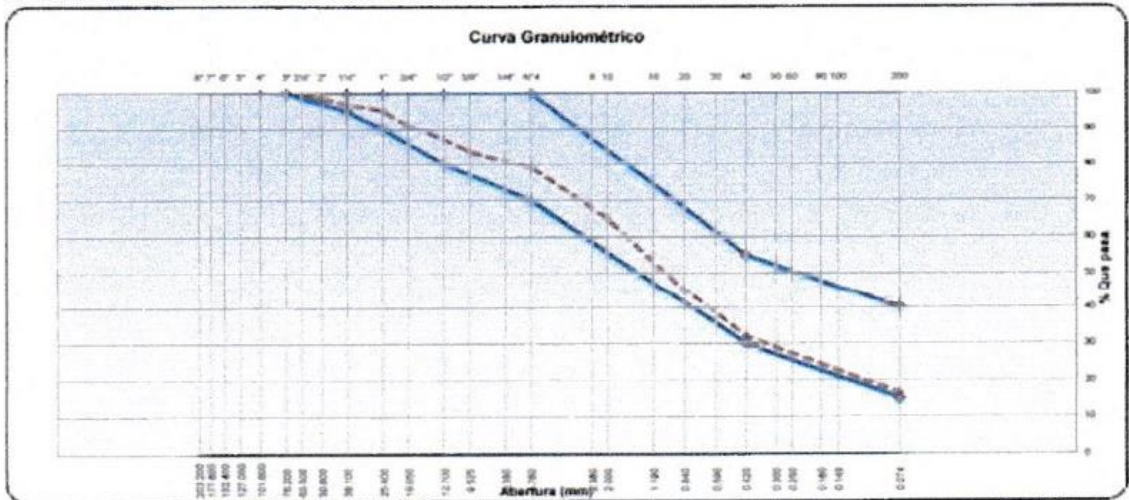
	<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b> <b>NORMA (ASTM D-422)</b>	
	<b>PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"</b>	

Cod Reg: RE-15001-LAB-F001    Rev: 0    Fecha: 08/05/2015    Pagina: 1 de 1

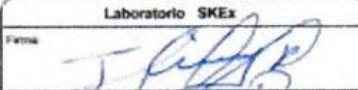
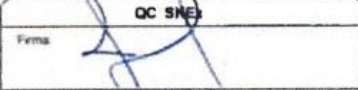
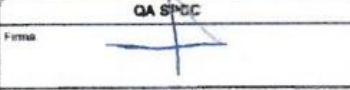
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b> NORMA (ASTM D-422)
---

Ubicación: <u>Pad de Lixiviación Fase IV- Cuajone.</u> Mat. Muestreo: <u>Suelo de Baja Permeabilidad.</u> Profundidad: <u>Sector (Zona 3B)Plataforma.</u> Fecha Muestreo: <u>26 de noviembre de 2015</u> Fecha Ensayo: <u>27 de noviembre de 2015</u>	Realizado Por: <u>J. Rojas A.</u> Revizado Por: <u>J. Sosa T.</u> Ing. Resp.: <u>G. Fuentes Z.</u>	<b>REGISTRO N° 160</b>
---	--	------------------------

Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
Tamiz	mm.						
8"	203.200						Peso Muestra Total : 34233.0
7"	177.800						Peso de Grava : 7181.0
6"	152.400						Peso de Arena : 27052.0
5"	127.000						Peso Fino : 745.5
4"	101.600						% Grava : 21.0
3"	76.200				100.0	100	% Arena Gruesa : 14.0
2 1/2"	63.500	173.0	0.5	0.5	99.5		% Arena Media : 33.1
2"	50.800	345.0	1.0	1.5	98.5		% Arena Fina : 15.6
1 1/2"	38.100	533.0	1.6	3.1	96.9	95 - 100	% Arcilla : 16.4
1"	25.400	621.0	1.81	4.9	95.1	90 - 100	% Bolonera > 3" : 0.00%
3/4"	19.050	1444.0	4.22	9.1	90.9		<b>Límites de Consistencia</b>
1/2"	12.700	1268.0	3.76	12.9	87.1	80 - 100	Límite Líquido : 24
3/8"	9.525	1234.0	3.60	16.5	83.5		Límite Plástico : 15
No4	4.760	1543.0	4.51	21.0	79.0	70 - 100	Índice Plástico : 9
10	2.000	132.2	14.01	35.0	65.0		<b>Clasificación Suelos</b>
20	0.840	187.3	19.85	54.8	45.2		SUCS : SC
40	0.420	124.5	13.20	68.0	32.0	30 - 55	AASHTO : A-2-4 (0)
100	0.149	108.3	11.48	79.5	20.5		
200	0.074	38.5	4.08	83.6	16.4	15 - 40	
pasa		154.7	16.4	100.0	0.0		



Observaciones: Material cumple como Suelo de Baja Permeabilidad.

<b>Laboratorio SKEEX</b>	<b>QC SKEEX</b>	<b>QA SPOC</b>
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Nombre: <u>Jhonny Rojas A.</u>	Nombre: <u>G. Fuentes Z.</u>	Nombre: <u>D. Ospino</u>
Fecha: <u>28-11-15</u>	Fecha: <u>28-11-2015</u>	Fecha: <u>23/11/15</u>

Referencia: POE-15001-LAB-001



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)  
NORMA (ASTM D-4318)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

Ubicación: Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajone.  
Mat. Muestreo: Suelo de Baja Permeabilidad  
Profundidad: Sector (Zona 3B)Plataforma.  
Fecha Muestreo: 26 de noviembre de 2015  
Fecha Ensayo: 27 de noviembre de 2015

Realizado Por: J. Rojas A.  
Revizado Por: J. Sosa T.  
Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 160**

**Limite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	17	24	30
Recipiente N°	2	6	8
Recipiente + Suelo Húmedo	34.29	33.65	35.29
Recipiente + Suelo Seco	29.55	29.21	30.66
Peso Recipiente	10.91	10.89	10.94
Peso Agua	4.74	4.44	4.63
Peso Suelo Seco	18.64	18.32	19.72
% de Humedad	25.43	24.24	23.48

**Limite Plástico**

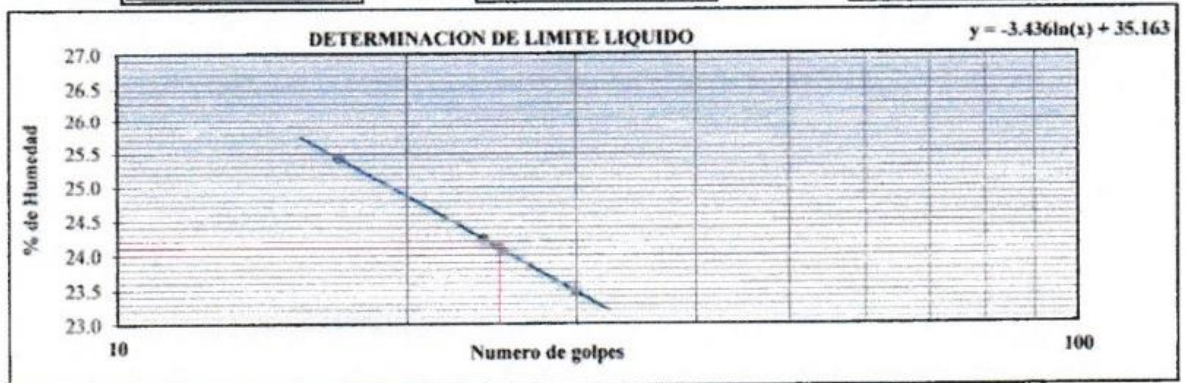
ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	3	9	
Recipiente + Suelo Húmedo	12.65	12.05	
Recipiente + Suelo Seco	11.55	11.03	
Peso Recipiente	4.22	4.23	
Peso Agua	1.10	1.02	
Peso Suelo Seco	7.33	6.80	
% de Humedad	15.01	15.00	

Limite Líquido **24**

Limite Plástico **15**

I. P. **9**



Laboratorio SKEEx

Firma: [Signature]

Nombre: Jhonny Rojas A.

Fecha: 28-11-15

QC SKEEx

Firma: [Signature]

Nombre: G. Fuentes Z.

Fecha: 28-11-2015

QA SFCC

Firma: [Signature]

Nombre: D. G. Sosa T.

Fecha: 28/11/15



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB- 003    Rev:    0    Fecha:    08/05/2015    Pagina    1 de 1

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**  
NORMA ( ASTM D - 2216 )

Ubicación                    Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajene.

Mat. Muestreo            Suelo de Baja Permeabilidad.

Profundidad                Sector (Zona 3B)Plataforma.

Fecha Muestreo            26 de noviembre de 2015

Fecha Ensayo                27 de noviembre de 2015

Realizado Por : J. Rojas A.

Revizado Por : J. Sosa T.

Ing. Resp. : G. Fuentes Z.

**REGISTRO N°    160**

**DATOS**

N° de Ensayo		<b>1</b>		
N° Tara		<b>P-05</b>		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	<b>834.4</b>		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	<b>795.0</b>		
Peso de Tara	gr.	<b>336.0</b>		
Peso de Agua	gr.	<b>39.4</b>		
Peso Mat. Seco	gr.	<b>459.0</b>		
Humedad Natural	%	<b>8.58</b>		
Promedio de Humedad	%		<b>8.6</b>	

**OBSERVACIONES:**

Laboratorio SKEEx

Firma:

Nombre: Johnny Rojas A.

Fecha: 28-11-15

QC SKEEx

Firma:

Nombre: G. Fuentes Z.

Fecha: 28-11-15

QA SPCC

Firma:

Nombre: D. Ustillo

Fecha: 28/11/15

**PROYECTO : PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV- GUAJONE**

Cod Reg: RE-15001- LAB-004      Rev: 0      Fecha: 08/05/2015      Pagina: 1 de 1

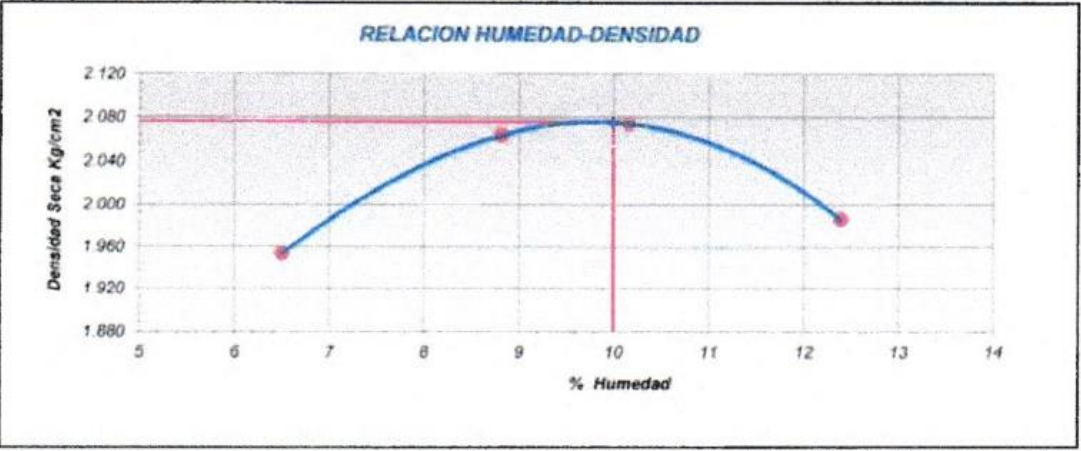
**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR**  
(NORMA ASTM D 698)

Ubicación	Pad de Lixiviación Fase IV- Guajone.	Realizado Por : J. Rojas A.
Muestra	Suelo de Baja Permeabilidad	Revizado Por : J. Sosa T.
Profundidad	Sector (Zona 3B)Plataforma	Ing. Resp. : G. Fuentes Z.
Fecha Muestreo	26 de noviembre de 2015	
Fecha Ensayo	27 de noviembre de 2015	

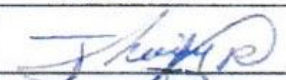
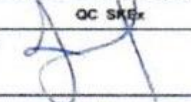
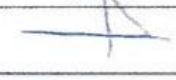
**REGISTRO N° 160**

Tipo de Molde	: 4 Pulgadas					
Metodo	: B					
Peso suelo + molde	gr	6256	6412	6449	6399	
Peso molde	gr	4292	4292	4292	4292	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1964	2120	2157	2107	
Volumen del molde (cm³)	cm³	944	944	944	944	
Densidad húmeda (gr/cm³)	gr	2.081	2.246	2.285	2.232	
Recipiente N°		L-10	L-14	TC-6	L-2	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	846.6	1189.4	843.3	943.3	
Peso del suelo seco + tara	gr	802.0	1135.0	775.0	851.0	
Tara	gr	117.0	518.0	103.0	106.0	
Peso de agua	gr	44.60	54.40	68.30	92.30	
Peso del suelo seco	gr	685.00	617.00	672.00	745.00	
Contenido de agua	%	6.51	8.82	10.16	12.39	
Densidad Seca (gr/cm³)	gr/cm³	1.963	2.064	2.074	1.986	

**Densidad Máxima (gr/cm³) = 2.076      Humedad Óptima (%) = 10.00**



CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718			
Gravedad Especifica, Dc	2.405	Peso suelo húmedo+tara	3222.2
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, Pc	16.5	Peso suelo seco + tara	3122.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, Pf	83.5	Peso de Tara	110.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, Wo	10.00	Peso de agua	100.2
Contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, Wc	3.3	Peso fracción gruesa seco	3012.0
<b>Contenido de Humedad Óptima Corregido, Cw</b>	<b>8.90</b>	Contenido de humedad	3.3
Densidad seca de la Fracción Fina, gDF	2.076		
<b>Densidad Seca Corregida</b>	<b>2.124</b>		

Laboratorio SKEEx	QC SKEEx	QA SPCC
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Nombre: <b>Tommy Rojas A.</b>	Nombre: <b>G. Fuentes Z.</b>	Nombre: <b>D. Ostillo</b>
Fecha: <b>28-11-15</b>	Fecha: <b>28-11-15</b>	Fecha: <b>28/11/15</b>



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS  
AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-005

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagi 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS**  
NORMA (ASTM C- 127)

Ubicación Pad de Lixiviacion Fase IV- Cuajone.

Muestra Suelo de Baja Permeabilidad.

Profundidad Sector (Zona 3B)Plataforma.

Fecha Muestreo 26 de noviembre de 2015

Fecha Ensayo 27 de noviembre de 2015

Realizado p J. Rojas A.

Revizado p J. Sosa T.

Ing. Respo: G. Fuentes Z.

REGISTRO N° 160

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3543.4	3423.3		
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	2124	2049.4		
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1419.4	1373.9		
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3409	3310		
E Vol de masas = C-(A-D)	1285	1260.6		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.402	2.409		2.405
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.496	2.492		2.494
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.653	2.626		2.639
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.9	3.4		3.7

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

Laboratorio SKEEx	
Firma:	
Nombre:	Johnny Rojas M
Fecha:	28-11-15

QC SKEEx	
Firma:	
Nombre:	G. Fuentes Z.
Fecha:	28-11-15

QA SPCC	
Firma:	
Nombre:	B. COSTINO
Fecha:	28/11/15

Referencia: POE-15001-LAB-004

**ANEXO IB**

**ENSAYO DE LABORATORIO GRAVA**

**PARA SUB DRENAJE**

# Laboratorio de Materiales, Concreto y Mecánica de Suelos



## DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

**PROYECTO :** PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE  
**UBICACIÓN :** CUAJONE  
**SOLICITANTE :** SKEx Construcciones S.A.C.  
**MATERIAL :** GRAVA PARA SUB DRENAJE  
**CANTERA :** GAVI (ZUÑUGA)  
**FECHA :** 13 DE AGOSTO DEL 2015

### FICHA TECNICA

<b>NORMA :</b>	ASTM D 2434 - 68 - AASHTO T 215
<b>TIPO DE SUELO :</b>	SUELO GRANULAR ( GRAVA )
<b>METODO DE NIVEL DE AGUA :</b>	NIVEL DE AGUA CONSTANTE

### DATOS DE LA MUESTRA

P.U (gr/cm <sup>3</sup> )	1.506
ALTURA (cm)	7.71
DIAMETRO (cm)	6.34
P. MUESTRA (gr)	361.89

CARGA	h	TIEMPO DE DRENADO (SS)	VOLUMEN DE AGUA DRENADA (cm <sup>3</sup> )	Kt (cm/s)	Kt (cm/s) Promedio	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)
90	90	75	3000	0.109	0.1085	22
	90	80	3000	0.102		
	90	83	3000	0.098		
60	60	125	3000	0.098		
	60	127	3000	0.096		
	60	120	3000	0.102		
30	30	199	3000	0.123		
	30	197	3000	0.124		
	30	194	3000	0.126		

**Kt (cm/s) = 0.1085      nt/n20 = 0.953      K20 (cm/s) = 0.1034**

SUELO CLASIFICADO COMO MUY PERMEABLE



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

**Dr. Guido Elar Ordoñez Carpio**  
 JEFE DEL LABORATORIO DE MATERIALES,  
 CONCRETO Y MECÁNICA DE SUELOS.

Universidad José Carlos Mariátegui

CIUDAD UNIVERSITARIA - CAMPUS SAN ANTONIO - MOQUEGUA

E-MAIL: lab\_suelos\_ujcm@outlook.com

CELULAR: 953502302

# Laboratorio de Materiales, Concreto y Mecánica de Suelos



## DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

**PROYECTO :** PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE  
**UBICACIÓN :** CUAJONE  
**SOLICITANTE :** SKEx Construcciones S.A.C.  
**MATERIAL :** GRAVA PARA SUB DRENAJE  
**CANTERA :** GABI I (ZUÑIGA)  
**FECHA :** 13 DE JUNIO DEL 2015

FICHA TECNICA	
<b>NORMA :</b>	ASTM D 2434 - 68 - AASHTO T 215
<b>TIPO DE SUELO :</b>	SUELO GRANULAR ( GRAVA )
<b>METODO DE NIVEL DE AGUA :</b>	NIVEL DE AGUA CONSTANTE

DATOS DE LA MUESTRA	
P.U (gr/cm <sup>3</sup> )	1.506
ALTURA (cm)	7.71
DIAMETRO (cm)	6.34
P. MUESTRA (gr)	361.89

CARGA	h	TIEMPO DE DRENADO (SS)	VOLUMEN DE AGUA DRENADA (cm <sup>3</sup> )	Kt (cm/s)	Kt (cm/s) Promedio	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)
90	90	30	3000	0.271	0.2691	22
	90	28	3000	0.291		
	90	27	3000	0.301		
60	60	50	3000	0.244		
	60	52	3000	0.235		
	60	51	3000	0.239		
30	30	89	3000	0.274		
	30	90	3000	0.271		
	30	83	3000	0.294		

Kt (cm/s) =	0.2691	nt/n20 =	0.953	K20 (cm/s) =	0.2564
-------------	--------	----------	-------	--------------	--------

SUELO CLASIFICADO COMO MUY PERMEABLE

**OBSERVACIONES:**

- \*El material fue puesto en el laboratorio por el solicitante.
- \* Los datos fueron proporcionados por el solicitante.

UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
 LABORATORIO DE MATERIALES, CONCRETO Y MECÁNICA DE SUELOS  
 Moquegua  
 Dr. Guido Elar Ordoñez Carpio  
 JEFE DEL LABORATORIO DE MATERIALES, CONCRETO Y MECÁNICA DE SUELOS.

Universidad José Carlos Mariátegui

CIUDAD UNIVERSITARIA - CAMPUS SAN ANTONIO - MOQUEGUA

E-MAIL: lab\_suelos\_ujcm@outlook.com

CELULAR: 953502302

# Laboratorio de Materiales, Concreto y Mecánica de Suelos



## DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

**PROYECTO :** PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE  
**UBICACIÓN :** CUAJONE  
**SOLICITANTE :** SKEx Construcciones S.A.C.  
**MATERIAL :** GRAVA PARA SUB DRENAJE  
**CANTERA :** MINA 1  
**FECHA :** 13 DE AGOSTO DEL 2015

### FICHA TECNICA

**NORMA :** ASTM D 5084 - 90  
**TIPO DE SUELO :** SUELO FINO  
**METODO DE NIVEL DE AGUA :** NIVEL DE AGUA VARIABLE

### PARAMETROS DE LA MUETRA

DESCRIPCION	UNIDAD	INICIAL	FINAL
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10.5	11.4
LONGITUD DE LA MUESTRA	cm	13.40	13.70
DIAMETRO DE LA MUETRA	cm	6.34	6.05
P.U	gr/cm <sup>3</sup>	2.07	2.07
SATURACION	%	70	100

PRESION DE LA CELDA	psi	83
CONTRA PRESION TOTAL	psi	58
TEMPERATURA DEL AGUA	°c	24
GRADIENTE HIDRAULICO		5

### DATOS DEL ENSAYO

AREA DE BURETA (cm <sup>2</sup> )			1.425		
N°	Altura inicial (hi)	Altura final (hf)	Volumen de agua drenado (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (seg)	Temperatura del agua (°C)
1	80	30	2.5	2014	24
2	80	30	2.5	2004	24
3	80	30	2.5	2000	24
4	80	30	2.5	2022	24
5	80	30	2.5	2048	24
<b>PROMEDIO</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	<b>2.5</b>	<b>2017.6</b>	<b>24</b>

**Kt (cm/s) = 2.8247E-04    nt/n20 = 0.909    K20 (cm/s) = 2.5676E-04**

SUELO CLASIFICADO POR SU PERMEABILIDAD RELATIVA COMO : POCO PERMEABLE

#### OBSERVACIONES:

- \*El material fue puesto en el laboratorio por el solicitante.
- \* Los datos fueron proporcionados por el solicitante.



Universidad José Carlos Mariátegui

CIUDAD UNIVERSITARIA - CAMPUS SAN ANTONIO - MOQUEGUA

E-MAIL: lab\_suelos\_ujcm@outlook.com

CELULAR: 953502302



**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE**

: SKEx CONSTRUCCIONES S.A.C



**ENTIDAD EJECUTORA**

: UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE  
GROHMANN - LABORATORIO DE MECANICA DE  
ROCAS Y CONCRETO

**SERVICIO SOLICITADO**

: PROPIEDADES MECÁNICAS  
Índice de carga puntual.

**OBRA**

: CONSTRUCCIÓN PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV –  
CUAJONE.

**LUGAR**

: MUESTRA CANTERA ZUÑIGA - (GABI I) - JAWAI -  
MOQUEGUA.

**FECHA**

: Tacna, 07 de mayo del 2015

"Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización escrita de la UNJBG-LMR/ESMI/FAIN"



**1. DESCRIPCION DE LA MUESTRA**

La empresa solicitante proporcionó una muestra de grava para drenaje y cama de apoyo de 5 kg. proveniente de la cantera Zufiiga, ubicada en Jawai - Moquegua.

**2. FECHA DE RECEPCION**

07/05/2015

**3. FECHA DE EJECUCION**

07/05/2015

**4. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO**

Los datos y muestras entregados son de responsabilidad del solicitante.

**5. METODOS DE ANALISIS Y ENSAYOS**

El método y consideraciones para los ensayos de carga puntual, fueron las especificadas en las NORMAS ASTM D-5731.

**6. CONDICION DE LOS ENSAYOS**

Temperatura de ensayo:  $19 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**7. RESULTADOS**





## PROPIEDADES MECÁNICAS

### INDICE DE CARGA PUNTUAL: Muestra I

Nº	Diámetro de la muestra cm	Longitud de la muestra cm	Ancho de la muestra cm	Fuerza Aplicada Kg	Is Kg/cm <sup>2</sup>	Is(50) Kg/cm <sup>2</sup>	Is(50) N/mm <sup>2</sup>
1	1.89	3.80	2.48	1100	307.94	198.77	19.49
2	1.90	4.89	3.10	530	146.81	94.99	9.32
3	2.45	5.60	3.31	1225	204.08	148.04	14.52
4	1.93	4.90	2.93	1150	308.73	201.16	19.73
5	1.87	4.05	3.65	1270	363.18	233.30	22.88
6	2.10	4.97	3.09	1400	317.46	214.86	21.07
7	2.55	5.30	2.93	1100	169.17	124.95	12.25
8	3.10	6.20	3.52	2000	208.12	167.84	16.46
9	2.57	5.20	3.35	715	108.25	80.24	7.87
10	2.55	5.70	3.50	630	96.89	71.56	7.02
PROMEDIO					223.06	153.57	15.06

Elaborado por:

  
Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani  
Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN  
CIP 140390

  
  
Msc. Ing° Carlos Huisa Coori  
Jefe de Laboratorio  
CIP 37291



**INFORME DE ENSAYO**



**SOLICITANTE** : SKEx CONSTRUCCIONES S.A.C.

**ENTIDAD EJECUTORA** : UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE  
GROHMANN - LABORATORIO DE MECANICA DE  
ROCAS Y CONCRETO.

**SERVICIO SOLICITADO** : PROPIEDADES MECÁNICAS  
ABRASION ASTM C 131

**UBICACIÓN** : MUESTRA CANTERA GABI I (ZUÑIGA) –  
MOQUEGUA

**PROYECTO** : CONSTRUCCIÓN PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV –  
CUAJONE

**FECHA** : Tacna, 26 de junio del 2015



**Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO**



“Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización escrita de la UNJBG-LMR/ESMI/FAIN”

**1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

La empresa solicitante proporcionó una muestra de agregado grueso para concreto de 15Kg. proveniente de la cantera Gabi I (Zuñiga) - Moquegua.

**2. FECHA DE RECEPCIÓN**

26/06/2015

**3. FECHA DE EJECUCIÓN**

26/06/2015

**4. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO**

Los datos y muestras entregados son de responsabilidad del solicitante.

**5. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y ENSAYOS**

El método y consideraciones para los ensayos de abrasión por medio de la máquina de los ángeles, fueron los especificados en la Norma ASTM C-131.

**6. CONDICIÓN DE LOS ENSAYOS**

**Temperatura de ensayo:**  $17 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**7. RESULTADOS**

Los resultados del ensayo de abrasión se muestran a continuación:





**ABRASION LOS ANGELES**  
**ASTM C131**

**MATERIAL:** agregado grueso para concreto de 15Kg. proveniente de la cantera Gabi I (Zuñiga) - Moquegua.

METODO "A"							
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	DESGASTE 500 Rev.	
PASA	RETENIDO						
1 1/2"	1"	1252.4	25.02	25.02	74.98		
1"	3/4"	1251.3	25.00	50.02	49.98		
3/4"	1/2"	1250.5	24.99	75.01	24.99		
1/2"	3/8"	1250.7	24.99	100.00	0.00		
1/4"	Nº4						
TOTAL		5004.9	100.00			782.6	
%						DESGASTE	15.64

TIPO DE GRADACION	METODO "A"
Peso muestra al comenzar el ensayo	5004.90
Peso material retenido en el tamiz Nº 12	4222.30
Peso material que pasa el tamiz Nº 12	782.60
Porcentaje de desgaste (%)	15.64

**Elaborado por:**

Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani  
 Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN  
 CIP 140390



Msc. Ingº Carlos Huisa Ccori  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP 37291



**INFORME DE ENSAYO**



**SOLICITANTE** : SKEx CONSTRUCCIONES S A.C.

**ENTIDAD EJECUTORA** : UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE  
GROHMANN - LABORATORIO DE MECANICA DE  
ROCAS Y CONCRETO

**SERVICIO SOLICITADO** : PROPIEDADES MECÁNICAS  
ABRASION ASTM C 131

**UBICACIÓN** : MUESTRA CANTERA MAMA ROSA – MOQUEGUA

**PROYECTO** : CONSTRUCCIÓN PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV –  
CUAJONE

**FECHA** : Tacna, 01 de junio del 2015

“Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización escrita de la UNJBG-LMR/ESM/FAIN”



**1. DESCRIPCION DE LA MUESTRA**

La empresa solicitante proporcionó una muestra de agregado grueso (piedra chancada) para concreto de 15Kg. proveniente de la cantera Mama Rosa - Moquegua.

**2. FECHA DE RECEPCION**

29/05/2015



**3. FECHA DE EJECUCION**

29/05/2015 al 01/06/2015

**4. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO**

Los datos y muestras entregados son de responsabilidad del solicitante.

**5. METODOS DE ANALISIS Y ENSAYOS**

El método y consideraciones para los ensayos de abrasión por medio de la máquina de los ángeles, fueron los especificados en la Norma ASTM C-131.

**6. CONDICION DE LOS ENSAYOS**

**Temperatura de ensayo:**  $19 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**7. RESULTADOS**

Los resultados del ensayo de abrasión se muestran a continuación:



**ABRASION LOS ANGELES**  
**ASTM C131**

**MATERIAL:** agregado grueso (piedra chancada) para concreto de 15Kg. proveniente de la cantera Mama Rosa - Moquegua.

METODO "A"						
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	DESGASTE 500 Rev.
PASA	RETENIDO					
1 1/2"	1"	1252.3	25.03	25.03	74.97	
1"	3/4"	1251.4	25.01	50.03	49.97	
3/4"	1/2"	1250.3	24.99	75.02	24.98	
1/2"	3/8"	1250.1	24.98	100.00	0.00	
1/4"	Nº4					
TOTAL		5004.1	100.00			707.3
% DE DESGASTE						14.13

TIPO DE GRADACION	METODO "A"
Peso muestra al comenzar el ensayo	5004.10
Peso material retenido en el tamiz Nº 12	4296.80
Peso material que pasa el tamiz Nº 12	707.30
Porcentaje de desgaste (%)	14.13

**Elaborado por:**

*Esteban B. Machaca Mamani*

Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani  
 Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN  
 CIP 140390



*Carlos Heisa Coori*  
 Msc. Ing. Carlos Heisa Coori  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP 37291



PROYECTO	PAD DE DIVISION FASE IV - CUAJONE
UBICACION	CANTERA ZURIGA (ZUR1) Jenes - Moquegua
UBICACION MUESTRA	Cantera Zuriga
SOLICITANTE	SREx CONTRUCCIONES SAC
FECHA	Fecha: 07 de Mayo del 2015
MUESTRA	GRANA PARA DRENAJE Grava M-1

### ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

#### EVALUACION DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACION

Muestra	Azufre (%)			Potencial (t CaCO3/1000 t)			Relación NP/AP	pH Pasta
	Total	SO4	S-2	AP	NP	NNP		
M-1	0.543	0.400	0.143	12.500	20.125	7.625	1.610	7.47

#### RESULTADOS

NP/AP < 3 Si  $1 < NP/AP < 3$  el material se considera incierto con respecto de potencial de generación o neutralización de ácido.

NNP entre -20 y +20 el material se considera incierto con respecto a su potencial de generación o de neutralización de ácido.

**MATERIAL INCIERTO PRODUCTOR DE ACIDO**

#### OBSERVACIONES

La muestra fue remitida y identificada por el solicitante

La muestra presenta fracciones andesíticas y material fluvio-glacial.

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503



**INFORME DE ENSAYO**



**SOLICITANTE** : SKEx CONSTRUCCIONES S.A.C.

**ENTIDAD EJECUTORA** : UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS Y CONCRETO.

**SERVICIO SOLICITADO** : PROPIEDADES MECÁNICAS  
Índice de carga puntual.

**OBRA** : CONSTRUCCIÓN PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV – CUAJONE.

**LUGAR** : MUESTRA PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV – CUAJONE.

**FECHA** : Tacna, 10 de noviembre del 2015

“Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización escrita de la UNJBG-LMR/ESMI/FAIN”

---

**ANEXO IC**

**ENSAYO DE LABORATORIO**

**RELLENO ESTRUCTURAL**



**1. DESCRIPCION DE LA MUESTRA**

La empresa solicitante proporcionó una muestra de roca de 5 kg. proveniente del Pad de lixiviación Fase iv – Cuajone.

**2. FECHA DE RECEPCION**

09/11/2015

**3. FECHA DE EJECUCION**

10/11/2015

**4. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO**

Los datos y muestras entregados son de responsabilidad del solicitante.

**5. METODOS DE ANALISIS Y ENSAYOS**

El método y consideraciones para los ensayos de carga puntual, fueron las especificadas en las NORMAS ASTM D-5731.

**6. CONDICION DE LOS ENSAYOS**

Temperatura de ensayo:  $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**7. RESULTADOS**






### PROPIEDADES MECÁNICAS

INDICE DE CARGA PUNTUAL: pad de lixiviación Fase iv – Cuajone.

Nº	Diámetro de la muestra cm	Longitud de la muestra cm	Fuerza Aplicada Kg	Is Kg/cm <sup>2</sup>	Is(50) Kg/cm <sup>2</sup>	Is(50) N/mm <sup>2</sup>
1	3.80	5.10	1220	84.49	74.67	7.32

Elaborado por:

  
.....  
Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani  
Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN  
CIP 140390

  
.....  
Msc. Ing<sup>o</sup> Carlos Huisa Ccori  
Jefe de Laboratorio  
CIP 37291



**INFORME DE ENSAYO**



**SOLICITANTE** : SKEx CONSTRUCCIONES S.A.C.

**ENTIDAD EJECUTORA** : UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS Y CONCRETO.

**SERVICIO SOLICITADO** : PROPIEDADES MECÁNICAS  
Índice de carga puntual.

**OBRA** : CONSTRUCCIÓN PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV – CUAJONE.

**LUGAR** : MUESTRA CANTERA MINA 1- CUAJONE - MOQUEGUA.

**FECHA** : Tacna, 01 de junio del 2015



**1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

La empresa solicitante proporcionó una muestra de roca de 20 kg. (relleno masivo) proveniente de la cantera Mina 1- Cujone – Moquegua.

**2. FECHA DE RECEPCIÓN**

29/05/2015

**3. FECHA DE EJECUCIÓN**

01/06/2015



**4. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO**

Los datos y muestras entregados son de responsabilidad del solicitante.

**5. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y ENSAYOS**

El método y consideraciones para los ensayos de carga puntual, fueron las especificadas en las NORMAS ASTM D-5731.

**6. CONDICIÓN DE LOS ENSAYOS**

**Temperatura de ensayo:**  $19 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**7. RESULTADOS**



## PROPIEDADES MECÁNICAS

**INDICE DE CARGA PUNTUAL:** La empresa solicitante proporcionó una muestra de roca de 20 kg. (relleno masivo) proveniente de la cantera Mina 1- Cujajone – Moquegua.

N°	Diámetro de la muestra cm	Longitud de la muestra cm	Ancho de la muestra cm	Fuerza Aplicada Kg	Is Kg/cm <sup>2</sup>	Is(50) Kg/cm <sup>2</sup>	Is(50) N/mm <sup>2</sup>
1	3.80	7.60	3.80	1400	96.95	85.69	8.40

Elaborado por:

Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani  
Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN  
CIP 140390



Msc. Ing° Carlos Huisa Coori  
Jefe de Laboratorio  
CIP 37291



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMA (ASTM D- 422)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001-LAB-001

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina:

1 de 1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA (ASTM D- 422)

Ubicación: Mina 01  
 Mat. Muestreo: Repleno estructural  
 Profundidad: Acopio  
 Fecha Muestreo: 26 de noviembre de 2015  
 Fecha Ensayo: 27 de noviembre de 2015

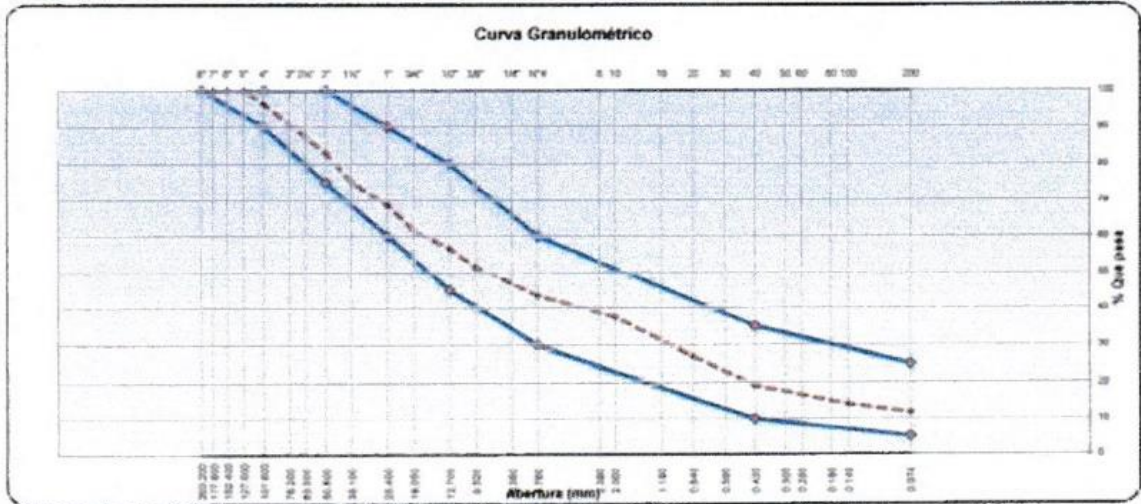
Realizado Por: C. Cardenas R.

Revisado Por: J. Sosa T.

Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

REGISTRO N° **181**

Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones(*)	Descripción de la Muestra
Tamiz	mm.						
8"	203.200					100	Peso Muestra Total : 35675.0  Peso de Grava : 20188.0 Peso de Arena : 15487.0 Peso Fino : 6895.5 % Grava : 56.6 % Arena Gruesa : 5.9 % Arena Media : 18.5 % Arena Fina : 7.3 % Arcilla : 11.8 % Boloneria > 3" : 9.32%  <b>Límites de Consistencia</b> Límite Líquido : 24 Límite Plástico : 15 Índice Plástico : 9  <b>Clasificación Suelos</b> SUCS : GP-GC AASHTO : A-2-4 (0)
7"	177.800						
6"	152.400						
5"	127.000				100.0		
4"	101.600	1342.0	3.8	3.8	96.2	90 - 100	
3"	76.200	1983.0	5.6	9.3	90.7		
2 1/2"	63.500	1174.0	3.3	12.6	87.4		
2"	50.800	1589.0	4.5	17.1	82.9	75 - 100	
1 1/2"	38.100	2787.0	7.8	24.9	75.1		
1"	25.400	2323.0	6.51	31.4	68.6	60 - 90	
3/4"	19.050	2543.0	7.13	38.5	61.5		
1/2"	12.700	1783.0	5.00	43.5	56.5	45 - 80	
3/8"	9.525	1732.0	4.85	48.4	51.6		
No4	4.760	2932.0	8.22	56.6	43.4	30 - 60	
10	2.000	94.4	5.89	62.5	37.5		
20	0.840	169.6	10.59	73.1	26.9		
40	0.420	126.6	7.90	81.0	19.0	10 - 35	
100	0.149	79.2	4.94	85.9	14.1		
200	0.074	37.4	2.33	88.2	11.8	5 - 25	
pasa		188.3	11.8	100.0	0.0		



Observaciones: \* Especificaciones para Relleno Estructural del Proyecto.

Laboratorio SKEEX  
 Firma: *[Signature]*  
 Nombre: Thomny Rojas A  
 Fecha: 28-11-15

QC SKEEX  
 Firma: *[Signature]*  
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 28-11-15

QA BPCC  
 Firma: *[Signature]*  
 Nombre: D. Casmo  
 Fecha: 28/11/15



**LIMITES DE CONSISTENCIA  
NORMA (ASTM D- 4318)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE-15001- LAB-002

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Página: 1 de 1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

Ubicación: **Mina 01**  
 Mat. Muestreo: **Relleno estructural**  
 Profundidad: **Acopio**  
 Fecha Muestreo: **26 de noviembre de 2015**  
 Fecha Ensayo: **27 de noviembre de 2015**

Realizado Por: C. Cardenas R.

Revizado Por: J. Sosa T.

Ing. Resp.: G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 161**

**Limite Liquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	16	23	29
Recipiente N°	12	11	1
Recipiente + Suelo Húmedo	34.29	32.29	33.54
Recipiente + Suelo Seco	29.55	28.13	29.22
Peso Recipiente	10.87	10.87	10.79
Peso Agua	4.74	4.16	4.32
Peso Suelo Seco	18.68	17.26	18.43
% de Humedad	25.37	24.10	23.44

**Limite Plástico**

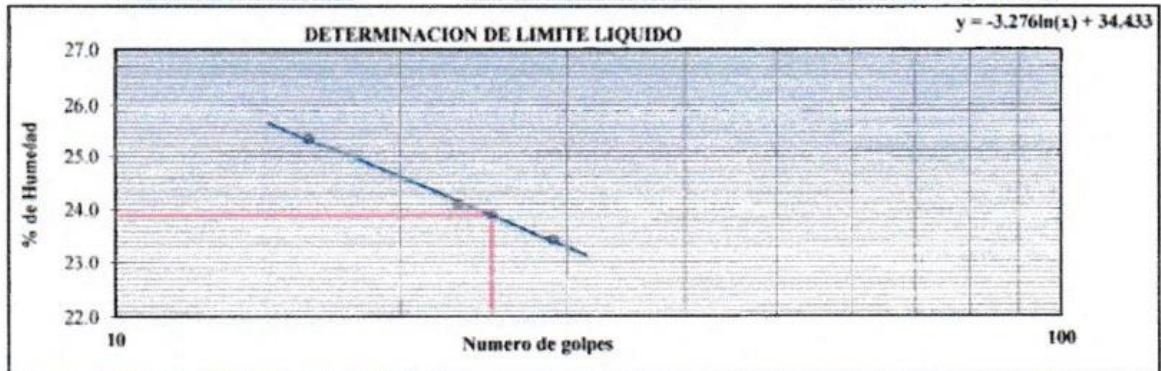
ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	5	3	
Recipiente + Suelo Húmedo	11.76	12.19	
Recipiente + Suelo Seco	10.76	11.14	
Peso Recipiente	4.24	4.25	
Peso Agua	1.00	1.05	
Peso Suelo Seco	6.52	6.89	
% de Humedad	15.34	15.24	

Limite Liquido **24**

Limite Plástico **15**

I. P. **9**



<b>Laboratorio SKEEx</b>	
Firma:	<i>[Signature]</i>
Nombre:	<i>Johnny Rojas A.</i>
Fecha:	<i>28-11-15</i>

<b>QC SKEEx</b>	
Firma:	<i>[Signature]</i>
Nombre:	<i>G. Fuentes Z.</i>
Fecha:	<i>28-11-15</i>

<b>QA SPPC</b>	
Firma:	<i>[Signature]</i>
Nombre:	<i>D. OSARIO</i>
Fecha:	<i>28/11/15</i>

Referencia: POE-15001-LAB-002

POE-15001-LAB-003



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA (ASTM D- 2216)**



PROYECTO: "PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE"

Cod Reg: RE- 15001 - LAB-003

Rev: 0

Fecha: 08/05/2015

Pagina 1 de 1

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

NORMA (ASTM D - 2216)

Ubicación Mina 01  
 Mat. Muestreo Relleno estructural  
 Profundidad Acopio.  
 Fecha Muestreo 26 de noviembre de 2015  
 Fecha Ensayo 27 de noviembre de 2015

Realizado Por : C. Cardenas R.

Revizado Por : J. Sosa T.

Ing. Resp. : G. Fuentes Z.

**REGISTRO N° 161**

**DATOS**

N° de Ensayo		1	2	3
N° Tara		N-8		
Peso de Mat. Húmedo + Tara	gr.	1204.4		
Peso de Mat. Seco + Tara	gr.	1153.0		
Peso de Tara	gr.	515.0		
Peso de Agua	gr.	51.4		
Peso Mat. Seco	gr.	638.0		
Humedad Natural	%	8.06		
Promedio de Humedad	%	8.1		

**OBSERVACIONES:**

**Laboratorio SKEEx**

Firma:

Nombre: Tommy Rojas

Fecha: 28-11-15

**QC SKEEx**

Firma:

Nombre: G. Fuentes Z.

Fecha: 28-11-15

**QA SPCC**

Firma:

Nombre: A. Losme

Fecha: 28/11/15



**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR  
NORMA (ASTM D- 698)**



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001-LAB-004 Rev: 0 Fecha : 08/05/2015 Pagina: 1 de 1

**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR**

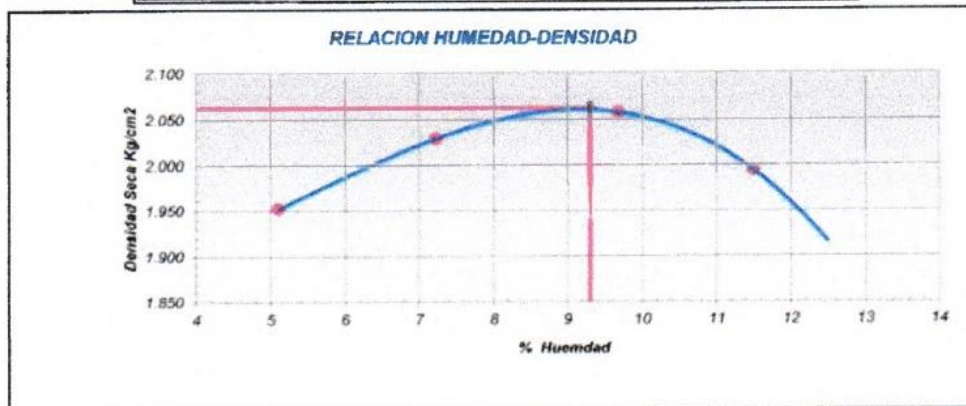
(NORMA ASTM D 698)

Ubicación: Mina 01 Realizado Por: C. Cardenas R.  
 Mat. Muestreo: Relleno estructural Revisado Por: J. Sosa T.  
 Profundidad: Acopio Ing. Resp.: G. Fuentes Z.  
 Fecha Muestreo: 26 de noviembre de 2015  
 Fecha Ensayo: 27 de noviembre de 2015

**REGISTRO N° 161**

Tipo de Molde	: 6 Pulgadas				
Método	: C				
Peso suelo + molde	gr	11064	11327	11499	11428
Peso molde	gr	6708	6708	6708	6708
Peso suelo húmedo compactado	gr	4356	4619	4791	4720
Volumen del molde (cm³)	cm³	2123	2123	2123	2123
Densidad húmeda (gr/cm³)	gr	2.05	2.18	2.26	2.22
Recipiente N°		TC-6	T-22	T-22	N-8
Peso del suelo húmedo+tara	gr	852.4	1165.5	1211.0	1322.2
Peso del suelo seco + tara	gr	816.0	1122.0	1150.0	1239.0
Tara	gr	103.0	520.0	520.0	515.0
Peso de agua	gr	36.40	43.50	61.00	83.20
Peso del suelo seco	gr	713.00	602.00	630.00	724.00
Contenido de agua	%	5.11	7.23	9.68	11.49
Densidad Seca (gr/cm³)	gr/cm³	1.952	2.029	2.057	1.994

**Densidad Máxima (gr/cm³) = 2.062      Humedad Óptima (%) = 9.3**



CORRECCION POR GRAVA ASTM D 4718			
Gravedad Especifica, Dc	2.40	Peso suelo húmedo+tara	3212.2
Porcentaje por Peso de la Fracción Gruesa, P <sub>c</sub>	30.00	Peso suelo seco + tara	3090.0
Porcentaje por Peso de la Fracción Fina, P <sub>f</sub>	70.00	Peso de Tara	102.0
Contenido de Humedad óptima del Proctor, W <sub>o</sub>	9.30	Peso de agua	122.2
Contenido de Humedad de la Fracción Gruesa, W <sub>c</sub>	4.1	Peso fracción grueso seco	2968.0
Contenido de Humedad Óptima Corregido, C <sub>w</sub>	7.7	Contenido de humedad	4.1
Densidad seca de la Fracción Fina, g <sub>DF</sub>	2.062		
Densidad Seca Corregida	2.154		

Laboratorio SKEEx  
 Firma: *[Signature]*  
 Nombre: Harvey Rojas A.  
 Fecha: 28-11-15

QC SKEEx  
 Firma: *[Signature]*  
 Nombre: G. Fuentes Z.  
 Fecha: 28-11-15

QA SCCC  
 Firma: *[Signature]*  
 Nombre: A. Sosa  
 Fecha: 20/11/15

Referencia: POE-15001-LAB-006



GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE LOS AGREGADOS  
NORMA (ASTM C- 127)



PROYECTO : PAD DE LIXIVIACION FASE IV- CUAJONE

Cod Reg: RE-15001- LAB-005

Rev: 0

Fecha : 08/05/2015

Pagin 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS**  
NORMA (ASTM C- 127)

Ubicación Mina 01  
Muestra Relleno estructural  
Profundidad Acopio.  
Fecha Muestreo 26 de noviembre de 2015  
Fecha Ensayo 27 de noviembre de 2015

Realizado por C. Cardenas R.  
Revizado por J. Sosa T.  
Ing. Respensa G. Fuentes Z.

REGISTRO N° **161**

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	3316.5	3349.4		
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	1978.2	2004.9		
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1338.3	1344.5		
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	3212	3236		
E Vol de masas = C-(A-D)	1233.8	1231.1		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.400	2.407		2.403
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.478	2.491		2.485
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.603	2.629		2.616
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.3	3.5		3.4

OBSERVACIONES:

Laboratorio SKEEx

Firma:

Nombre:

Fecha:

*[Firma]*  
*Thomay Rojas A*  
*28-11-15*

QC SKEEx

Firma:

Nombre:

Fecha:

*[Firma]*  
*G. Fuentes Z.*  
*28-11-15*

QA SPCC

Firma:

Nombre:

Fecha:

*[Firma]*  
*D. Osorio*  
*28/11/15*

Referencia: POE-15001-LAB-004

**ANEXO II**

**ANALISIS QUIMICO DEL AGUA**




## ANALISIS QUÍMICO

PROYECTO :	PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE
UBICACIÓN :	Distrito Torata - Prov. Mariscal Nieto - Moquegua
UBICACIÓN MUESTRA :	Piezómetro 01
FECHA :	15/11/2015
MUESTRA :	PM-001 / Agua

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	(LMP) EN CUALQUIER MOMENTO	(LMP) PROMEDIO ANUAL	MUESTRA PM-001
1	pH	und	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5	7.55
2	Sólidos Suspendidos	mg/l	100.0	50.0	42.00
3	Plomo	mg/l	1.0	0.5	0.21
4	Cobre	mg/l	2.0	1.0	0.40
5	Zinc	mg/l	6.0	3.0	0.70
6	Fierro	mg/l	5.0	2.0	0.66
7	Arsénico	mg/l	1.0	0.5	0.31
8	Cianuro Total	mg/l	2.0	1.0	0.00

**NOTA:**

- \* El pH debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.
- \* (LMP) Límites Máximos Permisibles de emisión para unidades mineras en operación..

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503



## ANALISIS QUÍMICO


PROYECTO :	PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE
UBICACIÓN :	Distrito Torata - Prov. Mariscal Nieto - Moquegua
UBICACIÓN MUESTRA :	Piezómetro 02
FECHA :	15/11/2015
MUESTRA :	PM-002 / Agua

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	(LMP) EN CUALQUIER MOMENTO	(LMP) PROMEDIO ANUAL	MUESTRA PM-002
1	pH	und	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5	7.30
2	Sólidos Suspendidos	mg/l	100.0	50.0	46.00
3	Plomo	mg/l	1.0	0.5	0.25
4	Cobre	mg/l	2.0	1.0	0.43
5	Zinc	mg/l	6.0	3.0	0.68
6	Fierro	mg/l	5.0	2.0	0.59
7	Arsénico	mg/l	1.0	0.5	0.33
8	Cianuro Total	mg/l	2.0	1.0	0.20

**NOTA:**

\* El pH debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.

\* (LMP) Limites Máximos Permisibles de emisión para unidades mineras en operación..

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503




## ANALISIS QUÍMICO

PROYECTO :	PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE
UBICACIÓN :	Distrito Torata - Prov. Mariscal Nieto - Moquegua
UBICACIÓN MUESTRA :	Piezómetro 03
FECHA :	15/11/2015
MUESTRA :	PM-003 / Agua

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	(LMP) EN CUALQUIER MOMENTO	(LMP) PROMEDIO ANUAL	MUESTRA PM-003
1	pH	und	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5	7.60
2	Sólidos Suspendedos	mg/l	100.0	50.0	54.00
3	Plomo	mg/l	1.0	0.5	0.30
4	Cobre	mg/l	2.0	1.0	0.49
5	Zinc	mg/l	6.0	3.0	0.72
6	Fierro	mg/l	5.0	2.0	0.64
7	Arsénico	mg/l	1.0	0.5	0.28
8	Cianuro Total	mg/l	2.0	1.0	0.10

**NOTA:**

- \* El pH debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.
- \* (LMP) Limites Máximos Permisibles de emisión para unidades mineras en operación..

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503



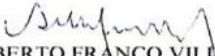
## ANALISIS QUÍMICO

PROYECTO :	PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE
UBICACIÓN :	Distrito Torata - Prov. Mariscal Nieto - Moquegua
UBICACIÓN MUESTRA :	Dique 01
FECHA :	05/11/2015
MUESTRA :	PM-004 / Agua

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	(LMP) EN CUALQUIER MOMENTO	(LMP) PROMEDIO ANUAL	MUESTRA PM-004
1	pH	und	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5	6.84
2	Sólidos Suspendidos	mg/l	100.0	50.0	48.00
3	Plomo	mg/l	1.0	0.5	0.26
4	Cobre	mg/l	2.0	1.0	0.45
5	Zinc	mg/l	6.0	3.0	0.80
6	Fierro	mg/l	5.0	2.0	0.75
7	Arsénico	mg/l	1.0	0.5	0.36
8	Cianuro Total	mg/l	2.0	1.0	0.00

**NOTA:**

- \* El pH debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.
- \* (LMP) Límites Máximos Permisibles de emisión para unidades mineras en operación..

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503



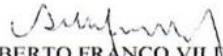
## ANALISIS QUÍMICO

PROYECTO :	PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE
UBICACIÓN :	Distrito Torata - Prov. Mariscal Nieto - Moquegua
UBICACIÓN MUESTRA :	Dique 02
FECHA :	05/11/2015
MUESTRA :	PM-005 / Agua

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	(LMP) EN CUALQUIER MOMENTO	(LMP) PROMEDIO ANUAL	MUESTRA PM-005
1	pH	und	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5	7.40
2	Sólidos Suspendidos	mg/l	100.0	50.0	57.00
3	Plomo	mg/l	1.0	0.5	0.31
4	Cobre	mg/l	2.0	1.0	0.62
5	Zinc	mg/l	6.0	3.0	0.95
6	Fierro	mg/l	5.0	2.0	0.88
7	Arsénico	mg/l	1.0	0.5	0.42
8	Cianuro Total	mg/l	2.0	1.0	0.10

**NOTA:**

- \* El pH debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.
- \* (LMP) Limites Máximos Permisibles de emisión para unidades mineras en operación..

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503




## ANALISIS QUÍMICO

PROYECTO :	PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE
UBICACIÓN :	Distrito Torata - Prov. Mariscal Nieto - Moquegua
UBICACIÓN MUESTRA :	Dique 03
FECHA :	05/11/2015
MUESTRA :	PM-006 / Agua

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	(LMP) EN CUALQUIER MOMENTO	(LMP) PROMEDIO ANUAL	MUESTRA PM-006
1	pH	und	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5	7.10
2	Sólidos Suspendidos	mg/l	100.0	50.0	61.00
3	Plomo	mg/l	1.0	0.5	0.44
4	Cobre	mg/l	2.0	1.0	0.71
5	Zinc	mg/l	6.0	3.0	0.68
6	Fierro	mg/l	5.0	2.0	0.78
7	Arsénico	mg/l	1.0	0.5	0.32
8	Cianuro Total	mg/l	2.0	1.0	0.15

**NOTA:**

- \* El pH debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.
- \* (LMP) Limites Máximos Permisibles de emisión para unidades mineras en operación..

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503



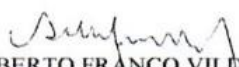
## ANALISIS QUÍMICO

PROYECTO :	PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE
UBICACIÓN :	Distrito Torata - Prov. Mariscal Nieto - Moquegua
UBICACIÓN MUESTRA :	Buzón 02
FECHA :	20/11/2015
MUESTRA :	PM-007 / Agua

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	(LMP) EN CUALQUIER MOMENTO	(LMP) PROMEDIO ANUAL	MUESTRA PM-007
1	pH	und	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5	7.20
2	Sólidos Suspendidos	mg/l	100.0	50.0	46.00
3	Plomo	mg/l	1.0	0.5	0.31
4	Cobre	mg/l	2.0	1.0	0.53
5	Zinc	mg/l	6.0	3.0	0.77
6	Fierro	mg/l	5.0	2.0	0.60
7	Arsénico	mg/l	1.0	0.5	0.44
8	Cianuro Total	mg/l	2.0	1.0	0.18

**NOTA:**

- \* El pH debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.
- \* (LMP) Limites Máximos Permisibles de emisión para unidades mineras en operación..

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503



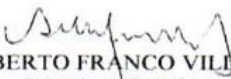
## ANALISIS QUÍMICO

PROYECTO :	PAD DE LIXIVIACION FASE IV - CUAJONE
UBICACIÓN :	Distrito Torata - Prov. Mariscal Nieto - Moquegua
UBICACIÓN MUESTRA :	Buzón 01
FECHA :	20/11/2015
MUESTRA :	PM-008 / Agua

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	(LMP) EN CUALQUIER MOMENTO	(LMP) PROMEDIO ANUAL	MUESTRA PM-008
1	pH	und	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5	7.60
2	Sólidos Suspendidos	mg/l	100.0	50.0	62.00
3	Plomo	mg/l	1.0	0.5	0.47
4	Cobre	mg/l	2.0	1.0	0.95
5	Zinc	mg/l	6.0	3.0	1.20
6	Hierro	mg/l	5.0	2.0	0.82
7	Arsénico	mg/l	1.0	0.5	0.37
8	Cianuro Total	mg/l	2.0	1.0	0.15

**NOTA:**

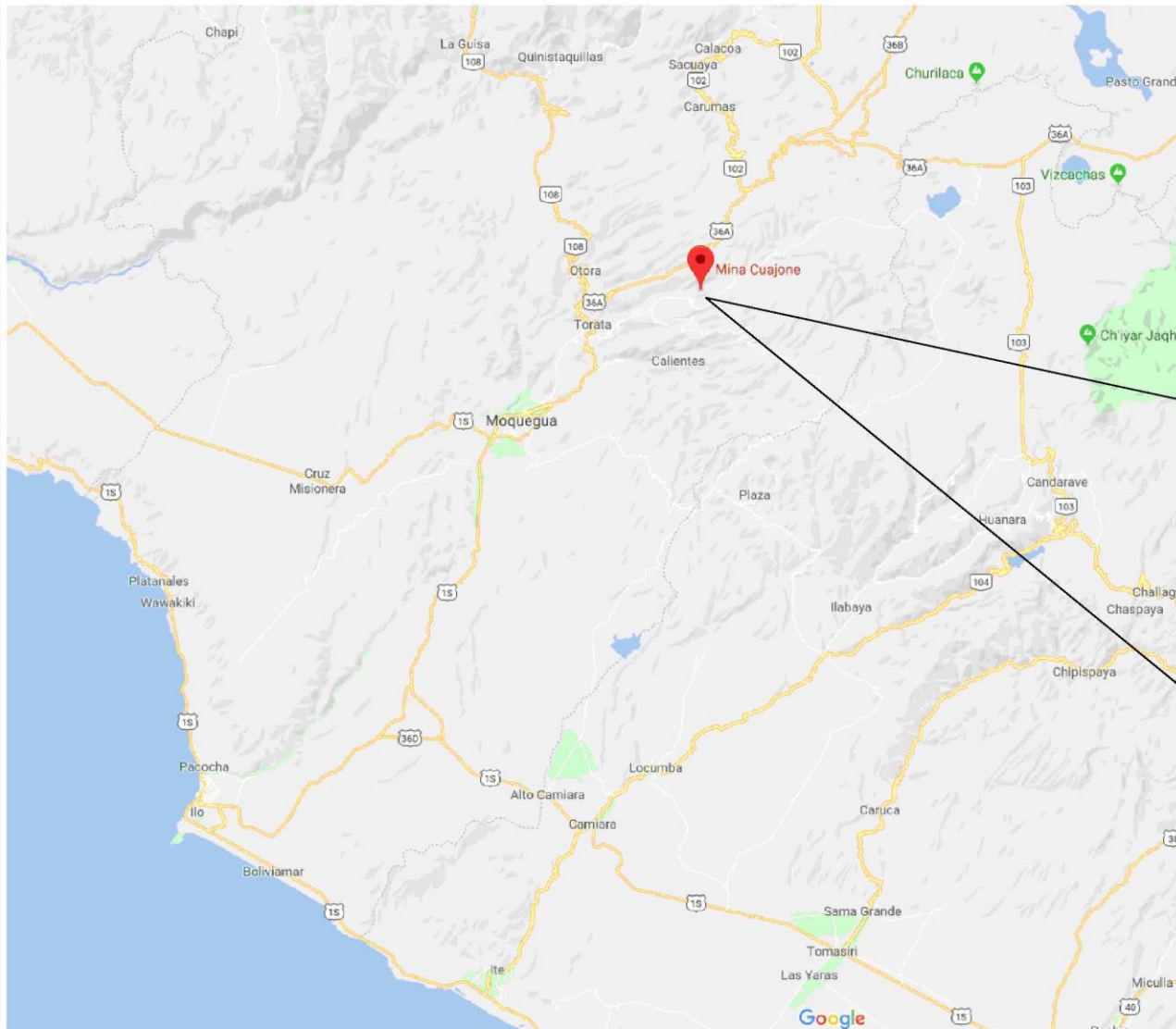
- \* El pH debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.
- \* (LMP) Limites Máximos Permisibles de emisión para unidades mineras en operación..

  
ALBERTO FRANCO VILDOSO  
Ingeniero Químico  
CIP N° 78503

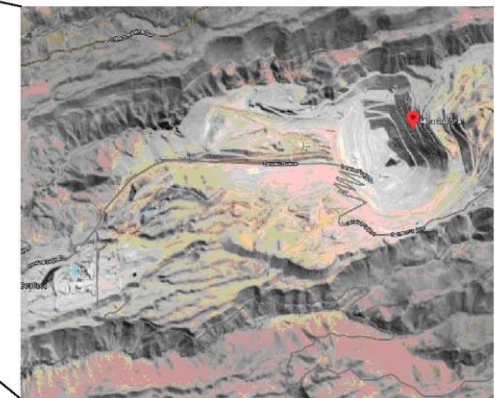
**ANEXO IV**

**PLANOS**

# LOCALIZACION

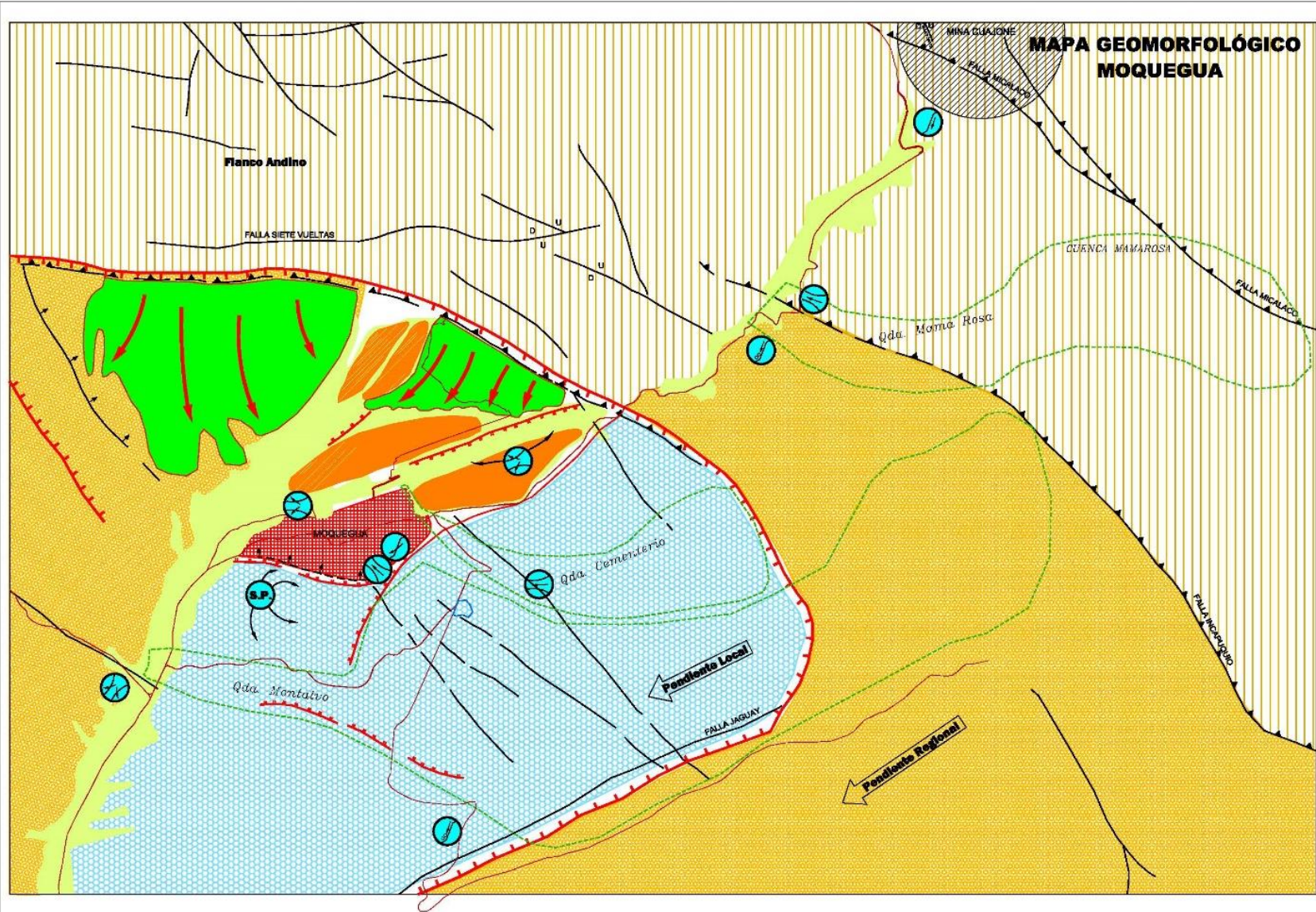


UBICACION



MINA CUAJONE

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b> <small>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA</small>		
<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>PLANO DE UBICACION</b>		
<small>PROYECTO</small> MGR. JENY CONRADO BUSTOZA	<small>FECHA</small> Octubre del 2010	<small>PROYECTO</small> Estudio LIXIVIACION Zona 185
<small>UBICACION</small> Oroya - Jirón Casapalca - Casapalca	<small>PROYECTO</small> Oroya - Jirón Casapalca - Casapalca	<small>PROYECTO</small> Oroya - Jirón Casapalca - Casapalca
<small>PROYECTO</small> Oroya - Jirón Casapalca - Casapalca	<small>PROYECTO</small> Oroya - Jirón Casapalca - Casapalca	<small>PROYECTO</small> Oroya - Jirón Casapalca - Casapalca
<small>PROYECTO</small> Oroya - Jirón Casapalca - Casapalca		U-1



### MAPA GEOMORFOLÓGICO MOQUEGUA

LEYENDA Y SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
<b>UNIDADES MORFOESTRUCTURALES MAYORES</b>	
	FLANCO ANDINO
	LLANURA COSTANERA NIVEL SUPERIOR: LLC-N1
	LLANURA COSTANERA NIVEL INFERIOR: LLC-N2
	DEPRESIÓN ESTRUCTURAL DE MOQUEGUA
	LÍMITE DE CUENCA HIDROGRÁFICA
<b>GEOFORMAS LOCALES</b>	
	CONOS DE DEYECCIÓN
	TERRAZAS FLUVIALES
	ANFITEATRO DE EROSIÓN MOQUEGUA (CUENCA CENTRÍPETA)
	RIOS
	QUEBRADAS
	VALLE CULTIVADO
<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	
	FALLAS REGIONALES
	FALLAS
	FALLA INFERIDA
	ESCARPA
<b>EXPRESSIONES GEODINÁMICAS ACTIVAS</b>	
	DEBLIZAMIENTOS EN MASA
	DERRUMBES
	HUAYCOS, ALLUVIONES
	EROSIÓN DE RIBERAS DESBORDES, INUNDACIONES
	BUELOS PROBLEMÁTICOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JORGE BASADRE GROHMANN**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA - GEOTECNIA

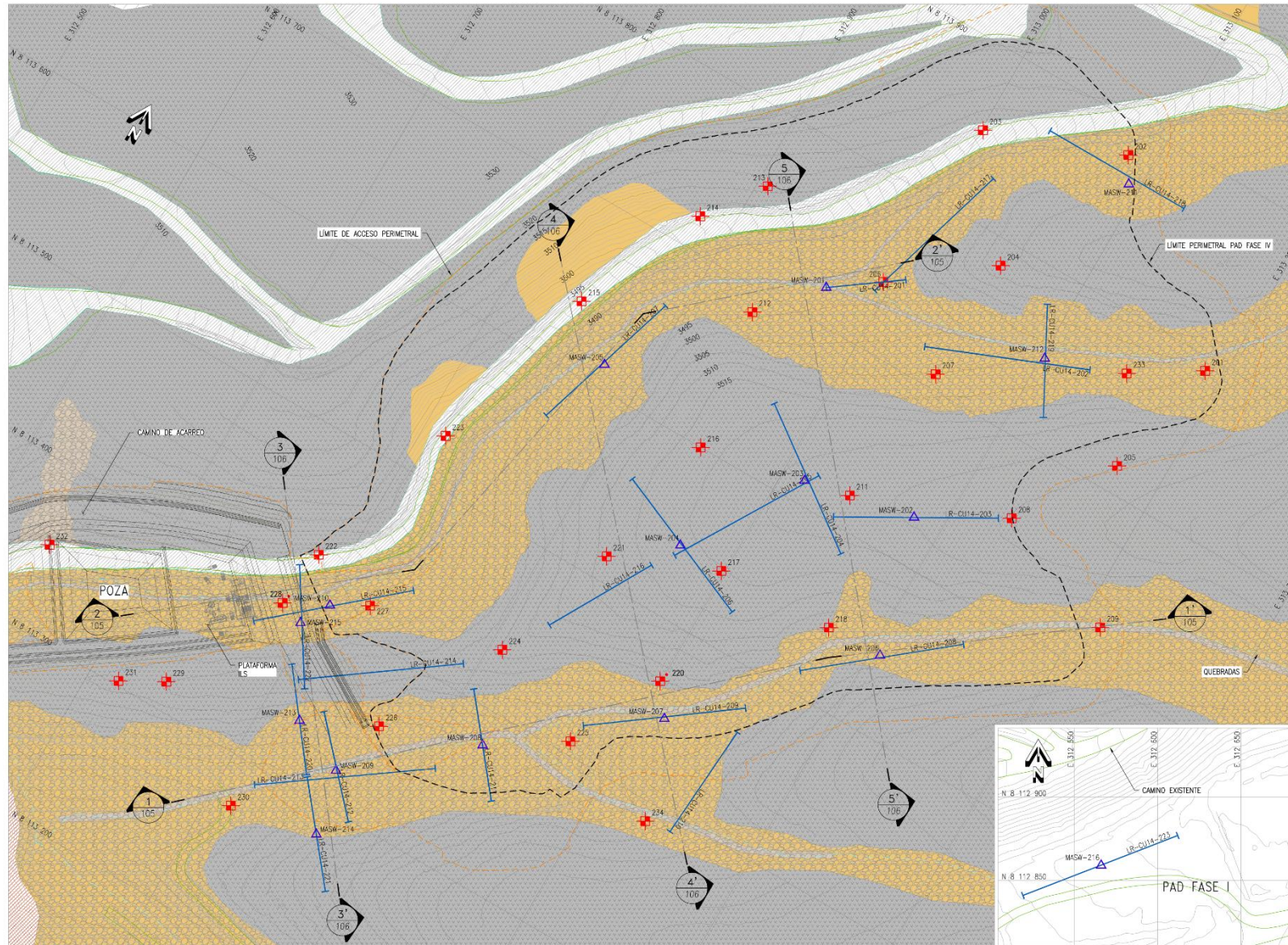


Asesor:	MGR. JAEN CONRADO BEDOYA
Elaboró:	Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Salas
Fecha:	Octubre del 2018
Estado:	SE

### PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III PLANO GEOMORFOLÓGICO

Proyector:	Datum UTM WGS 84 Zone 18S
Problema:	Sulphur Copper - Mina de Cuajuno

PLANO Nº  
**PG-1**



### LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- LIMITE PERIMETRAL PAD FASE IV PROYECTADO
- LIMITE DE NIVELACION DE PLATAFORMA, POZAS, CAMINO DE ACARREO Y CANALES
- CAMINO EXISTENTE
- QUEBRADAS
- LINEA SECCION (PLANTA)
- LINEA DE DISEÑO
- ESTRUCTURAS EXISTENTES:**
- CAUCALITAS, CÓDIGO: CA-CUIA-201 (ANDES, 2014)
- CAUCALITA CON ENSAYO DE DENSIDAD, CÓDIGO: CA-CUIA-220 (ANDES, 2014)
- ENSAYO MASW, CÓDIGO: MASW-CUIA-201 (ANDES, 2014)
- ENSAYO DE REFRACCION SISMICA PROYECTADA, CÓDIGO: LR-CUIA-201
- RELLENO CONTROLADO
- RELLENO NO CONTROLADO

**UNIDADES GEOLOGICAS - GEOTECNICAS:**

**UNIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA I (DEPOSITO FLUVIAL):**  
 SUELOS ORIGINADOS POR LA DINAMICA FLUVIAL Y ESTAN CONSTITUIDOS POR GRAVAS PROGRESIVAMENTE GRAMOS DE PLASTICIDAD BAJA, MEDIANAMENTE DENSAS, LIGERAMENTE HUMEDA, COLOR MARRON OSCURO, ESTRUCTURA HOMOGENEA, PRESENCIA DE BOLONERIA T.M. = 8'.

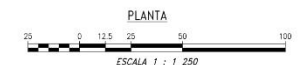
**UNIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA II (DEPOSITO COLUVIAL):**  
 SUELOS DEPOSITADOS POR LA ACCION DE LA GRAVEDAD, ORIGINADOS POR LA METEORIZACION FISICA DE LOS APLORAMIENTOS ROCOSOS, UBICADOS EN ZONAS ALTAS, SUELO CONSTITUIDO POR GRAVAS LINDAS DE PLASTICIDAD MEDIA, MEDIANAMENTE DENSAS, LIGERAMENTE HUMEDA, COLOR MARRON, ESTRUCTURA HOMOGENEA, GRAVA SUBANGULOSA CON PRESENCIA DE BOLONERIA T.M. = 8'.

**UNIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA III (DEPOSITO COLUVIO-DELUVIAL):**  
 SUELOS ORIGINADOS POR LA ACCION DE LA GRAVITAD Y POR LA GEODINAMICA FLUVIAL; SUELOS CONSTITUIDOS POR GRAVAS LINDAS DE PLASTICIDAD MEDIA, DENSAS, LIGERAMENTE HUMEDA, COLOR MARRON CLARO, ESTRUCTURA HOMOGENEA, GRAVA SUBANGULOSA CON PRESENCIA DE BOLONERIA Y BLOQUES DE 1m x 25" EN 50 % DEL VOLUMEN TOTAL. EL ESPESOR DE LA UNIDAD VARIA DE 2 m. A 4 m.

**UNIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA IV (BASAMENTO ROCOSO):**  
 (TRAQUITA):  
 ROCA VOLCANICA ALCALINA, DE ORIGEN IGNEO INTERMEDIO, DE MUY ALTERADA A MODERADAMENTE ALTERADA, SU RESISTENCIA VARIA DE DEBIL A MODERADAMENTE DURA (RQD 0 A FOL), MEDIANAMENTE FRACTURADA CON ROO DE 0 A 20% Y RMR DE 22 A 32. SU CLASIFICACION GEOMECANICA ES F.M.A.

**NOTAS:**

- EL AREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
- LAS UNIDADES GEOLOGICAS GEOTECNICAS FUERON DETERMINADAS EN BASE A LA INFORMACION EXISTENTE Y A LAS INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DESARROLLADAS POR ANDES (CAUCALITAS, ENSAYOS GEOFISICOS Y MAPEO GEOLOGICO - GEOTECNICO).

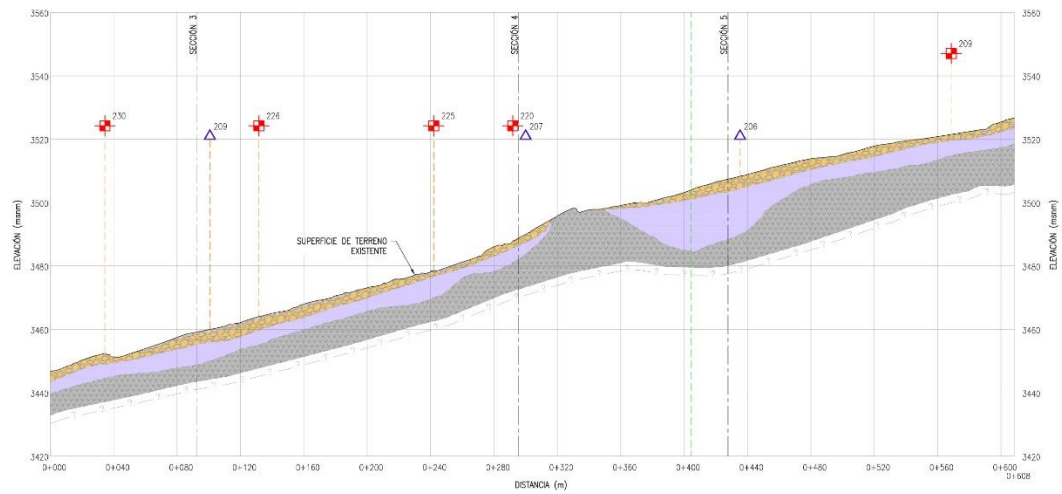


**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JORGE BASADRE GROHMANN**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA

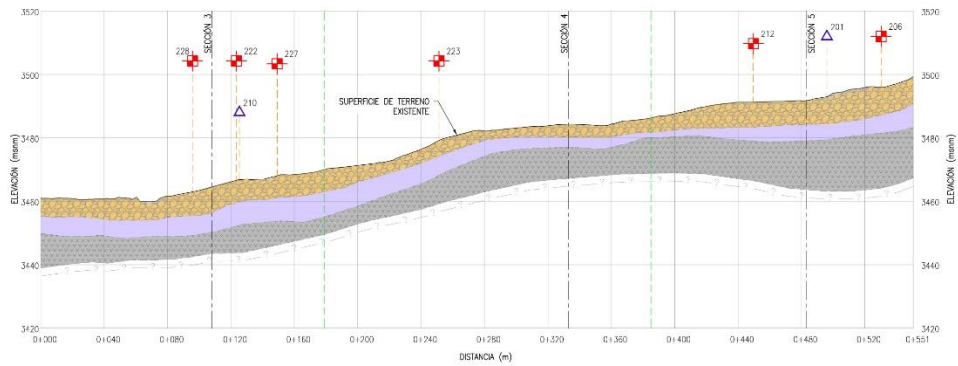
Nombre:	MGR. JHON CONRADO BEDOYA	<p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</p> <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">MAPEO GEOLOGICO GEOTECNICO</p>	Planificación:	Deturn UTM WGS 84 Zone 18S	<p style="font-size: 0.8em;">PLAN#</p> <p style="font-weight: bold; font-size: 0.8em;">PMG-1</p>
Dirigido por:	Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Saire		Fecha:	Octubre del 2018	
Escala:	1/1 250		Fuente:	Sothem Copper - Mira de Casajone	

LAS ESCALAS GRAFICAS FORMAN PARTE INTEGRAL DEL DISEÑO Y DEBE SER GUARDADA EN PARALELO A LOS DISEÑOS EN FORMA DE AL.

LAS CALICATAS, ENSAYOS, PRUEBAS Y/O RESULTADOS  
 EN NINGUN MOMENTO SE ENTENDIÓ COMO



**1 SECCIÓN**  
 ESCALA: H: 1/1.500  
 V: 1/750



**2 SECCIÓN**  
 ESCALA: H: 1/1.500  
 V: 1/750

LEYENDA	
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CONTACTO LITOLÓGICO
	LÍNEA DE PRESUNCIÓN
	LÍNEA SECCIÓN (CORTE)
	LÍNEA DE QUERRE
	CA-CU14-101
	MASW-CU14-101
	CALICATAS EJECUTADAS, CÓDIGO: CA-CU14-101 (ANDES, 2014)
	ENSAYO MASW, CÓDIGO: MASW-2014-101 (ANDES, 2014)
	RELLENO CONTROLADO

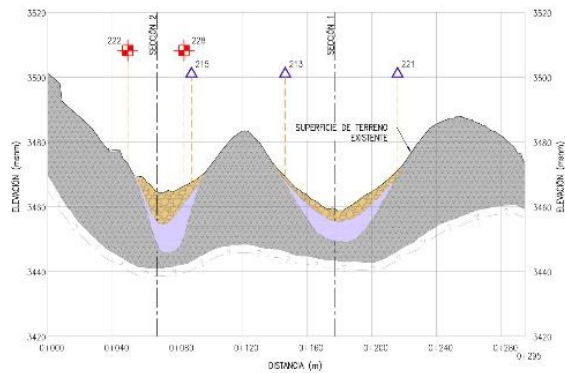
**UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS:**

- UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA I (DEPÓSITO FLUVIAL):**  
 SUELOS ORIGINADOS POR LA DINÁMICA FLUVIAL, ESTÁN CONSTITUIDOS POR GRAVAS FUERTEMENTE GRADUADAS DE PLASTICIDAD BAJA, MEDIANAMENTE DENSAS, LOJAMENTE HÚMEDA, COLOR MARRÓN OSCURO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA. PRESENCIA DE BOLSONES T<sub>m</sub> = 9".
- UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA II (DEPÓSITO COLUINO-DEFLUVAL):**  
 SUELOS ORIGINADOS POR LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD Y POR LA GEOMORFIA FLUVIAL, SUELOS CONSTITUIDOS POR GRAVAS LIMOSAS DE PLASTICIDAD MEDIA, DENSAS, LOJAMENTE HÚMEDA, COLOR MARRÓN CLARO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA, GRAVA SUBANGULOSA CON PRESENCIA DE BOLSONES Y BLOQUES DE T<sub>m</sub> = 25" a 30" x DCL VOLUMEN TOTAL CL. ESPESOR DE LA UNIDAD VARIA DE 2 m. A 4 m.
- UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA IV (DEPÓSITO ELUVIAL):**  
 SUELO CONFORMADO POR LA METEORIZACIÓN IN SITU DE LOS AFORRAMENTOS VOLCÁNICOS, UNIDO ORIGIN A SUELOS FINOS Y GRANULARES TIPO LIMOS GRAVOSOS MUY RÍGIDOS Y GRAVAS LIMOSAS MUY DENSAS, LA PLASTICIDAD VARIA DE NULA A BAJA, SE ENCUENTRA LOJAMENTE HÚMEDA, SU COLOR VARIA DE MARRÓN CLARO A MARRÓN OSCELO, SU ESTRUCTURA ES MASOCEMA Y PRESENTA UN ESPESOR DE 2 A 5 m. ESTOS MATERIALES PRESENTAN UNA RESISTENCIA ALTA A LA EXPLORACIÓN CON EXCAVADORA O RÍPER.
- UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA V (BASAMENTO ROCOSO):**  
 (TRAQUITA):  
 ROCA VOLCÁNICA ALCALINA, DE ORIGEN IGNEO INTERMEDIO, DE MUY ALTERADA A MODERADAMENTE ALTERADA, SU RESISTENCIA VARIA DE DÉBIL A MODERADAMENTE DURA (R2.0 A R3.0), MEDIANAMENTE FRACTURADA CON RÍPER DE 0 A 20% Y RÍPER DE 22 A 30. SU CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA ES VALLA.

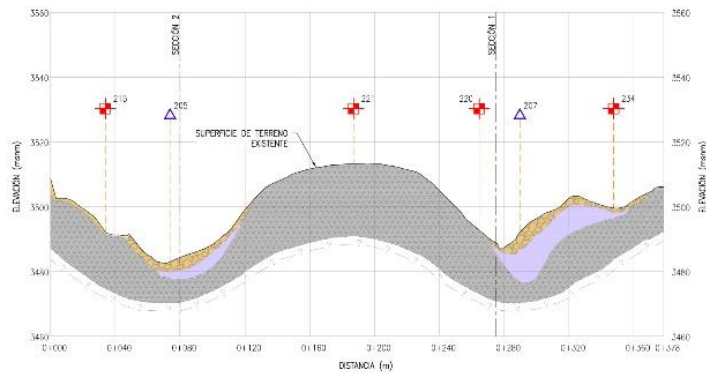
**NOTAS:**

- EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA INCHIA.
- LAS UNIDADES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS FUERON DETERMINADAS EN BASE A LA INFORMACIÓN EXISTENTE Y A LAS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DESARROLLADAS POR ANDES (CALICATAS, ENSAYOS GEOTÉCNICOS Y MAPEO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO).

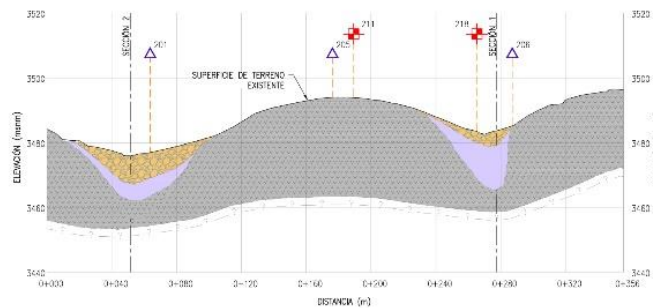
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL</b> <b>JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA		<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>SECCIONES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS</b>	PLANO N° <b>SG-2</b>
AUTOR: MGR. JAEN CONRADO BEDOYA DISEÑO: Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Saiz FECHA: Octubre del 2018 ESTADO: VARIABLE	PROYECTO: Darum UTM WGS 84 Zone 18S NOMBRE: Solheim Copper - Mina de Cuzajira		



3 SECCIÓN  
104 ESCALA: H: 1/1.500  
V: 1/750



4 SECCIÓN  
104 ESCALA: H: 1/1.500  
V: 1/750



5 SECCIÓN  
104 ESCALA: H: 1/1.500  
V: 1/750



**UNIDADES GEOLOGICAS - GEOTECNICAS:**



**UNIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA I (DEPOSITO ELUVIAL):**  
 SUELOS ORGANADOS POR LA ACCION DE LA GRAVEDAD Y ESTAN CONSTITUIDOS POR GRANAS IMPUREMENTE: GASEANOS DE PLASTICIDAD BAJA MEDIANAMENTE DENSOS, LIGERAMENTE HOMOGENEA, COLORES VARIAN DESDE ROJO ESTRUCTURA HOMOGENEA PRESENCIA DE ESCALOS:  $T_u = 8'$

**UNIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA III (DEPOSITO COLUWIO-DELUVIAL):**  
 SUELOS ORGANADOS POR LA ACCION DE LA GRAVEDAD Y POR LA GEOMORFIA ELUVIAL: SUELOS CONSTITUIDOS POR GRANAS LARGAS DE PLASTICIDAD MEDIA, DENSAS, LIGERAMENTE HOMOGENEA, COLOR AMARILLO CLARO, ESTRUCTURA HOMOGENEA, GRASA SUBANGULAR CON PRESENCIA DE ESCALOS Y ESCALOS DE  $T_u = 25'$  EN SU ESPESOR TOTAL, EL ESPESOR DE LA UNIDAD VARIA DE 2 M. A 6 M.

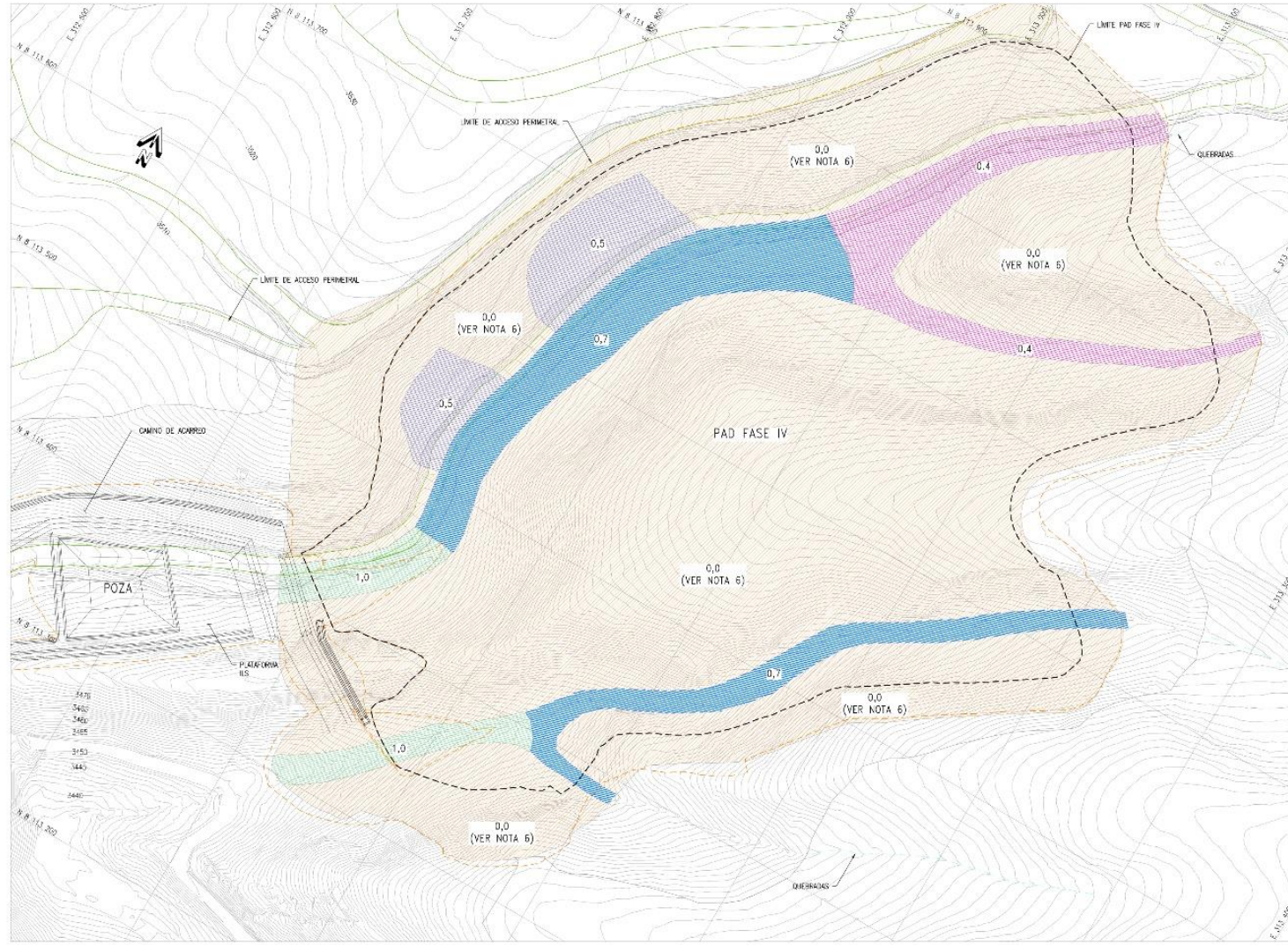
**UNIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA IV (DEPOSITO ELUVIAL):**  
 SUELO COMPACTADO POR LA METEORIZACION PROFUNDA DE LOS FILITOS/ARENOSOS VOLCANICOS, DANDO ORIGEN A SUELOS FINOS Y GRANULARES TIPO LIMO GRABADOS MUY SUAVES Y GRANAS LARGAS MUY DENSAS, LA PLASTICIDAD VARIA DE BAJA A ALTA, SE HETEROGENEA, HETEROGENEA, HUELA, SU COLOR VARIA DE MARON CLARO A MARON OSCURO, SU ESTRUCTURA ES HOMOGENEA Y PRESENCIA UN ESPESOR DE 3 A 5 M. ESTOS MATERIALES PRESENTAN UNA RESISTENCIA ALTA A LA COMPRESION CON ESCALOS/CLASIFICACION C.U.B.C.

**UNIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA V (BASAMENTO ROCOSO):**  
 (TRAMONTA):  
 ROCA VOLCANICA ALCALINA DE ORIGEN IGNEO INTERMEDIO, DE MUY A TERCIADA A MODERADAMENTE ALTERNADA, SU RESISTENCIA VARIA DE (DESA) A MODERADAMENTE ALTA (DE 100 A 150), HETEROGENEA Y HETEROGENEA CON UN COEF. DE 1 A 200 Y UN  $\mu$  DE 20 A 30. SU CLASIFICACION CORRESPONDE A LA MASA.

- NOTAS:**
- EL AREA DE ESTUDIO ESTA UBICADA EN LA ZONA 100 DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - LAS UNIDADES GEOLOGICAS GEOTECNICAS FUERON DETERMINADAS EN BASE A LA INFORMACION EXISTENTE Y A LAS INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DESARROLLADAS POR MEDIOS (CUALQUIER FORMA DE INVESTIGACION GEOTECNICA Y METODOS GEOTECNICOS - GEOTECNICOS).

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL</b> <b>JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNICA		
<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>SECCIONES GEOLOGICAS GEOTECNICAS</b>		
Nombre: MGR. JAVIER CONRADO BEDOYA DISEÑO: Bach. Jhon Leonardo Cuellar Soria Fecha: Octubre del 2015 Estado: VARIABLE	Posición: Diseñador Fecha: Diciembre del 2015 Nombre: Southern Copper - Mina de Cuajone	PLAN: SG-3

LAS ESCALAS DEBEN SER LEIDAS EN UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (S.I.)



**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERMINO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- LIMITE PERIMETRAL PAD FASE IV
- LIMITE DE MACULACION DE FUNDACIONES, POZAS, CAMINO DE ACOMPAÑADO Y CAVALES
- CAMINO EXISTENTE
- QUEBRADAS
- LINEA DE DISEÑO
- ESTRUCTURAS EXISTENTES

**TABLA 01**  
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION

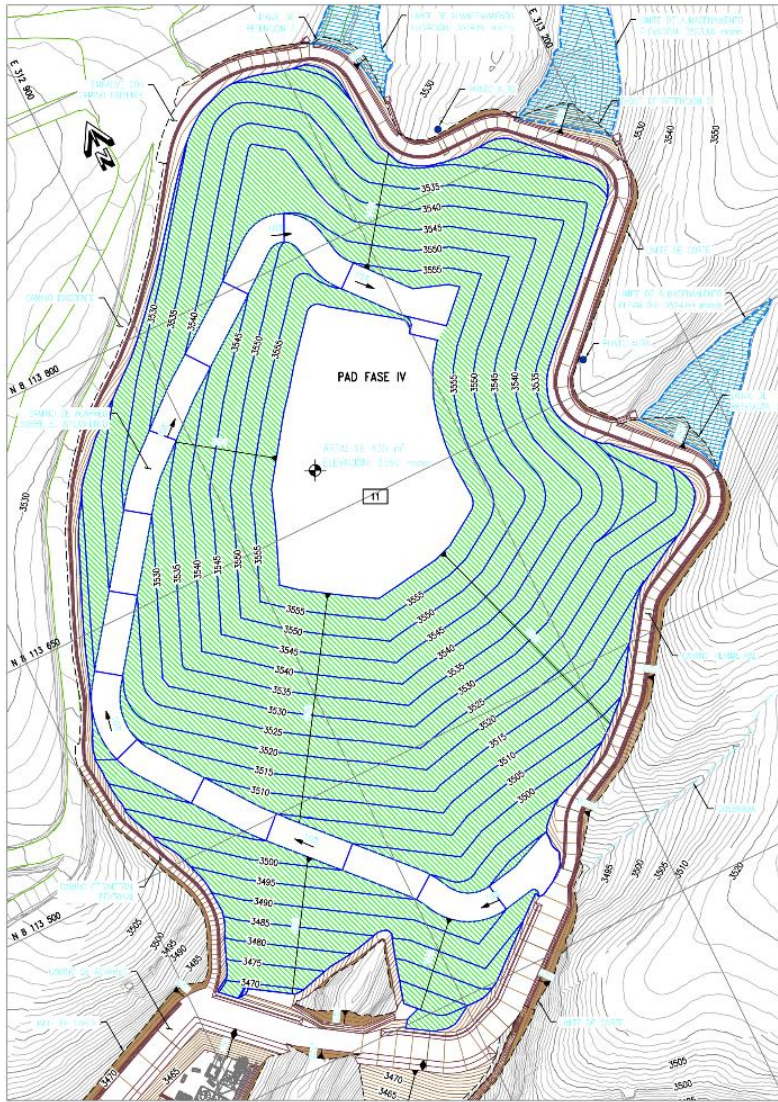
LEYENDA	PROFUNDIDAD DE CIMENTACION	AREA (m <sup>2</sup> )
	0,00 m	161 549
	0,40 m	8 773
	0,50 m	7 299
	0,70 m	15 887
	1,00 m	5 017

- NOTAS:**
1. EL AREA DE ESTUDIO SEHA UBICADO EN LA ZONA 18B DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  2. LA SUPERFICIE DE CIMENTACION HA SIDO GENERADA EN BASE A LAS INVESTIGACIONES GEOTECNICAS REALIZADAS POR ANEXOS VOLUNTARIOS, ENSAYOS GEOTECNICOS Y MAPAS GEOLOGICOS DE REFERENCIA.
  3. LOS NIVELES DE CIMENTACION Y LOS ANCHORES DE MOVIMIENTO DE TIERRA SON REFERENCIALES.
  4. EN LA ZONA DONDE EL NIVEL DE CIMENTACION ES 0,00 m SE REALIZARA UN PERFORADO Y ELIMINACION DE BLOQUES SUPERFICIALES PARA CIMENTAR LA PILA.

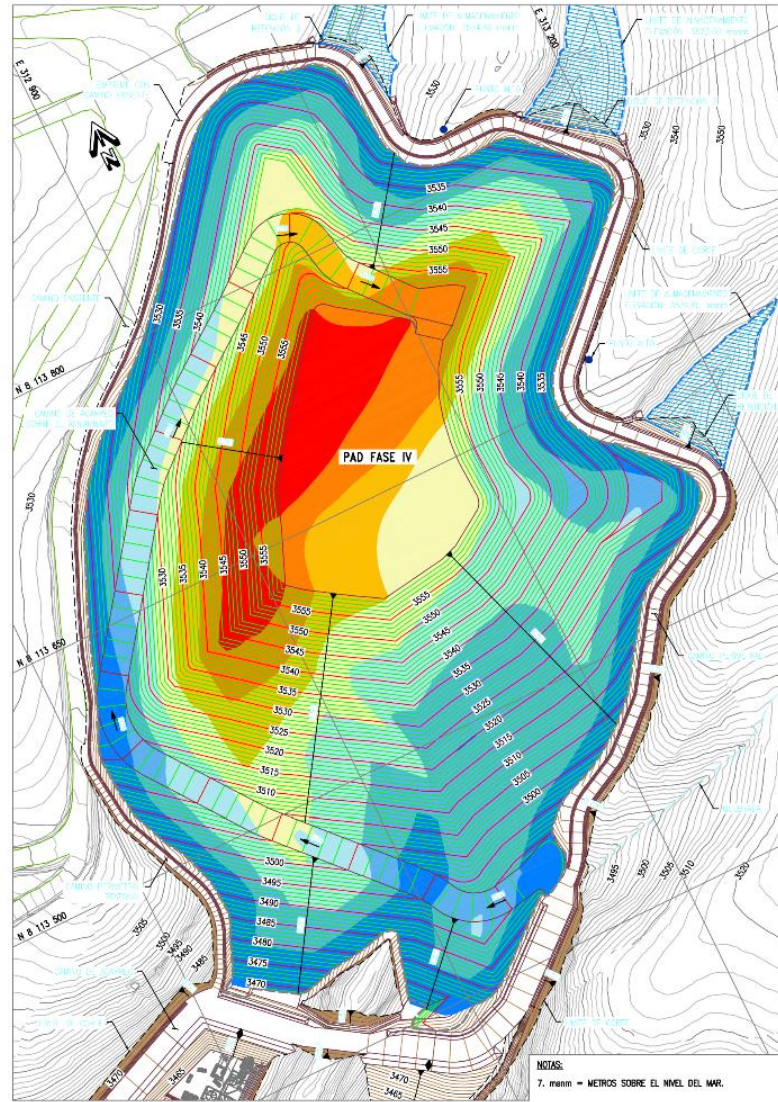
**PLANTA**  
ESCALA 1 : 1 250

LOS DISEÑOS, DIBUJOS, FOTOCOPIAS, SER TIPOGRAFIA  
 DE FUNDACIONES DE TIPO "PAD"

<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL</b> <b>JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA</p>		<p><b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>PLANO DE CIMENTACION</b></p>	
AUTOR: INGR. JHON OCHOAVIDO BEDOYA DISEÑO: Sr. Juan Latorre de Cuellar Sandoval FECHA: Octubre del 2018 ESCALA: 1:1 250	PROYECTO: Datum UTM WGS 84 Zone 18S CLIENTE: Southern Copper - Mina de Cuajave		



**NIVEL 11**  
ELEVACIÓN: 3580 mmnm



**ELEVACIONES**

**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LA PLATAFORMA, POZA, CAMINO Y CAÑALES
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE APILAMIENTO
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- CAMINO EXISTENTE
- LINEA DE DISEÑO
- LINEAS DE DISEÑO - PAD FASE IV
- QUEBRADA
- PUNTO DE CONTROL
- MATERIAL DE RELLENO

**TABLA 01**  
**PAD FASE IV**

NIVEL	VOLUMEN (m³)	CAPACIDAD (t)	CAPACIDAD ACUM. (t)
1-1	18 637	27 582	27 582
1-2	7 889	11 675	39 257
2-1	28 641	42 388	81 645
2-2	12 467	18 450	100 095
3-1	57 253	84 733	184 828
3-2	31 893	32 401	217 229
4	102 617	151 873	369 102
5	307 112	454 525	823 627
6	483 230	729 980	1 553 607
7	882 959	1 010 778	2 564 386
8	851 871	1 280 769	3 825 155
9	742 576	1 099 012	4 942 167
10	473 022	700 072	5 624 239
11	253 883	375 761	6 000 000

**TABLA 02**  
**ELEVACIONES**

COLOR	ELEVACIÓN MÍNIMA	ELEVACIÓN MÁXIMA	ÁREA
1	0,00	10,00	25 498,23
2	10,00	20,00	35 572,85
3	20,00	30,00	28 188,81
4	30,00	40,00	21 163,81
5	40,00	50,00	14 839,94
6	50,00	60,00	13 112,15
7	60,00	70,00	8 914,21

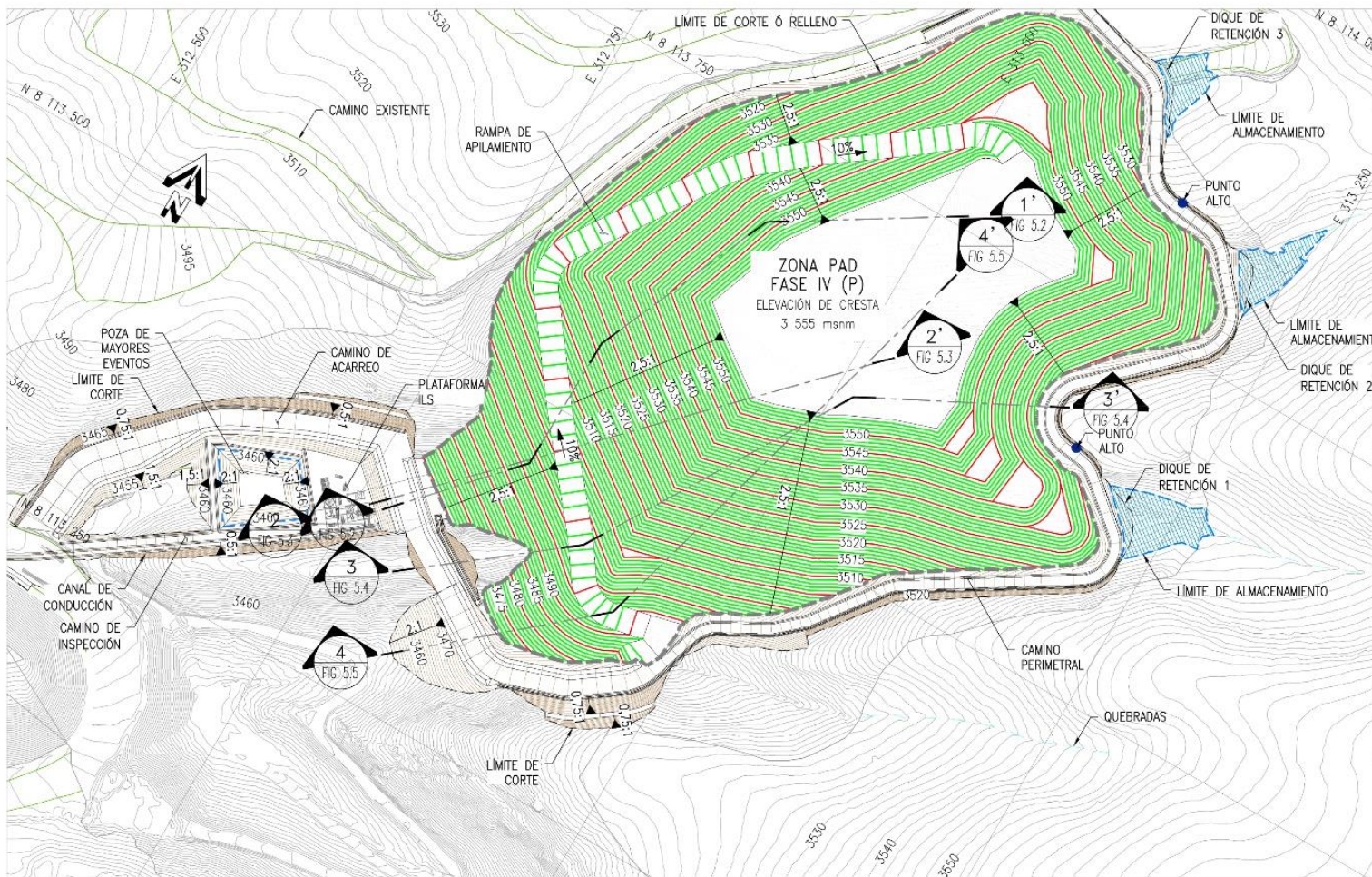
- NOTAS:**
- EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - LA CAPACIDAD DE APILAMIENTO PUEDE SUFRIR LIGEROS AJUSTES POR MEJORAS A LA NIVELACIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA INTERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) O REVESTIMIENTO GEOSINTÉTICO DE ARJILLA (GCL) PARA LAS INSTALACIONES REVESTIDAS CON GEOMEMBRA Y LA CARA INTERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  - SE DEBERÁ DEJAR UN MÍNIMO DE 4 m DESDE LA CRESTA DE LA BARRA PERIMETRAL DEL SISTEMA DE LIXIVIACIÓN HASTA EL PIE DEL APILAMIENTO DEL MINERAL.
  - DURANTE LA OPERACIÓN DEL PAD DE LIXIVIACIÓN PARA EVITAR DAÑOS A LA GEOMEMBRA POR EL PASO DE LOS CAMIONES, SE DEBERÁ COLOCAR UN MATERIAL DE PROTECCIÓN CONTRA SE VAYA CONSTRUCCIÓN LA RAMPA DE ACCESO Y DEPOSITANDO EL MATERIAL A LONJAS. EL MATERIAL DE PROTECCIÓN SERÁ EL PROPIO MINERAL CHANCADO QUE CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JORGE BASADRE GROHMANN**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA

**PAD DE LIXIVIACIÓN FASE IV - ETAPA III**  
**PLAN DE APILAMIENTO**

Autor:	MGR. JHON CONRADO BEDOYA	Fecha:	Octubre de 2018
Diseño:	Erich „Ron“ Lopez de Cuellar Soria	Fecha:	Octubre de 2018
Escala:	1:1 500	Fecha:	Diciembre de 2018
		Lugar:	Schem Copper - Mina de Chuquibambilla



PROYECTO: PA-1

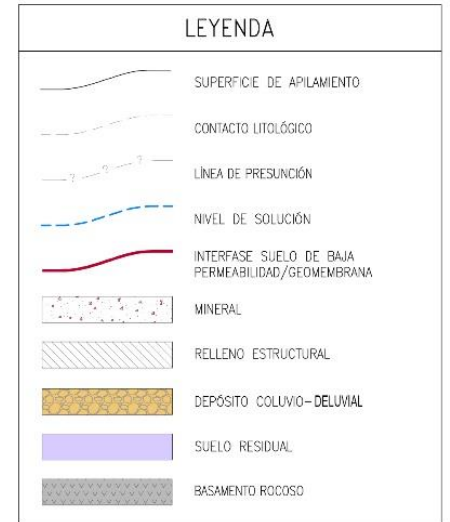
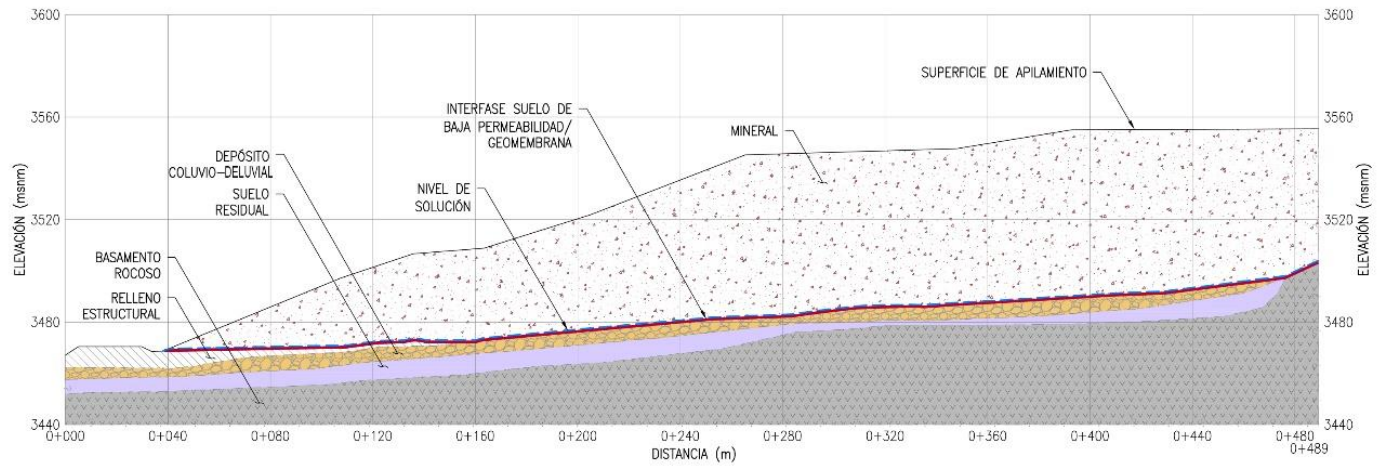


PLANTA

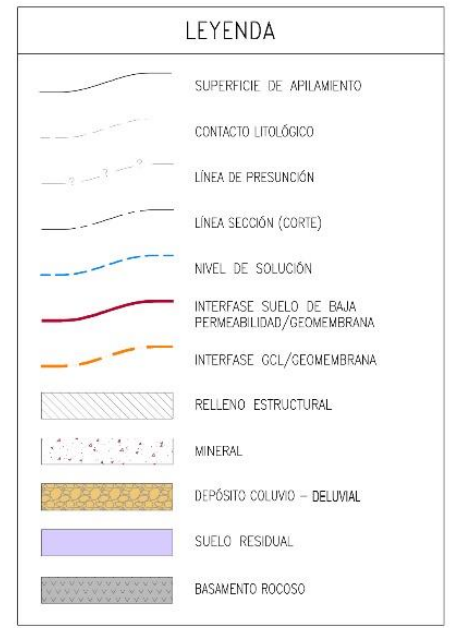
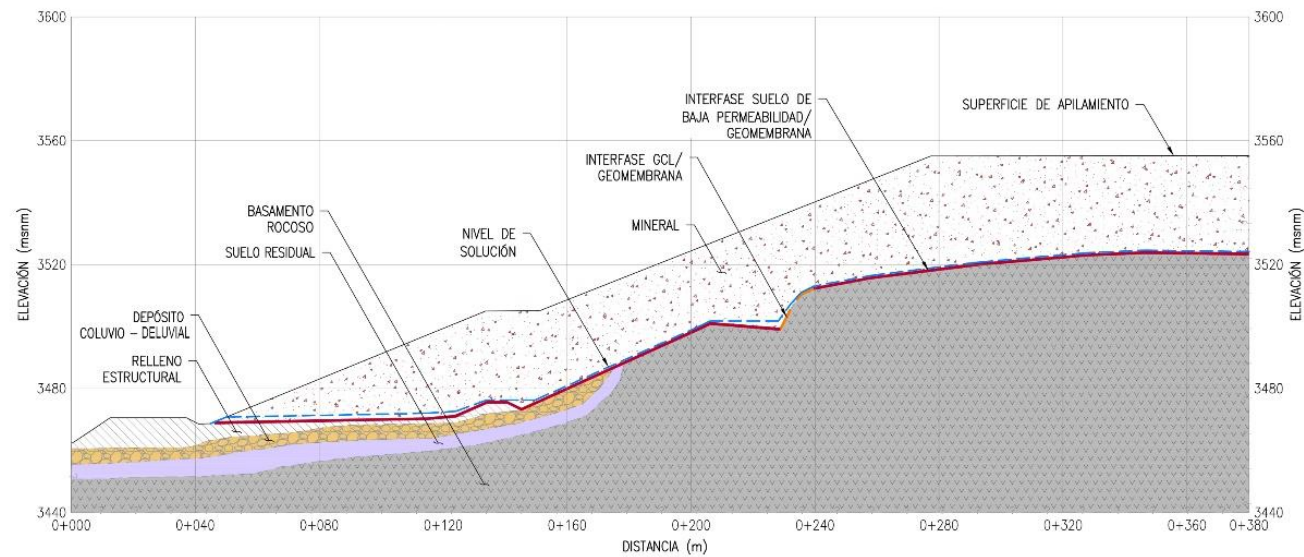


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE LA PLATAFORMA, POZA, CAMINO DE ACARREO Y CANALES
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE APILAMIENTO
	LIMITE DE CORTE Y RELLENO
	LIMITE DE APILAMIENTO
	LINEA DE DISEÑO
	CAMINO EXISTENTE
	QUEBRADAS
	LINEA SECCION (PLANTA)
	LIMITE DE ALMACENAMIENTO
	ESTRUCTURAS EXISTENTES
	PUNTO ALTO

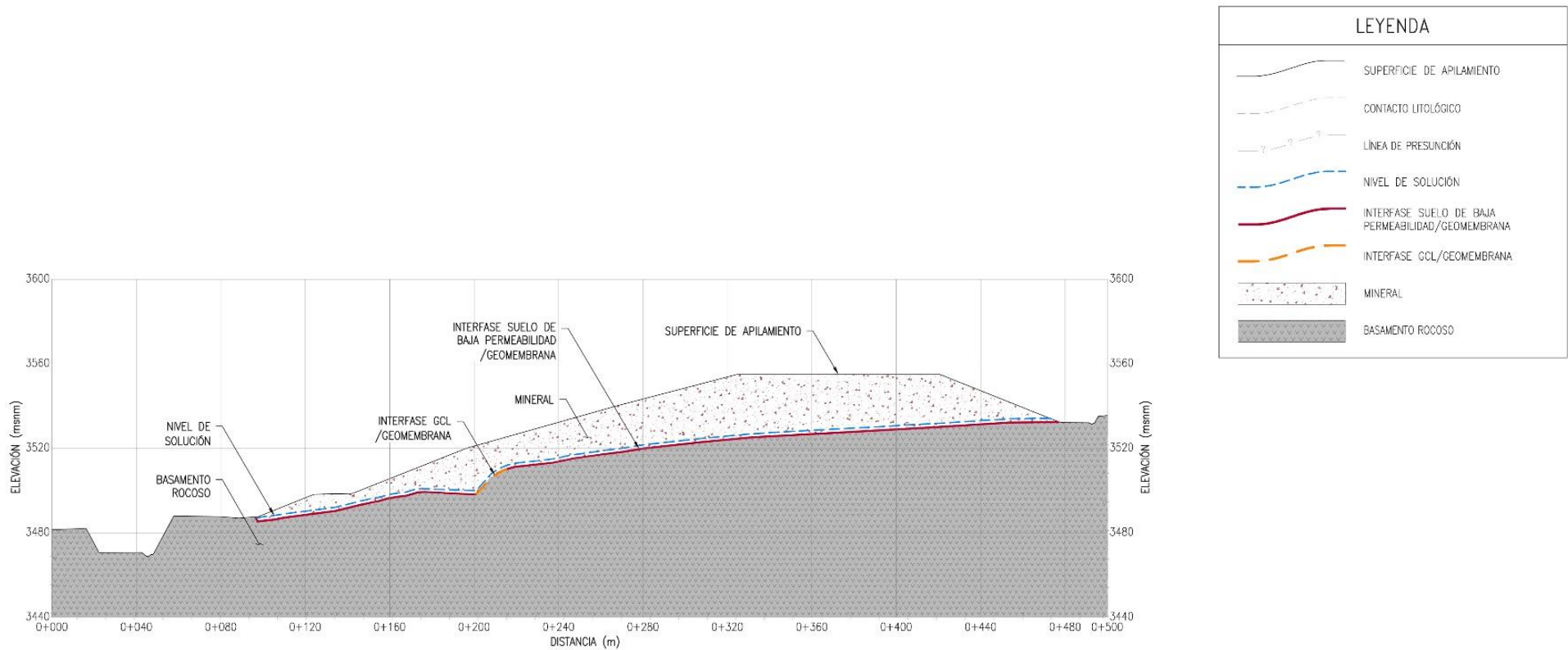
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA		
MGR. JAEN CONRADO BEDOYA Bach. Jhan Leopoldo Cuellar Saire		<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III SECCIONES GEOTECNICAS DE ESTABILIDAD PLANTA</b>
Fecha: Octubre de 2018 Escala: 1:5 000	Proyeccion: Datum UTM WGS 84 Zone 18S Sistema: Scherem Copper - Meru de Cuzcoque	PUNTO: <b>SGE-1</b>



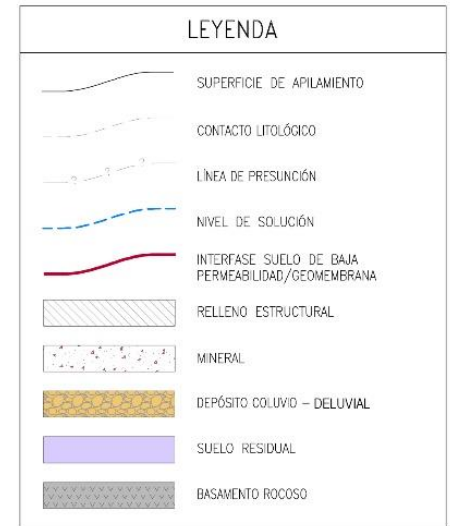
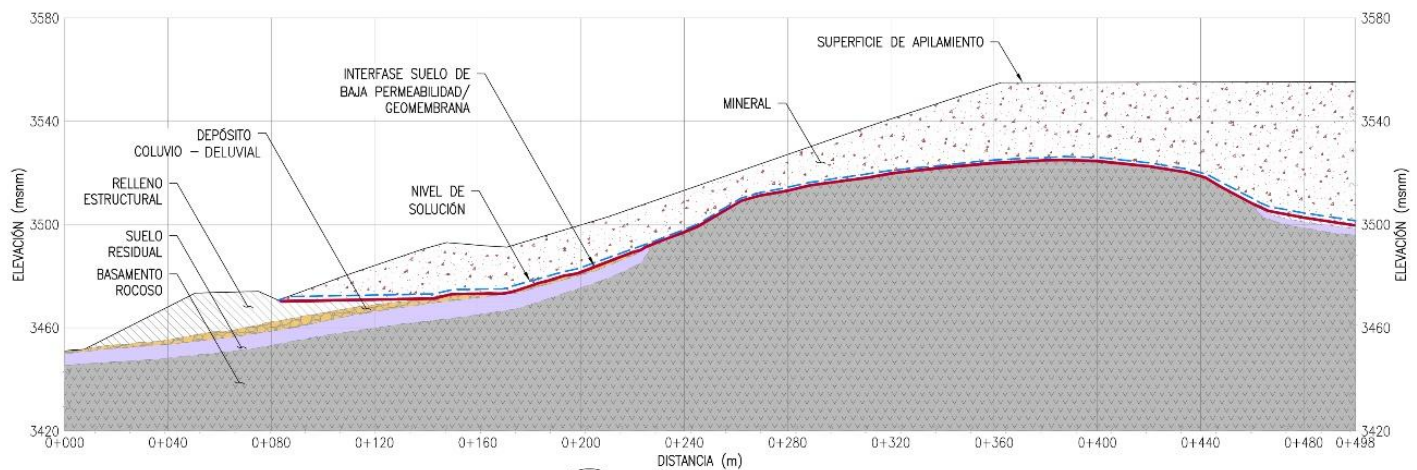
1 SECCIÓN  
 FIG 5.2 ESCALA: 1/3 000



2 SECCIÓN  
 FIG 5.1 ESCALA: 1/2 500

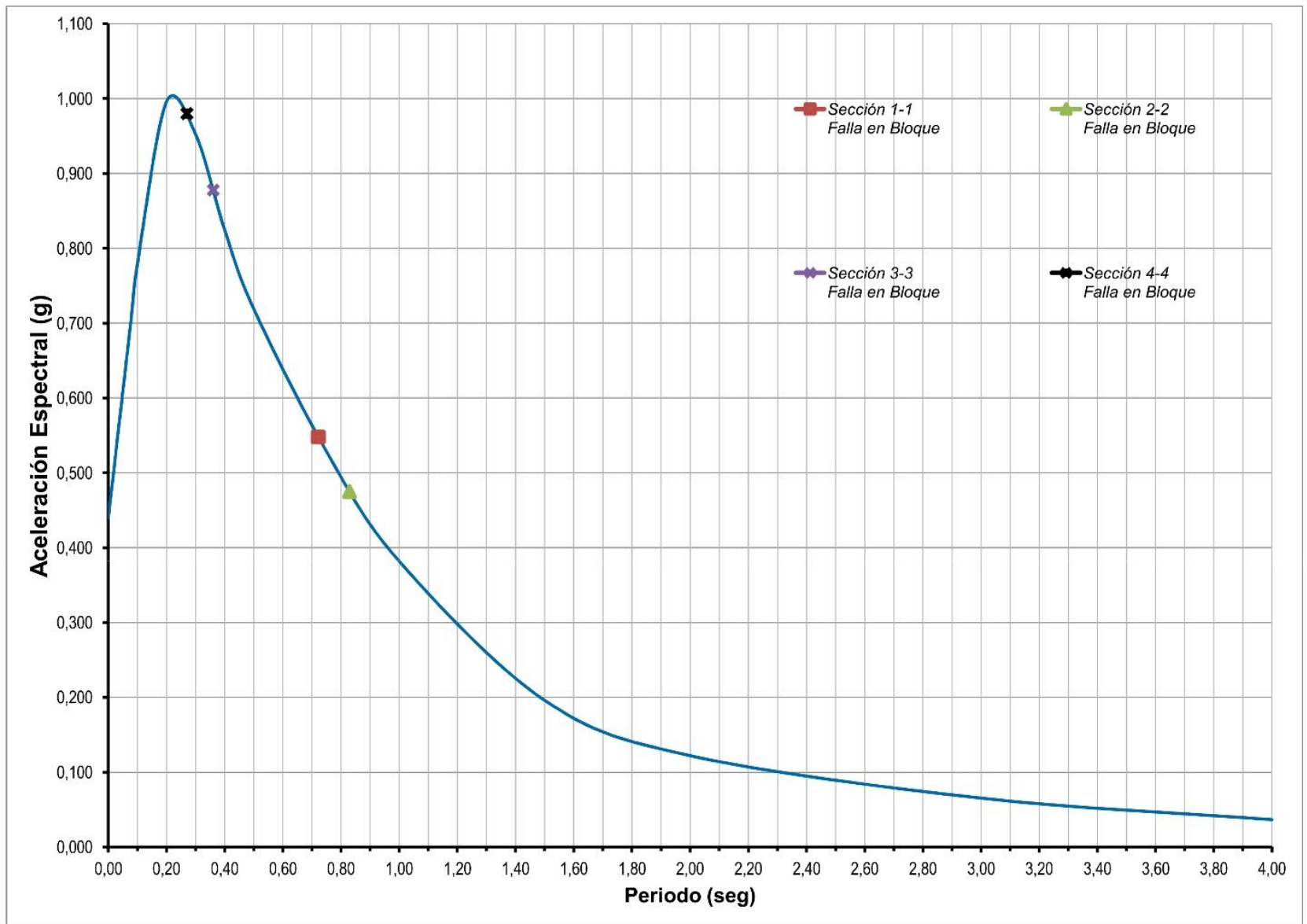


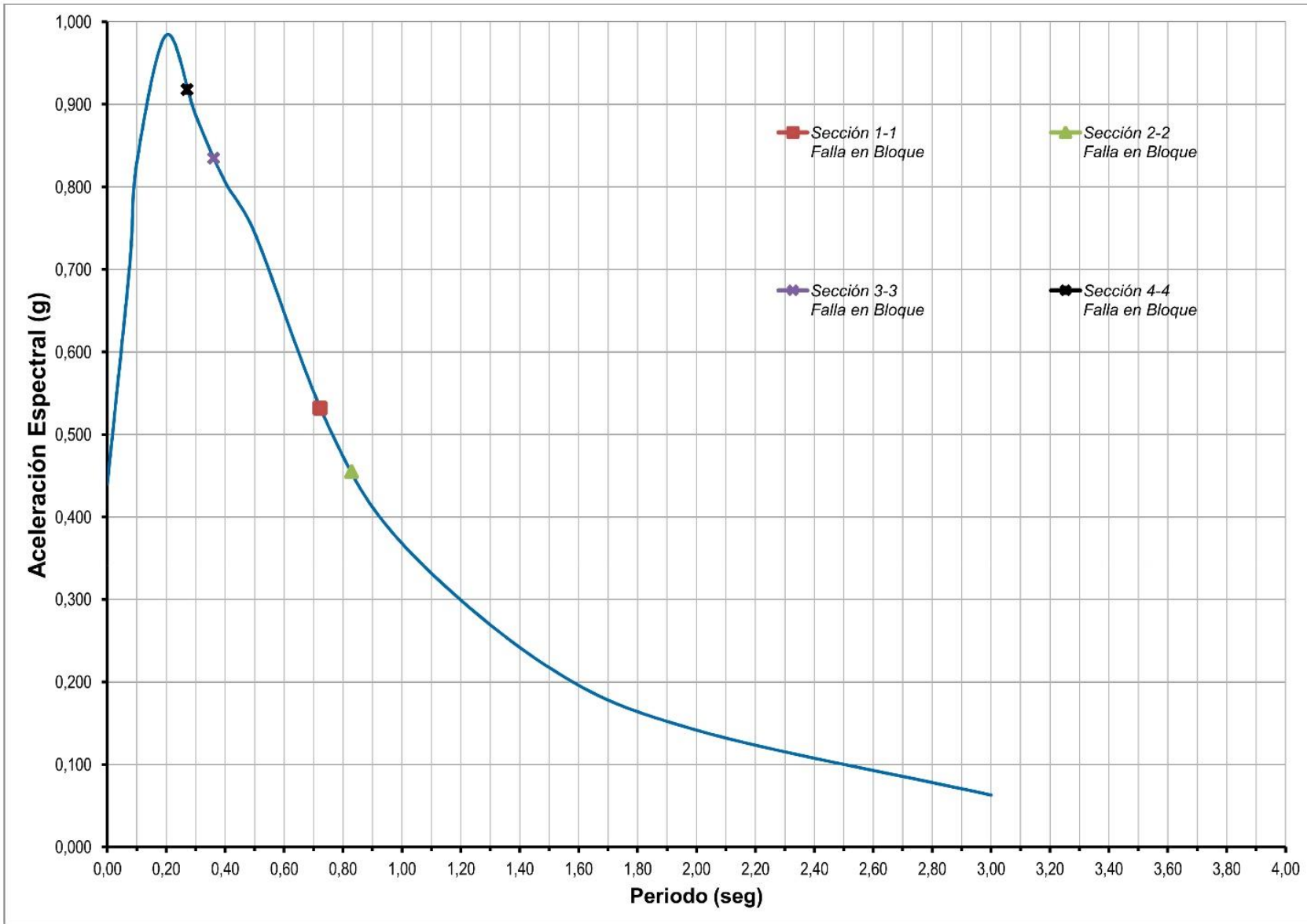
3 SECCIÓN  
 FIG 5.1 ESCALA: 1/3 000





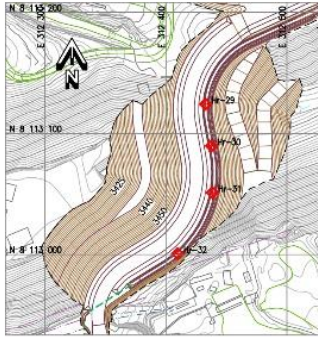
4 SECCIÓN  
 FIG 5.1 ESCALA: 1/3 000

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA		
<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>SECCIONES GEOTECNICAS DE ESTABILIDAD SECCION 4-4</b>		
Autor: MGR. JIMEN COMARADO BEOPIYA Diseñó: Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Sarmiento Fecha: Octubre de 2018 Lugar: 10100	Proyecto: Datum UTM WGS 84 Zona 18S Tema: Schem Copper - Mina de Ougone	PLANO N° <b>SGE-5</b>

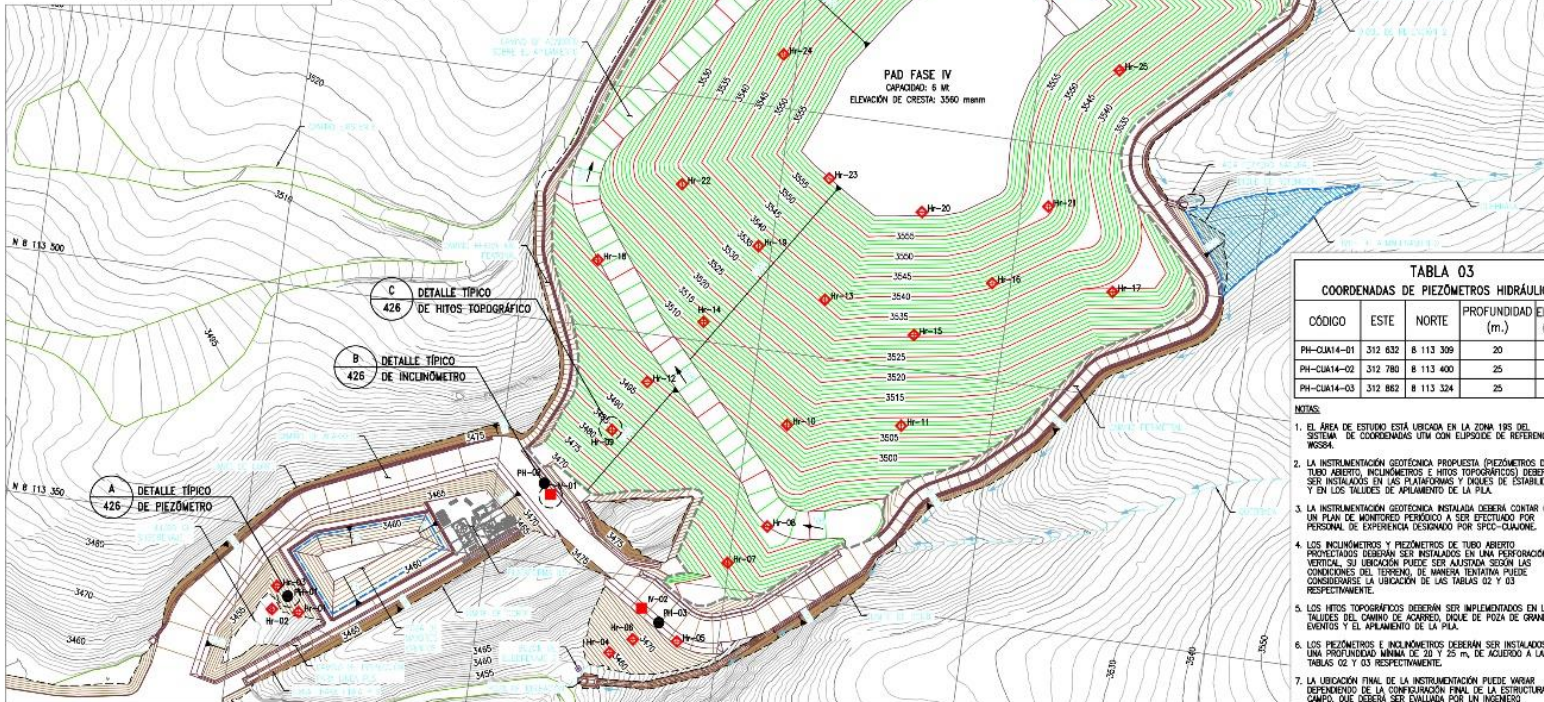




 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA		
Autor: MGR. JAEN CONRADO BEDOYA Diseñó: Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Saine Fecha: Octubre del 2018 Escala: VARIABLE		<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>ACELERACIONES ESPECTRALES POR LEY DE ATENUACION</b>
Proyección: Datum UTM WGS 84 Zone 18S Fuente: Schem Copper - Mina de Cajonc		PLANO N° <b>AE-2</b>



PLANTA CAMINO PARA LÍNEA PLS  
SCALE 1 : 2 000



PLANTA  
ESCALA 1 : 1 500

**LEYENDA**

- 3520 — CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- 3500 — CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE LA PLATAFORMA, POZA, CAMINO Y CANALES
- 3500 — CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE APLAMIENTO
- - - LIMITE DE CORTE O RELLENO
- - - LIMITE DE APLAMIENTO
- — CAMINO EXISTENTE
- — LÍNEA DE DISEÑO
- ESTRUCTURAS EXISTENTES
- — QUEBRADA
- - - LIMITE DE ALMACENAMIENTO
- FLUJO DE AGUA
- PH-CU14-01 PIEZÓMETRO HIDRÁULICO (PH), CÓDIGO: PH-CU14-01
- IV-CU14-01 INCLINÓMETRO VERTICAL (IV), CÓDIGO: IV-CU14-01
- ◆ N-CU14-01 HITOS TOPOGRÁFICOS, CÓDIGO: N-CU14-01

**TABLA 01**  
COORDENADAS DE HITOS TOPOGRÁFICOS

CÓDIGO	ESTE	NORTE
N-CU14-01	312 840	8 113 300
N-CU14-02	312 823	8 113 299
N-CU14-03	312 824	8 113 314
N-CU14-04	312 834	8 113 301
N-CU14-05	312 875	8 113 313
N-CU14-06	312 847	8 113 311
N-CU14-07	312 899	8 113 368
N-CU14-08	312 921	8 113 382
N-CU14-09	312 817	8 113 438
N-CU14-10	312 824	8 113 458
N-CU14-11	312 995	8 113 485
N-CU14-12	312 835	8 113 470
N-CU14-13	312 837	8 113 536
N-CU14-14	312 864	8 113 512
N-CU14-15	312 995	8 113 521
N-CU14-16	313 039	8 113 580
N-CU14-17	313 113	8 113 585
N-CU14-18	312 794	8 113 541
N-CU14-19	312 892	8 113 563
N-CU14-20	312 889	8 113 588
N-CU14-21	313 087	8 113 612
N-CU14-22	312 840	8 113 595
N-CU14-23	312 930	8 113 611
N-CU14-24	312 891	8 113 683
N-CU14-25	313 099	8 113 701
N-CU14-26	313 022	8 113 789
N-CU14-27	313 145	8 113 787
N-CU14-28	313 017	8 113 857
N-CU14-29	312 433	8 113 124
N-CU14-30	312 438	8 113 090
N-CU14-31	312 438	8 113 051
N-CU14-32	312 410	8 113 001

**TABLA 03**  
COORDENADAS DE PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS

CÓDIGO	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD (m.)	ELEVACIÓN (msnm)
PH-CU14-01	312 832	8 113 369	20	3 481
PH-CU14-02	312 780	8 113 400	25	3 471
PH-CU14-03	312 862	8 113 324	25	3 477

- NOTAS:**
- EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA PROPUESTA (PIEZÓMETROS DE TUBO ABIERTO, INCLINÓMETROS E HITOS TOPOGRÁFICOS) DEBERÁN SER INSTALADOS EN LOS PLANOS Y DISEÑOS DE ISOTABILADO Y EN LOS TALUDES DE APLAMIENTO DE LA PLS.
  - LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA INSTALADA DEBERÁ CONTAR CON UN PLAN DE MONITORIO PERIÓDICO A SER EFECTUADO POR PERSONAL DE EXPERIENCIA TECNICA POR SPEC-CADAME.
  - LOS INCLINÓMETROS Y PIEZÓMETROS DE TUBO ABIERTO PROYECTADOS DEBERÁN SER INSTALADOS EN UNA PERFORACIÓN VERTICAL, SI UBICACIÓN PUEDE SER ALTERNADA SEGUN LAS CONDICIONES DEL TERRENO, DE MANERA TENTATIVA PUEDE CONSIDERARSE LA UBICACIÓN DE LAS TABLAS 02 Y 03 RESPECTIVAMENTE.
  - LOS HITOS TOPOGRÁFICOS DEBERÁN SER IMPLEMENTADOS EN LOS TALUDES DEL CAMINO DE ACARPE, DIOLE DE POZA DE GRANDES EVENTOS Y EL APLAMIENTO DE LA PLS.
  - LOS PIEZÓMETROS E INCLINÓMETROS DEBERÁN SER INSTALADOS A UNA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE 20 Y 25 CM. DE ACUERDO A LAS TABLAS 02 Y 03 RESPECTIVAMENTE.
  - LA UBICACIÓN FINAL DE LA INSTRUMENTACIÓN PUEDE VARIAR DEPENDIENDO DE LA CONDICIÓN FINAL DE LA ESTRUCTURA EN CAMPO, QUE DEBERÁ SER EVALUADA POR UN INGENIERO EN GEOTÉCNICO.

**TABLA 02**  
COORDENADAS DE INCLINÓMETROS

CÓDIGO	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD (m.)	ELEVACIÓN (msnm)
IV-CU14-01	312 785	8 113 383	25	3 471
IV-CU14-02	312 850	8 113 331	25	3 475

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA

**PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III**  
**PLANO DE DETALLES DE INSTRUMENTACION GEOTECNICA**

PROYECTO: DISEÑO UTM WGS 84 ZONA 19S  
FECHA: Octubre del 2019  
DISEÑADO: SETHEN COPPER - MINA DE CAYSHI

**FIG-1**





**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (POR NORA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE PLANEAMIENTO FASE IV
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE PLATAFORMAS, POZAS, CAMINOS DE ACARRO Y CANALES
- CAMINO EXISTENTE
- QUEBRADAS
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- ESTRUCTURAS EXISTENTES
- P-01  
P-02-01  
P-02-01
- N-01  
N-02-01
- PI-01  
PI-02-01

**TABLA 01**  
COORDENADAS DE HITOS TOPOGRAFICOS

CODIGO	ESTE	NORTE
P-01	312 805	8 113 266
P-02	312 831	8 113 470
P-03	312 913	8 113 304
P-04	312 841	8 113 522
P-05	312 824	8 113 456
P-06	312 854	8 113 638
P-07	312 989	8 113 588
P-08	313 303	8 113 529
P-09	312 911	8 113 687
P-10	313 394	8 113 557
P-11	313 322	8 113 743
P-12	313 699	8 113 791
P-13	313 176	8 113 693
P-14	313 326	8 113 647
P-15	313 145	8 113 787

**TABLA 02**  
COORDENADAS DE PIEZOMETROS

CODIGO	ESTE	NORTE
PI-01	312 788	8 113 402
PI-02	312 465	8 113 317

**TABLA 03**  
COORDENADAS DE INCLINOMETROS

CODIGO	ESTE	NORTE
N-01	312 793	8 113 368
N-02	312 848	8 113 325

- NOTAS:**
1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN FEBRERO DE 2014.
  2. EL AREA DE ESTUDIO ESTA UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON EL PUNTO DE REFERENCIA WGS84.
  3. LA INFORMACION GEOLOGICA PARA ADA DEBERA CONCORDAR EN PLAN DE MONITOREO PROPUESTO A LOS ESTUDIOS POR PERSONAL DE EXPERIENCIA DESIGNADO POR SPOC-GAUCHE.



LOS ESTADOS DE LOS DISEÑOS SON INDICADOS EN LOS CAMPOS PRECISOS DE ESTE PLANO

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JORGE BASADRE GROHMANN**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA

<b>Nombre:</b> MGR. JAHN CONRADO BEDOYA	<b>Función:</b> PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III PLANO DE INSTRUMENTACION GEOTECNICA
<b>Apellido:</b> Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Saine	<b>Proyección:</b> Datum: UTM/MGS 84 Zona 19S
<b>Fecha:</b> Octubre de 2014	<b>Fecha:</b> Schema Copper - Mina de Casapere
<b>Estado:</b> 1/1 251	<b>Planificación:</b> FIG-5



**LEYENDA**


- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE LA PLATAFORMA, POZA, CAMINO Y CANALES
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE APLAMIENTO
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- LIMITE DE APLAMIENTO
- CAMINO EXISTENTE
- LINEA DE DISEÑO
- ESTRUCTURAS EXISTENTES
- QUEBRADA
- LIMITE DE ALMACENAMIENTO
- EJE DE CANAL DE DERIVACION
- PUNTO ALTO
- FLUJO DE AGUA

**TABLA 01  
PAD FASE IV**

DESCRIPCION	CANTIDAD
VOLUMEN	4,08 m <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA PROMEDIO	1,48 t/m <sup>3</sup>
CAPACIDAD	6 Mm
AREA DE CRESTA	1,64 ha
ELEVACION DE CRESTA	3560 mmm
ALTURA MAXIMA DE APLAMIENTO	70 m
TALUD GLOBAL DE APLAMIENTO	2,5:1 (HV)
ALTURA DE CAPA	2,5 m


- NOTAS:**
- EL AREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - LA CAPACIDAD DE APLAMIENTO PUEDE SUFRIR LIGEROS AJUSTES POR MEJORAS A LA NIVELACION DURANTE LA CONSTRUCCION.
  - SE HAN CONFIGURADO LA CONSTRUCCION DE DIQUES DE RETENCION PARA CONTENER LOS FLUJOS DE AGUA PROVENIENTES DE LAS CUENCAS AGUAS ARRIBA DEL PAD DE LIXIVIACION.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CAPA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOL LINDO) O REVESTIMIENTO GEOTECNICO DE ARCILLA (GCL) PARA LAS INSTALACIONES REVESTIDAS CON GEOMEMBRA Y LA CAPA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  - SE DEBERA DEJAR UN PERIMETRO MINIMO DE 5 m DESDE LA CORDONA DE LA BARRA PERIMETRAL DEL SISTEMA DE LIXIVIACION HASTA EL PIE DEL APLAMIENTO DEL MINERAL.
  - DURANTE LA OPERACION DEL PAD DE LIXIVIACION PARA EVITAR PAROS A LA GEOMEMBRA POR EL PASO DE LOS CANCHOS, SE DEBERA COLOCAR UN MATERIAL DE PROTECCION CONFORME SE HAYA CONSTRUIDO LA RAMPA DE ACCESO Y POSICIONADO EL MATERIAL A LIXIVIAR, EL MATERIAL DE PROTECCION SERA EL PROPIO MINERAL CHANGADO QUE CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROYECTO.
  - mm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.



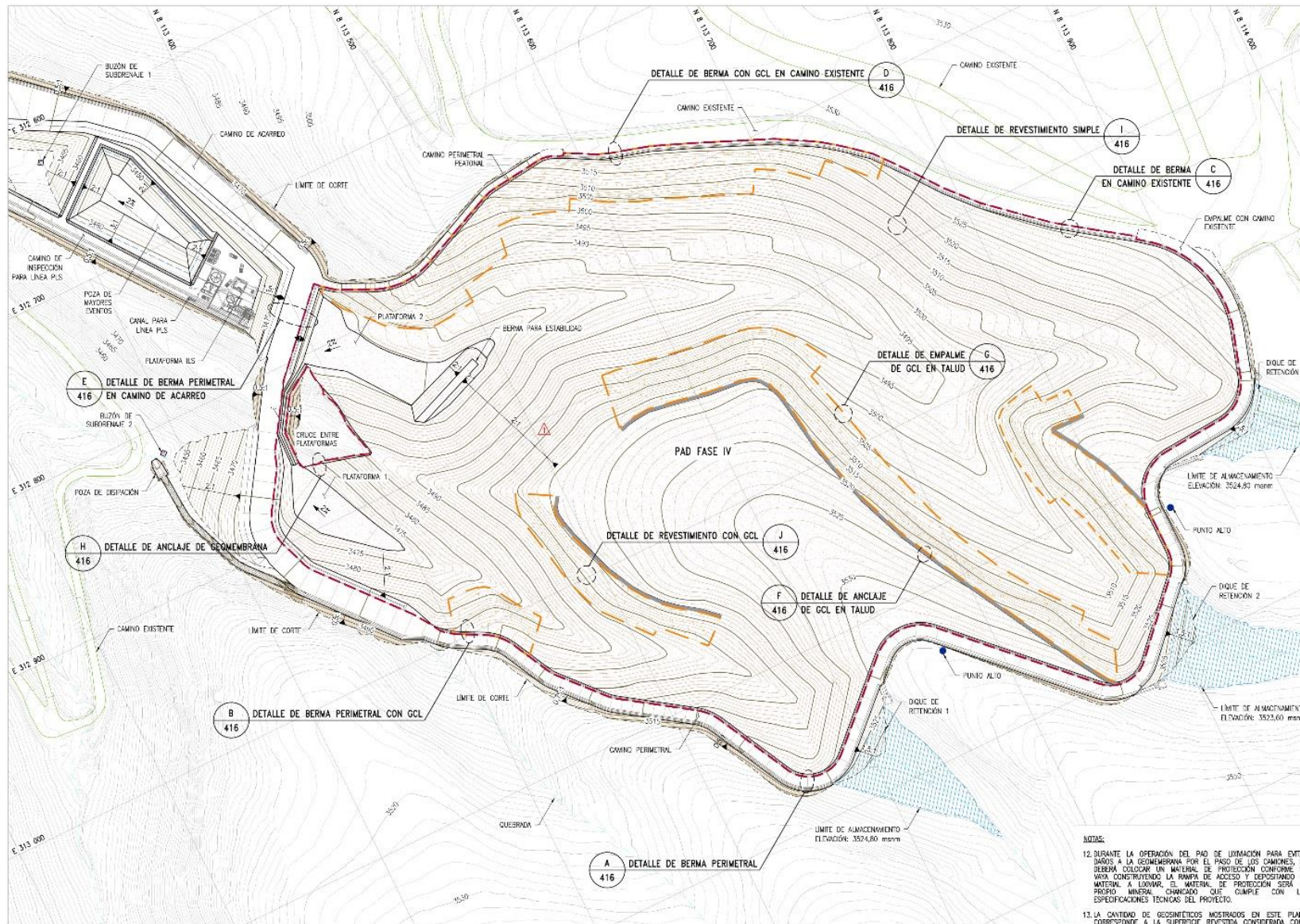


**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JORGE BASADRE GROHMANN**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA



Autor:	MGR. JAEN CONRADO BEDIYA	<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III ARREGLO GENERAL - PAD</b>	PLANO IV
Co-Dir:	Bach. Alon Jacobo Cuñar Soto		
Fecha:	Octubre del 2018	Proyector:	Datum UTM WGS 84 Zona 18S
Escala:	1/1 500	Fuente:	Sorhem Cooper - Mina de Cuajone
			<b>AG-1</b>



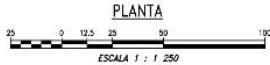
**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DEL PAD, PLATAFORMA, POZA, CAMINO Y CANALES
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- CAMINO EXISTENTE
- LINEA DE DISEÑO
- QUEBRADA
- LIMITE DE ALMACENAMIENTO
- PUNTO ALTO
- GCL
- GEOMEMBRANA SST DE LLORRE DE 1,5 mm

**TABLA 01**  
**SISTEMA DE REVESTIMIENTO DEL PAD FASE IV (VER NOTA 12)**

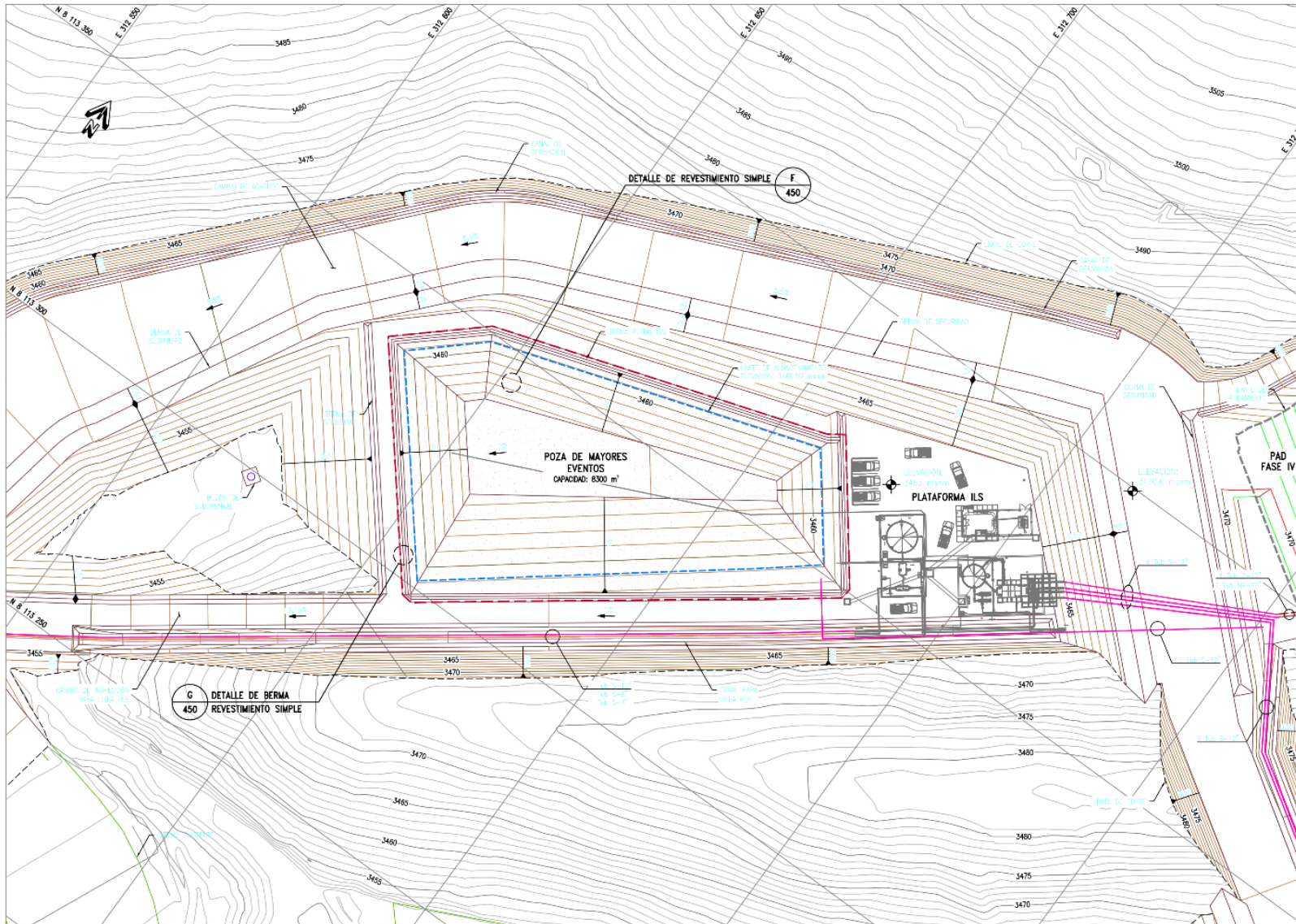
MATERIAL	CANTIDAD (m <sup>2</sup> )
GEOMEMBRANA SST DE LLORRE DE 1,5 mm (EN TALUDES Y PLATAFORMAS)	168 200
GEOMEMBRANA SST DE LLORRE DE 1,5 mm (EN BERMA PERIMETRAL)	3110
GCL (EN TALUDES Y BERMAS)	32 840
GEOCOMPUESTO (EN TALUDES Y BERMAS)	32 840

- NOTAS:**
- EL AREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - NOMENCLATURA:  
LLPPE = POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.  
SST= TEXTURADA POR UN SOLO LADO.
  - SE HAN CONFIGURADO LA CONSTRUCCIÓN DE DIQUES DE RETENCIÓN PARA CONTENER LOS FLUJOS DE AGUA PROCEDENTES DE LAS CUENCAS AGUAS ARRIBA DEL PAD DE LIXIVIACIÓN.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CARA INTERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOLO LINER O REVESTIMIENTO GEOSINTÉTICO DE ARCILLA (GCL) PARA LAS INSTALACIONES REVESTIDAS CON GEOMEMBRANA Y LA CARA EXTERIOR DE LA SUPERFICIE DE PROTECCIÓN PARA LOS CAMINOS.
  - LOS TALUDES DE CORTE Y/O RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ZONA COMPORTE TIPO III, SE DETERMINARÁ POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA PODRÁN SER EMPANADOS. SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON FAVORABLES, EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS DEBERÁN SER DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
  - EL GCL O REVESTIMIENTO GEOSINTÉTICO DE ARCILLA DEBERÁ ESTAR COMPUESTA POR UNA BASE INTERNA DE ARCILLA NATURAL, DE BENTONITA DE BAJA PERMEABILIDAD ENCAPSULADA ENTRE DOS SUSTRATOS NO FIBROSOS DE 200CM<sup>2</sup> DE AGUADO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
  - EL GEOCOMPUESTO ESTARÁ CONFORMADO POR UNA GOMET DE 5,0 mm ANCHURA FIRMEMENTE A DOS GEOTEXILES NO TEJIDOS DE 270G/M<sup>2</sup> A AMBOS LADOS, DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
  - LOS PANELES DE GCL DEBERÁN SER INSTALADOS EN AQUELLOS SECTORES CON TALUDES MÁS EMPANADOS DE 2:1V, Y EN TODOS LAS AREAS DONDE NO SE PUEDA COLOCAR EL CORTE O REVESTIMIENTO DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD.
  - EL GEOCOMPUESTO SERÁ UTILIZADO COMO PROTECCIÓN DEL GCL EN LOS TALUDES ROCCOSOS QUE NO QUIERAN UNIFORMES DESPUÉS DEL PERFORADO Y EN ZONAS INCLINADAS EN LOS PLANOS DEL PROYECTO DEBIENDO CONTAR CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA Y EL PROPIETARIO.
  - LA GEOMEMBRANA DE 1,5 mm TEXTURADA EN UNA CARA (SST) DEBE SER COLOCADA DE MANERA QUE LA SUPERFICIE TEXTURADA QUEDA EN CONTACTO CON EL SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD O EL GCL.
  - ANTES DE INICIAR EL DESPLIEGUE DE LA GEOMEMBRANA, EL INSTALADOR DEBERÁ PRESENTAR AL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA EL PLANO DE DESPLIEGUE, DETALLANDO LA UBICACIÓN Y SECUENCIA DE INSTALACIÓN DE CADA PANEL DE GEOMEMBRANA.



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JORGE BASADRE GROHMANN**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA

Autor: MGR. JUAN CARLOS BEROYA	<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b>		
Revisó: Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Soto	<b>SISTEMA DE REVESTIMIENTO GEOMEMBRANA - PLANTA</b>		
Fecha: Octubre de 2018	Proyecto: Delineo LTM/NGS 04 Zona 19S		PLANO Nº:
Lugar: 1to 200	Auto: Soflem Ocaña - Miro de Castro		PRG-1



**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LA PLATAFORMA, POZA, CAMINO DE ADARDEO Y CANALES
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE APLANTAMIENTO
- LIMITE DE CORTE Y RELLENO
- LIMITE DE APLANTAMIENTO
- CAMINO EXISTENTE
- LINEA DE DISEÑO
- ESTRUCTURAS EXISTENTES
- QUEBRADA
- LIMITE DE ALMACENAMIENTO
- GEOMEMBRAANA LISA DE HDPE DE 1,5 mm
- 
- TUBERÍA DE HDPE SÓLIDA SOR17 DE #4\"/>
- TUBERÍA DE HDPE SÓLIDA SOR17 DE #12\"/>
- TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE #12\"/>
- TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #12\"/>
- TUBERÍA DE HDPE SÓLIDA SOR17 DE #12\"/>

**TABLA 01**  
SISTEMA DE REVESTIMIENTO (VER NOTA 6)

MATERIAL	CANTIDAD (m³)
GEOMEMBRAANA LISA DE HDPE DE 1,5 mm (EN TALUDES Y PLATAFORMAS)	3880
GEOMEMBRAANA LISA DE HDPE DE 1,5 mm (EN BERMA)	310

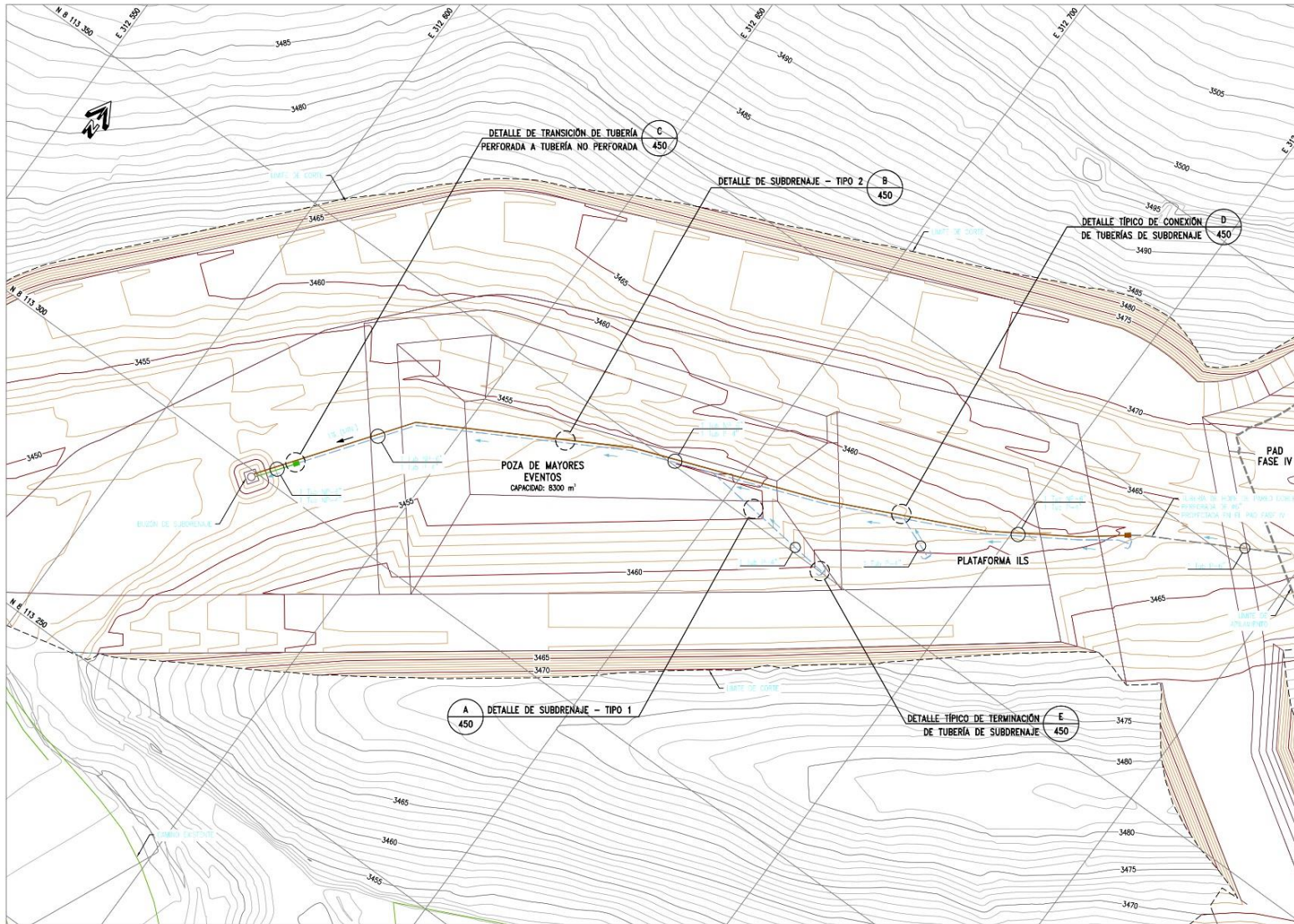
- NOTAS:**
- EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON EL EPSODE DE REFERENCIA WGS84.
  - NOMENCLATURA EN TUBERÍAS:  
 NP = NO PERFORADA  
 P = PERFORADA  
 S = SÓLIDA  
 HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD  
 TUB S-4\"/>
  - LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTA EL NIVEL DE LA SUBRASANTE, ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD Y ANTES DE LA COLOCACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODadura EN EL CAMINO.
  - LOS TALUDES DE CORTE/EXCAVACIÓN PODRÁN SER MODIFICADOS EN CAMPO SEGÚN LAS CONDICIONES ENCONTRADAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN. ESTOS CAMBIOS DEBERÁN SER DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE O&A Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
  - LA CANTIDAD DE GEOMEMBRAANA MOSTRADO EN ESTE PLANO CORRESPONDE A LA SUPERFICIE REVESTIDA CONSIDERADA COMO INSTALACIÓN.
  - m.snm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JORGE BASADRE GROHMANN**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA

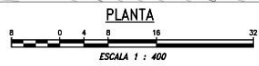
**PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III**  
**POZA DE MAYORES EVENTOS - SISTEMA DE REVESTIMIENTO**

Autor: MGR. JHON CONRADO BEDOYA	Proyecto: Datum UTM WGS 84 Zone 18S	Fecha: Octubre del 2018	Plan: PSR-1
Diseño: Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Saray	Fuente: Sotrem Copper - Mina de Casapira	Escala: 1/1 500	

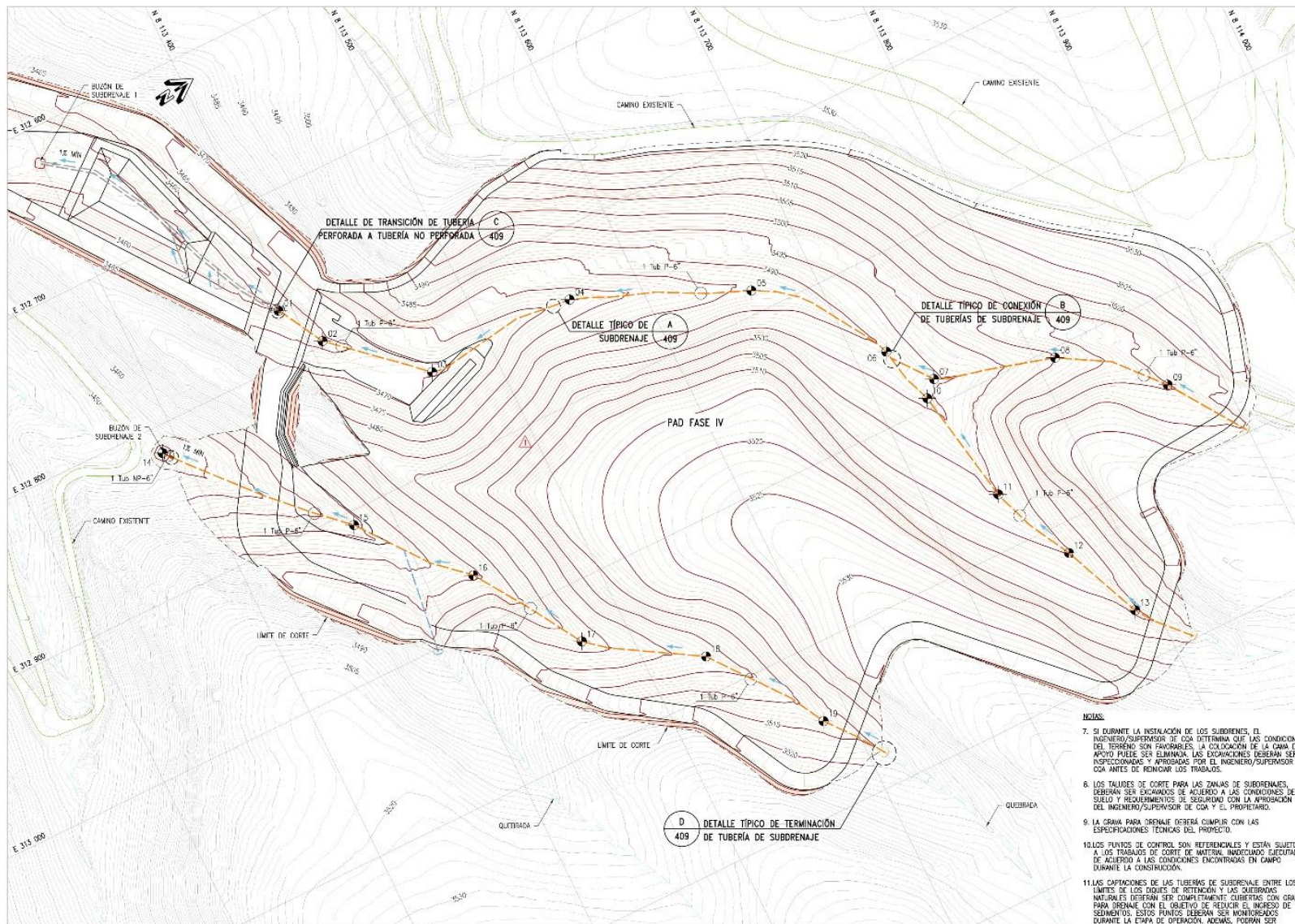


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE CORTE
	LIMITE DE CORTE
	LIMITE DE APLANTAMIENTO
	CAMINO EXISTENTE
	LINEA DE DISEÑO
	TUBERÍA DE HOPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 4" (100 mm)
	TUBERÍA DE HOPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 4" (100 mm)
	TUBERÍA DE HOPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 6" (150 mm)
	TUBERÍA DE HOPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 6" (150 mm)
	FLUJO DE AGUA

- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN MARZO 2014.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - NOMENCLATURA EN TUBERÍAS:  
 NP = NO PERFORADA  
 P = PERFORADA  
 HEPE = POLIÉTERO DE ALTA DENSIDAD  
 TUB P-4" = TUBERÍA HOPE PERFORADA 4"
  - TODAS LAS CONEXIONES ENTRE LAS TUBERÍAS DEBERÁN HACERSE CON COPULAS, TEE'S Y VES'S PROPUESTOS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERÍAS DE SUBDRENAJE DEBERÁN TERMINARSE CON TAPAS PROPUESTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - LA CANTIDAD MOSTRADA DE TUBERÍAS DE SUBDRENAJE PODRÁ INCREMENTARSE SEGÚN LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN, DEBENDO CONSTAR CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA.
  - LA UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS TUBERÍAS DE SUBDRENAJE ES REFERENCIAL, EN CASO EXISTAN VARIACIONES DE CAMPO, LAS TUBERÍAS DEBERÁN SER REUBICADAS CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DEL COA.
  - SI DURANTE LA INSTALACIÓN DE LOS SUBDRENAJES, EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA DETERMINA QUE LAS CONDICIONES DEL TERRENO SON FAVORABLES, LA COLOCACIÓN DE LA CAMA DE APOYO PUEDE SER ELIMINADA, LAS EXCAVACIONES DEBERÁN SER INSPECCIONADAS Y APROBADAS POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA ANTES DE REINICIAR LOS TRABAJOS.
  - LOS TALUDES DE CORTE PARA LAS ZANJAS DE SUBDRENAJES DEBERÁN SER EXCAVADOS DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DEL SUELO Y REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA Y EL PROPIETARIO.
  - LA GRADA PARA DRENAJE DEBERÁ CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
  - 11.mmm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA		
<b>POZA DE LIXIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>POZA DE MAYORES EVENTOS - SISTEMA DE SUBDRENAJE</b>		PLANO N°
Autor: MGR. JAENI CONRADO BEDOYA Diseñó: Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Saine Fecha: Octubre del 2018 Escala: 1/1 500	Proyección: Datum UTM WGS 84 Zone 18S Fuente: Southern Copper - Mina de Cuajone	<b>PSD-1</b>



**LEYENDA**

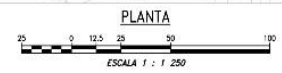
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE CORTE
- LIMITE DE CORTE
- CAMINO EXISTENTE
- LINEA DE DISEÑO
- QUEBRADAS
- TUBERÍAS DE HOPE DE PARED DOBLE PROYECTADAS EN LA POZA DE MAYORES EVENTOS
- TUBERÍA DE HOPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 94" (150 mm)
- TUBERÍA DE HOPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 66" (150 mm)
- TUBERÍA DE HOPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 66" (150 mm)
- FLUJO DE AGUA
- PUNTO DE CONTROL


**TABLA 01**  
COORDENADAS DE PUNTOS DE CONTROL

CÓDIGO	ESTE	NORTE
01	312 788,60	8 113 381,64
02	312 787,46	8 113 407,93
03	312 844,50	8 113 460,83
04	312 841,47	8 113 556,90
05	312 885,82	8 113 660,82
06	312 956,62	8 113 716,23
07	312 984,77	8 113 738,40
08	313 005,78	8 113 811,84
09	313 051,28	8 113 867,05
10	312 993,64	8 113 729,41
11	313 086,35	8 113 742,78
12	313 118,26	8 113 786,41
13	313 168,13	8 113 787,77
14	312 816,34	8 113 288,46
15	312 908,39	8 113 375,55
16	312 988,78	8 113 428,30
17	313 035,11	8 113 470,88
18	313 077,25	8 113 536,06
19	313 145,14	8 113 583,90

- NOTAS:**
- SI DURANTE LA INSTALACIÓN DE LOS SUBDRENAJES, EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA DETERMINA QUE LAS CONDICIONES DEL TERRENO SON FAVORABLES, LA COLOCACIÓN DE LA CAVA DE APOYO PUEDE SER ELIMINADA. LAS EXCAVACIONES DEBERÁN SER INSPECCIONADAS Y APROBADAS POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA ANTES DE REINICIAR LOS TRABAJOS.
  - LOS TALUDES DE CORTE PARA LAS ZANJAS DE SUBDRENAJES, DEBERÁN SER EXCAVADOS DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DEL SUELO Y REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA Y EL PROPIETARIO.
  - LA CRAVA PARA DRENAJE DEBERÁ CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
  - LOS PUNTOS DE CONTROL SON REFERENCIALES Y ESTÁN SUJETOS A LOS TRABAJOS DE CORTE DE MATERIAL INDEBIDAMENTE CULTEADOS DE ACUERDO A LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.
  - LAS CAPTACIONES DE LAS TUBERÍAS DE SUBDRENAJE ENTRE LOS LÍMITES DE LOS DIQUES DE RETENCIÓN Y LAS QUEBRADAS NATURALES DEBERÁN SER COMPLETAMENTE CUBIERTAS CON CRAVA PARA DRENAJE CON EL OBJETIVO DE REDUCIR EL INGRESO DE SEDIMENTOS. ESTOS PUNTOS DEBERÁN SER MONITOREADOS DURANTE LA ETAPA DE OPERACIÓN. ADEMÁS, PODRÁN SER CONECTADOS CON SISTEMAS DE SUBDRENAJE PROYECTADOS POSTERIORMENTE.
  - 12.mmm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

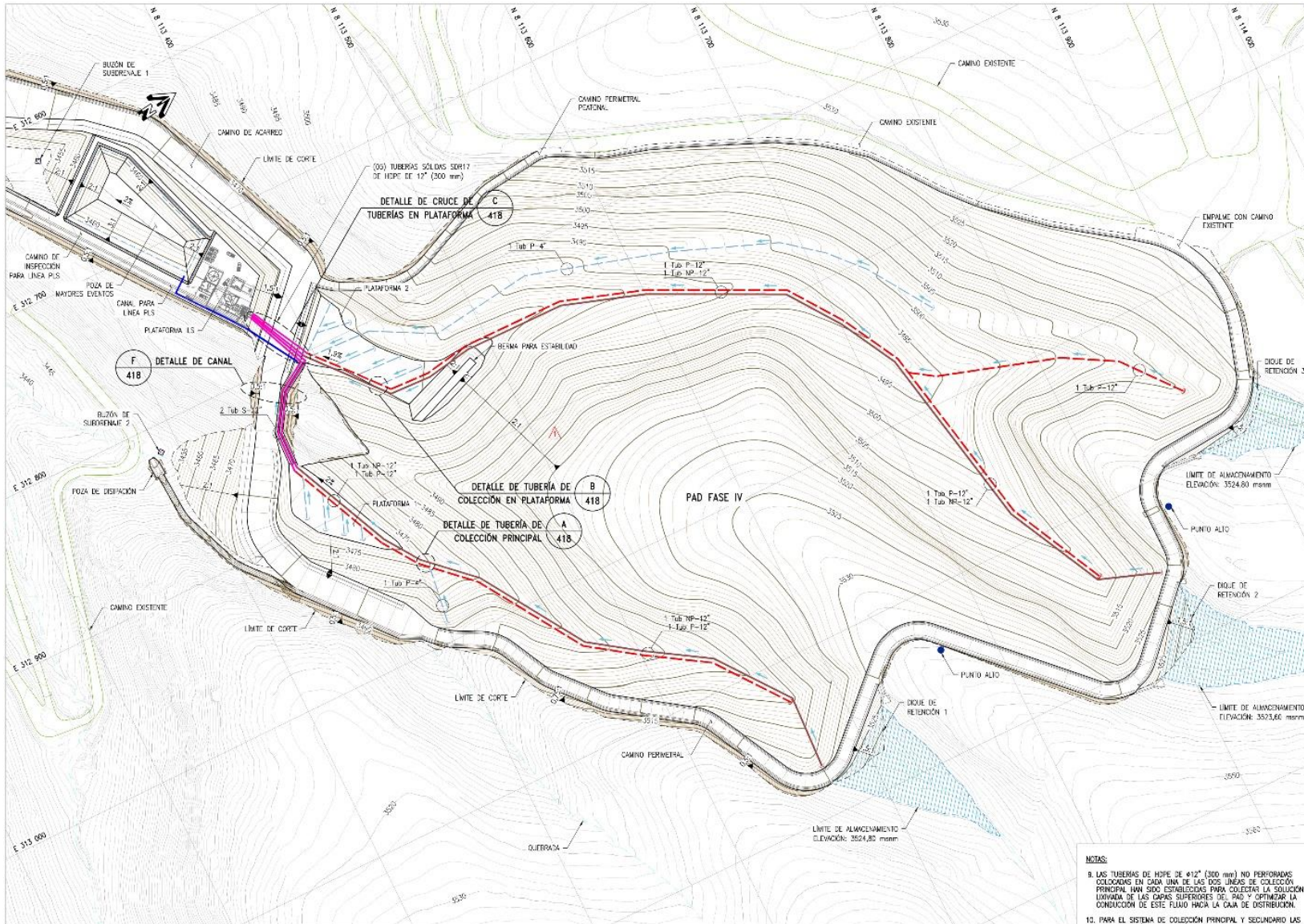
- NOTAS:**
- EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 105 DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - NOVENCIATURA EN TUBERÍAS:  
 NP = NO PERFORADA  
 P = PERFORADA  
 HOPE = POLIÉTILENO DE ALTA DENSIDAD  
 TUB P-6" = TUBERÍA HOPE PERFORADA 66"
  - TCOMAS LAS CONDICIONES ENTRE LAS TUBERÍAS DEBERÁN HEICERSE CON COPLAS, TEES Y YEEES PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERÍAS DE SUBDRENAJE DEBERÁN CERRARSE CON TAPAS PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - LA CANTIDAD MOSTRADA DE TUBERÍAS DE SUBDRENAJE PODRÍA INCREMENTARSE SEGÚN LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN, DEBIENDO CONTAR CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA.
  - LA UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS TUBERÍAS DE SUBDRENAJE ES REFERENCIAL. EN CASO EXISTAN VARIACIONES DE CAMPO, LAS TUBERÍAS DEBERÁN SER REUBICADAS CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DEL OCA.




**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JORGE BASADRE GROHMANN**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA

**PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III**  
**SISTEMA DE SUBDRENAJE - PLANTA**

AUTOR: MGR. JAHN COBRADO BEDIA DISEÑO: Bach. Jhon Leonardo Cuellar Soto FECHA: Octubre del 2018 ESCALA: 1:1250	PROYECTO: Delineo LTM ASSE 84 Zona 105 UBICACIÓN: Subsector Coocser - Mina de Coocser	PLANO: <b>SDP-1</b>
---	--	---------------------



**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DEL T.M.O. PLATAFORMA, POZA, CAMINO Y CAÑALES
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- CAMINO EXISTENTE
- LINEA DE DISEÑO
- QUEBRADA
- LIMITE DE ALMACENAMIENTO
- PUNTO ALTO
- TUBERIA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 44" (1100 mm)
- TUBERIA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 112" (300 mm)
- TUBERIA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 112" (300 mm)
- TUBERIA DE HDPE SOLIDA SDR17 DE 112" (300 mm) - CONDUCCION
- TUBERIA DE HDPE SOLIDA SDR17 DE 112" (300 mm) - REBOSE
- FLUJO DE AGUA

**TABLA 01**  
**SISTEMA DE COLECCION (VER NOTA 6)**

DESCRIPCION	CANTIDAD (m)
TUBERIA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 112" (300 mm)	1100
TUBERIA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 112" (300 mm)	670
TUBERIA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 112" (300 mm)	1000
TUBERIA DE HDPE SOLIDA SDR17 DE 112" (300 mm) - CONDUCCION	330
TUBERIA DE HDPE SOLIDA SDR17 DE 112" (300 mm) - REBOSE	100

- NOTAS:**
- EL AREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 185 DEL SISTEMA DE COORDINADAS UTM, CON EL PUNTO DE REFERENCIA WGS84.
  - NOMENCLATURA EN TUBERIAS:  
NP = NO PERFORADA  
P = PERFORADA  
HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD  
TUB P-12" = TUBERIA HDPE PERFORADA 112"
  - TODAS LAS CONEXIONES ENTRE LAS TUBERIAS DEBERÁN HACERSE CON COPULAS, TEES Y YEECS PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERIAS DE COLECCION DEBERÁN CUBRIRSE CON TAPAS PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - LA CANTIDAD MOSTRADA DE TUBERIAS PODRAN VARIAR DURANTE LA CONSTRUCCION, USANDO COMO BASE LA APROBACION DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE O&A Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CARA INTERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOL LINER O REVESTIMIENTO GEOSINTETICO DE ARCILLA GCL) PARA LAS INSTALACIONES REVESTIDAS CON GEOMEMBRANA Y LA CARA INTERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  - LOS VALORES DE CORTE Y/O RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSION Y SUCUMBIOS. SI LOS VALORES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPACTE (SEGUN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE O&A) PODRAN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON DESFAVORABLES, EL CORTE DEBERA TENER MENOR PENDIENTE.
  - LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERIAS DE COLECCION UBICADAS EN EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION DEBERAN SER COMPLETAMENTE CUBIERTAS POR MATERIAL DE PROTECCION DURANTE LA ETAPA DE OPERACION.

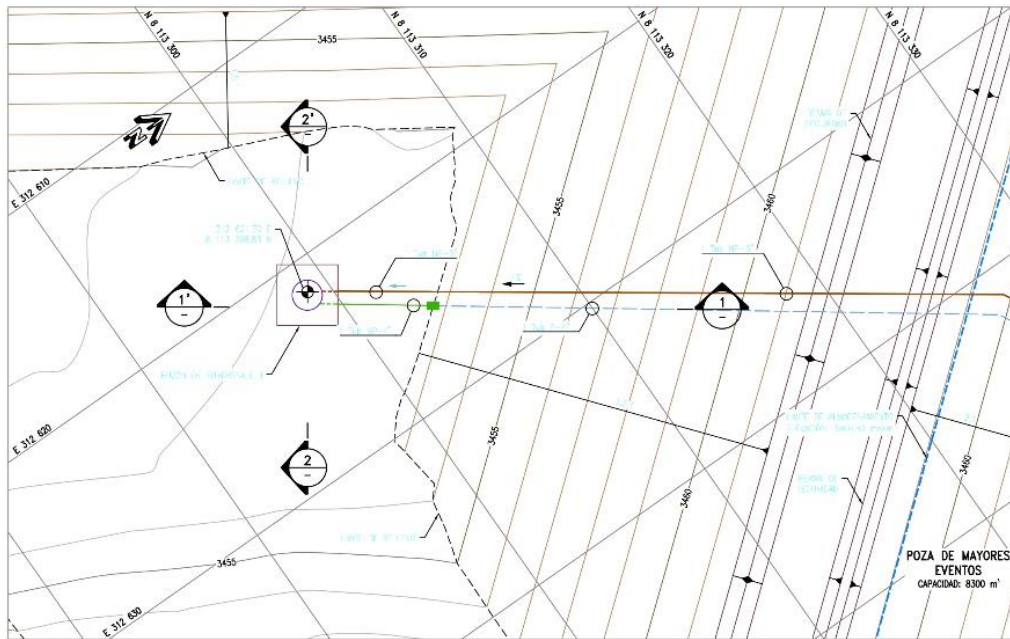
- NOTAS:**
- LAS TUBERIAS DE HDPE DE 112" (300 mm) NO PERFORADAS COLOCADAS EN CADA UNA DE LAS DOS LINEAS DE COLECCION PRINCIPAL HAN SIDO ESTABLECIDAS PARA COLECTAR LA SOLUCION LIQUIDA DE LAS CAPAS SUPERIORES DE PAD Y OPTIMIZAR LA CONDUCCION DE ESTE FLUIDO HACIA LA CASA DE DISTRIBUCION.
  - PARA EL SISTEMA DE COLECCION PRINCIPAL Y SECUNDARIO LAS PENDIENTES MINIMAS DEBERAN SER 1.2% Y 1% RESPECTIVAMENTE.
  - m.snm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.



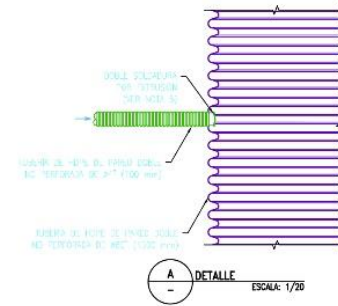
**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JORGE BASADRE GROHMANN**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA

**PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III**  
**SISTEMA DE COLECCION DE SOLUCION - PLANTA**

PROYECTO: MGR. JAHN CONRADO BODOYA	FECHA: 02/09 de 2018	PROYECTISTA: DORIS JIM WEGEL ZOLA 185	PROYECTISTA: ALFONSO PSC-1
PROYECTISTA: ENECH JUAN LOPEZ GONZALEZ SOTE	FECHA: 11/09/2018	PROYECTISTA: DORIS JIM WEGEL ZOLA 185	PROYECTISTA: ALFONSO PSC-1



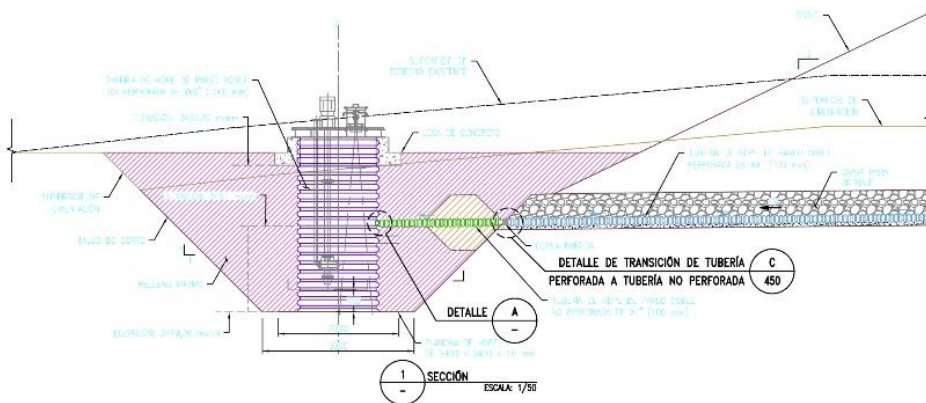
**PLANTA**  
ESCALA 1 : 125



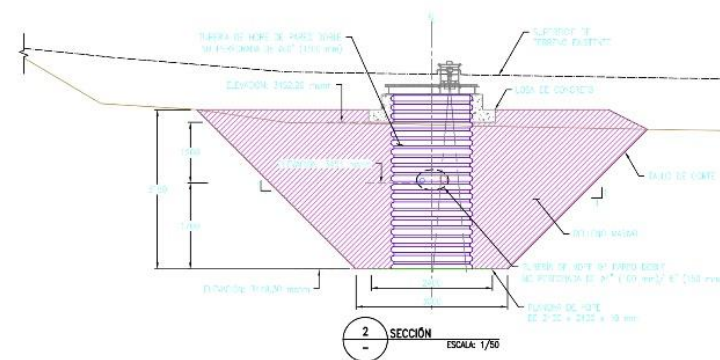
**DETALLE A**  
ESCALA: 1/20

LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE CORTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LA PLATAFORMA, POZA, CAMINO DE ACEROS Y CANALES
	LÍMITE DE CORTE Y RELLENO
	LÍNEA DE DISEÑO
	LÍMITE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 4" (100 mm)
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 4" (100 mm)
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 6" (150 mm)
	FLUJO DE AGUA
	PUNTO DE CONTROL
	SUPERFICIE DE TIENNO EXISTENTE
	SUPERFICIE DE ORIENTACIÓN
	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD
	RELLENO MASIVO
	GRANJA PARA DRENAJE

- NOTAS:**
- EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - NOMENCLATURA EN TUBERÍAS:  
NP = NO PERFORADA  
P = PERFORADA  
HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD  
TUB P-4" = TUBERÍA HDPE PERFORADA 4"
  - LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTA EL NIVEL DE LA SUBRASANTE ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD Y ANTES DE LA COLOCACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN EL CAMINO.
  - LOS TALUDES DE CORTE/EXCAVACIÓN PODRÁN SER MODIFICADOS EN CAMPO SEGÚN LAS CONDICIONES ENCONTRADAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN. ESTOS CAMBIOS DEBERÁN SER DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE O&A Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
  - LA SOLDADURA POR EXTRUSIÓN DEBERÁ SER REALIZADO EN CAMPO POR EL INSTALADOR CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE O&A. LOS CONTROLES DE CALIDAD SERÁN ESTABLECIDOS POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE O&A.
  - EL PUNTO DE CONTROL INDICADO EN ESTE PLANO DEBERÁ SER REVISADO, REPLANTEADO Y APROBADO EN CAMPO DE ACUERDO A LA CONFIGURACIÓN TOPOGRÁFICA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN. DE SER NECESARIO, ESTO PUNTO DEBERÁ SER REUBICADO DE ACUERDO A LO INDICADO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE O&A.
  - m,mm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

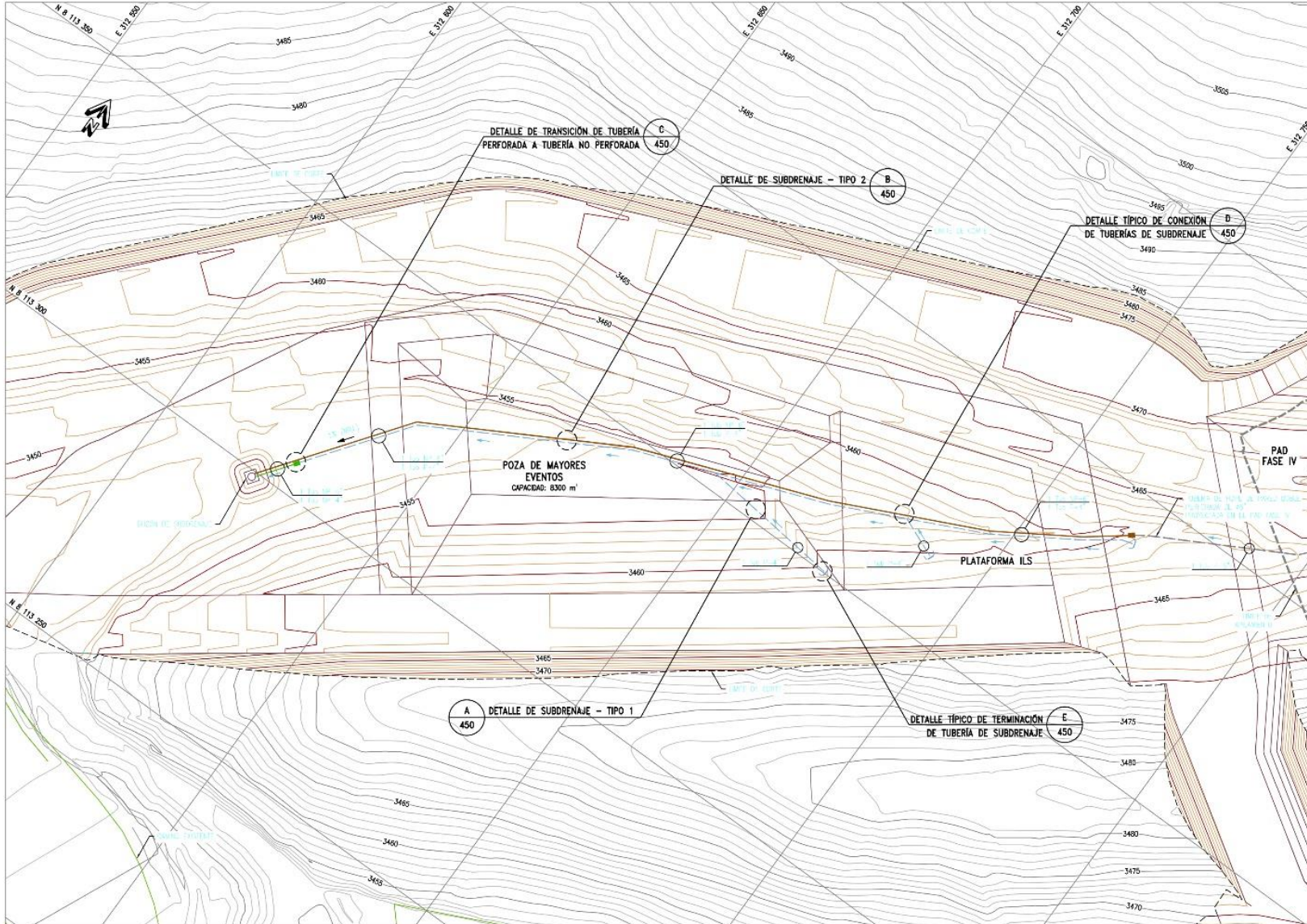


**SECCIÓN 1**  
ESCALA: 1/50



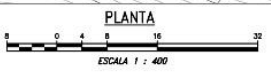
**SECCIÓN 2**  
ESCALA: 1/50

<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL</b> <b>JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA</p>		<p><b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>POZA DE MAYORES EVENTOS - DETALLES GENERALES</b></p>	<p>PLANO N° <b>DG-2</b></p>
<p>Asesor: MGR. JUAN CONRADO BIEDOMA</p> <p>Diseño: Bach. Jhon Leopoldo Cuellar Saino</p> <p>Fecha: Octubre del 2018</p> <p>Estado: VARPABLE</p>	<p>Proyecto: Datum UTM WGS 84 Zone 18S</p> <p>Obra: Sotchen Copper - Mina de Cuzcoque</p>		

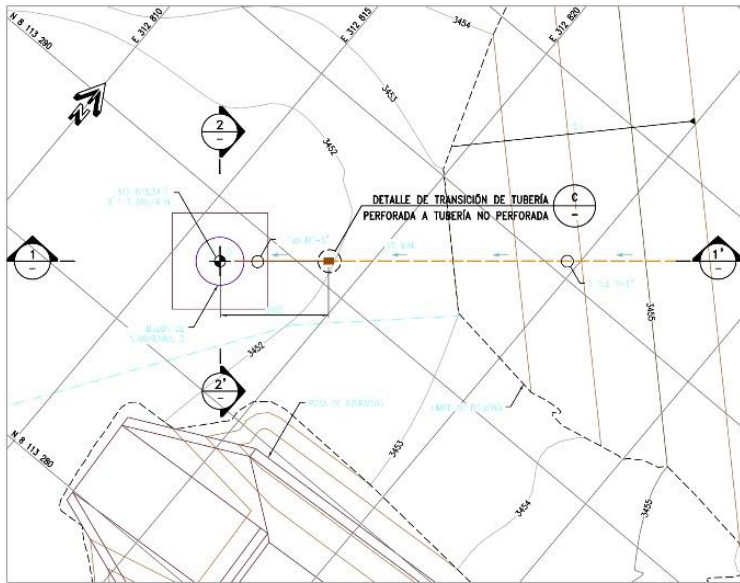


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE CORTE
	LÍMITE DE CORTE
	LÍMITE DE APILAMIENTO
	CAMINO EXISTENTE
	LÍNEA DE DISEÑO
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #4" (100 mm)
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE #4" (100 mm)
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE #6" (150 mm)
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #6" (150 mm)
	FLUJO DE AGUA

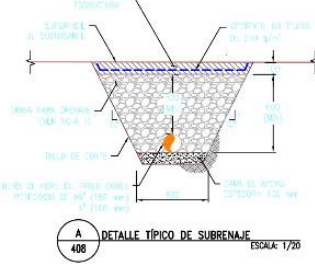
- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN MARZO 2014.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
  - NOMENCLATURA EN TUBERÍAS:  
 NP = NO PERFORADA  
 P = PERFORADA  
 HDPE = POLIÉTILENO DE ALTA DENSIDAD  
 TUB P-4" = TUBERÍA HDPE PERFORADA #4"
  - TODAS LAS CONEXIONES ENTRE LAS TUBERÍAS DEBERÁN HACERSE CON COPLAS, TEES Y YEECS PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERÍAS DE SUBDRENAJE DEBERÁN CERRARSE CON TAPAS PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - LA CANTIDAD MOSTRADA DE TUBERÍAS DE SUBDRENAJE PODRÁ INCREMENTARSE SEGÚN LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN, DEBENDO CONTAR CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA.
  - LA UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS TUBERÍAS DE SUBDRENAJE ES REFERENCIAL, EN CASO EXISTAN VARIACIONES DE CAMPO, LAS TUBERÍAS DEBERÁN SER REUBICADAS CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA.
  - SI DURANTE LA INSTALACIÓN DE LOS SUBDRENAJES, EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA DETERMINA QUE LAS CONDICIONES DEL TERRENO SON FAVORABLES, LA COLOCACIÓN DE LA CAMA DE APOYO PUEDE SER ELIMINADA. LAS EXCAVACIONES DEBERÁN SER INSPECCIONADAS Y APROBADAS POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA ANTES DE REINICIAR LOS TRABAJOS.
  - LOS TALUDES DE CORTE PARA LAS ZANJAS DE SUBDRENAJES, DEBERÁN SER EXCAVADOS DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DEL SUELO Y REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA Y EL PROPIETARIO.
  - LA GRADA PARA DRENAJE DEBERÁ CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
  - 11mm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.



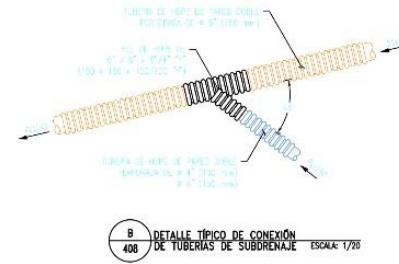
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL</b> <b>JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA		
<b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>POZA DE MAYORES EVENTOS - SISTEMA DE SUBDRENAJE</b>		
Autor: MGR. JUAN CONRADO BEDOYA Diseñador: Bach. Jhon Leonardo Cuello Soto Fecha: Octubre del 2018 Escala: 1:1500	Preparación: Dalmir UTM WGS 84 Zona 18S Fecha: Setiembre Cuello - Mito de Cuzco	<b>PSD-1</b>



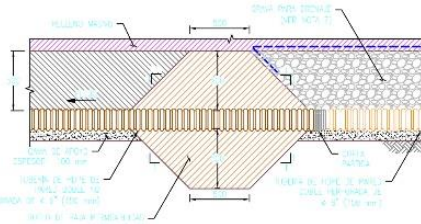
**PLANTA**  
ESCALA 1 : 75



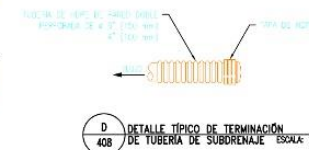
**A** DETALLE TÍPICO DE SUBDRENAJE  
ESCALA: 1/70



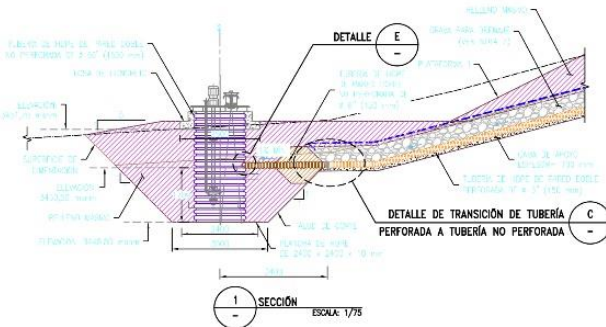
**B** DETALLE TÍPICO DE CONEXIÓN DE TUBERÍAS DE SUBDRENAJE  
ESCALA: 1/70



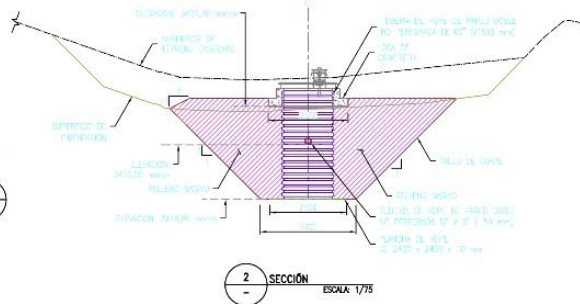
**C** DETALLE DE TRANSICIÓN DE TUBERÍA PERFORADA A TUBERÍA NO PERFORADA  
ESCALA: 1/70



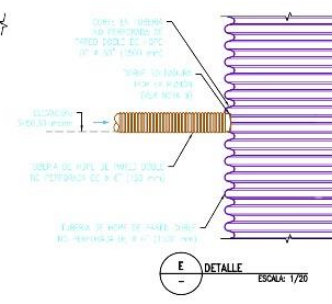
**D** DETALLE TÍPICO DE TERMINACIÓN DE TUBERÍA DE SUBDRENAJE  
ESCALA: 1/70



**1** SECCIÓN  
ESCALA: 1/75



**2** SECCIÓN  
ESCALA: 1/75



**E** DETALLE  
ESCALA: 1/70

LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LA PLATAFORMA, POZA, CAMINO Y CAÑALES
	LÍMITE DE CORTE Y RELLENO
	LÍNEA DE DISEÑO
	SUPERFICIE DE OMENTACIÓN
	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD
	RELLENO ESTRUCTURAL
	RELLENO MASIVO
	GRANJA PARA DRENAJE
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE 6" #150 mm
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE 6" #150 mm
	FLUJO DE AGUA
	PUNTO DE CONTROL

- NOTAS:**
- EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA ZONA 195 DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA MESSA.
  - NOMENCLATURA EN TUBERÍAS:  
 NP = NO PERFORADA  
 P = PERFORADA  
 HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD #6"  
 TUB P-6" = TUBERÍA HDPE PERFORADA #6"
  - LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTA EL NIVEL DE LA SUPERFICIE ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD Y ANTES DE LA COLOCACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN EL CAMINO.
  - LOS TALUDES DE CORTE PARA LAS ZANJAS DE SUBDRENAJE DEBERÁN SER DISEÑADOS DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DEL SUELO Y REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA Y EL PROPIETARIO.
  - SI DURANTE LA INSTALACIÓN DE LOS SUBDRENAJES, EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA DETERMINA QUE LAS CONDICIONES DEL TERRENO SON FAVORABLES, LA COLOCACIÓN DE LA CANA DE APORTE PUEDE SER ELIMINADA. LAS CONDICIONES DEBERÁN SER INSPECCIONADAS Y APROBADAS POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA ANTES DE REALIZAR LOS TRABAJOS.
  - LA GRANJA PARA DRENAJE DEBERÁ CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
  - EL SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD DEBERÁ SER COMPACTADO CON EQUIPO PESADO HASTA ALCANZAR UNA MÁXIMA DENSIDAD SECA DE 95% DEL PROCTOR ESTÁNDAR.
  - LA SOLDADURA POR EXTRUSIÓN DEBERÁ SER REALIZADO EN CAMPO POR EL INSTALADOR CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA. LOS CONTROLES DE CALIDAD SERÁN ESTABLECIDOS POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA.
  - EL PUNTO DE CONTROL INDICADO EN ESTE PLANO DEBERÁ SER REVISADO, REPLANTADO Y APROBADO EN CAMPO DE ACUERDO A LA CONFIGURACIÓN TOPOGRÁFICA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN. DE SER NECESARIO, ESTO PUNTO DEBERÁ SER REUBICADO DE OCA ACUERDO A LO INDICADO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE OCA.
  - TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  - 11.mmm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA - GEOTECNIA</p>		
<p><b>PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III</b> <b>SISTEMA DE SUBDRENAJE - DETALLES GENERALES</b></p>		
Autor: MGR. JAHN CONRADO BRIZOLA Diseñó: Jahn Leopoldo Cuellar Saine Fecha: Octubre del 2016 Estado: VÁLIDE	Proyecto: Delineo UTM INGS 84 Zona 195 Punto: Soterm Copper - Mina de Casapira	PLANO N° <b>PSD-2</b>



