# UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

## Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**“PLAN DE CIERRE DE MINA APLICANDO METODOLOGÍA CON CLAY IMPERMEABLE EN BOTADEROS Y PAD DE LIXIVIACIÓN EN MINA ARUNTANI S.A.C., MOQUEGUA 2019”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. RICARDO LOPEZ CATACORA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO DE MINAS**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2020**

Folio N° 32

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución de Comisión Organizadora N° 433-2020-UNAM del 28 de agosto de 2020.

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

PLAN DE CIERRE DE MINA APLICANDO METODOLOGÍA CON CLAY IMPERMEABLE EN BOTADEROS Y PAD DE LIXIVIACIÓN EN MINA ARUNTANI S.A.C., MOQUEGUA 2019.

Asesor Principal:

MSc. Ernesto Laricano Flores.

Asesor Externo:

.....

Tesista:

BACHILLER RICARDO LOPEZ CATACORA

Dictamina como APROBADO por UNANIMIDAD

La defensa del tema de investigación aprueba con nota: QUINCE (15)

Por lo que SI opta el Título profesional de Ingeniero de Minas.

Siendo las 08:50 horas, al primer día de setiembre del año 2020 se procede a la firma con conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

---

Presidente

Mgr. JORGE LUIS TOMAS FLOREZ SALAS

---

Primer Miembro

Mgr. Lic. CARLOS EDUARDO JOO GARCÍA

---

Segundo Miembro

Ing. MARTÍN MARIO AROCUTIPA GONZA

---

Bachiller

RICARDO LOPEZ CATACORA

## DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y darme fuerza para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

Este logro se lo dedico a mis padres: Segundo y Natividad, quienes con su esfuerzo y sacrificio me permitieron culminar esta profesión. A mis hermanos y familiares que incondicionalmente apoyaron durante mi carrera universitaria el cual siempre confiaron en mi persona.

## AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a Dios quién me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión y estimulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mi Asesor MSc. Ing. Ernesto Laricano Flores, por el tiempo dedicado y paciencia en el desarrollo de la tesis.

A mi alma mater por haber acogido en sus aulas, a los catedráticos que impartieron sus conocimientos y enseñanza en mi formación profesional como Ingeniero de Minas el cual me siento orgullo.

A la Empresa Minera Aruntani S.A.C. Unidad Minera Tucari y a quienes conformaron y apoyaron al desarrollo y ejecución del presente trabajo de investigación y por las facilidades con la información brindada.

## RESUMEN

El presente trabajo denominado “Plan de cierre de mina aplicando metodología con Clay impermeable en botaderos y Pad de lixiviación en mina Aruntani S.A.C., Moquegua 2019”, se evaluó ensayos de método cono de arena realizados en el año 2017, desde junio del 2019 se utilizaron dichos ensayos como antecedentes para la elaboración de la investigación, las variables evaluadas fueron; estabilidad física y geoquímica principalmente, el material Clay es un suelo impermeable que se utilizó para cubrir los botaderos y Pad de lixiviación de la Mina Tucari, con la finalidad de que no se produzcan aguas acidas que pueden ser perjudiciales para las comunidades, flora y fauna de la zona en tiempos de precipitación pluviales (tiempo de lluvias).

Al finalizar la evaluación de la investigación se concluye que el recubrimiento del botadero y Pad de lixiviación con material Clay, tiene un porcentaje de compactación promedio de 90% el cual es superior al 85% de sus especificaciones de aplicación, y norma internacional ASTM D-1556, considerando una eficiencia en la estabilidad del suelo.

## ABSTRAC

This work called "Mine closure plan applying methodology with waterproof clay in dumps and leaching pad in Aruntani sac Moquegua mine 2019", evaluated sand cone method tests carried out in 2017, since June 2019, they were used said trials as antecedents for the elaboration of the investigation, the variables evaluated were; physical and geochemical stability mainly, the clay material is an impermeable soil that was used to cover the dumps and leaching pad of the tucari mine, in order to avoid producing acidic waters that can be detrimental to the communities, flora and fauna of the area in times of rainfall (rainy season).

At the end of the evaluation of the investigation, it is concluded that the coating of the dump and leaching pad that was used, clay material, has an average compaction percentage of 90% which is higher than 85% of its application specifications, and international standard ASTM D- 1556, considering an efficiency in soil stability.

# INDICE

**DEDICATORIA** ..... **I**
**AGRADECIMIENTO** ..... **II**
**RESUMEN** ..... **III**
**ABSTRAC** ..... **IV**
**INDICE** ..... **V**
**ÍNDICE DE FIGURAS** ..... **VIII**
**ÍNDICE DE TABLAS** ..... **XI**
**INTRODUCCIÓN** ..... **XII**
**CAPÍTULO I** ..... **1**
**1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ..... **1**
**1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA** ..... **1**
**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA** ..... **2**
*1.2.1. Problema General* ..... *2*
*1.2.2. Problemas Específicos* ..... *2*
**1.3. OBJETIVOS** ..... **2**
*1.3.1. Objetivo General:* ..... *2*
*1.3.2. Objetivos Específicos:* ..... *3*
**1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA** ..... **3**
**1.5. HIPÓTESIS** ..... **5**
*1.5.1. Hipótesis general:* ..... *5*
*1.5.2. Hipótesis específicas:* ..... *5*
**CAPÍTULO II** ..... **6**
**2. MARCO TEÓRICO** ..... **6**
**2.1. ANTECEDENTES** ..... **6**
**2.2. BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN** ..... **13**
*2.2.1. Ubicación* ..... *13*
*2.2.2. Su accesibilidad* ..... *14*
*2.2.3. Arcilla* ..... *15*
*2.2.4. Método del cono de arena* ..... *15*
*2.2.5. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS.* ..... *17*
*2.2.6. Sociedad Americana para Pruebas y Materiales – ASTM* ..... *19*
**2.3. ÁREA DEL PROYECTO Y AMBIENTE FÍSICO** ..... **20**
*2.3.1. Delimitación de área de influencia* ..... *20*

*2.3.2. Geografía Física* ... *21*
*2.3.3. Geología General* ... *24*
*2.3.4. Geología Estructural* ... *28*
*2.3.5. Mineralización* ... *29*
*2.3.6. Geomorfología* ... *29*
*2.3.7. Suelo* ... *32*
*2.3.8. Geodinámica Interna* ... *37*
*2.3.9. Clima y Meteorología* ... *41*
*2.3.10. Temperatura* ... *41*
*2.3.11. Precipitación* ... *42*
**2.4. ÁREA DEL PROYECTO Y AMBIENTES BIOLOGÍCOS** ... **42**
*2.4.1. Regiones Ecológicas y Hábitat* ... *42*
**2.5. AMBIENTE SOCIO-ECONÓMICO Y CULTURAL** ... **46**
*2.5.1. Demografía* ... *47*
*2.5.2. Población y Densidad* ... *48*
**2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS** ... **49**
**CAPÍTULO III** ... **55**
**3. MARCO METODOLÓGICO** ... **55**
**3.1. TIPO Y DISEÑO** ... **55**
**3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN** ... **55**
*3.2.1. Descriptivo* ... *55*
**3.3. AMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL** ... **56**
*3.3.1. Ámbito Temporal* ... *56*
*3.3.2. Ámbito Espacial* ... *56*
**3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES** ... **57**
*3.4.1. Variable Independiente* ... *57*
*3.4.2. Variable Dependiente* ... *57*
**3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA** ... **57**
*3.5.1. Población* ... *57*
*3.5.2. Muestra* ... *58*
**3.6. INSTRUMENTOS** ... **60**
**3.7. PROCEDIMIENTO** ... **60**
*3.7.1. Área de Préstamo* ... *60*
*3.7.2. Obtención de Material Clay Impermeable* ... *62*
*3.7.3. Recubrimiento con Material Clay Impermeable* ... *63*
*3.7.4. Prueba de campo con Cono De Arena* ... *64*
**3.8. ANÁLISIS DE DATOS** ... **68**

*3.8.1. Observación Directa ..... 68*
*3.8.2. Análisis Estadístico ..... 68*
*3.8.3. Análisis Descriptivo ..... 69*
*3.8.4. Presentación ..... 69*
**CAPÍTULO IV ..... 70**
**4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ..... 70**
**4.1. PRESENTACION DE RESULTADOS ..... 70**
*4.1.1. Selección del Material Clay Impermeable ..... 70*
*4.1.2. Estabilidad del Material Clay Impermeable ..... 72*
*4.1.3. Cobertura del Material Clay Impermeable ..... 74*
**CAPÍTULO V ..... 76**
**5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ..... 76**
**5.1. MATERIAL CLAY IMPIDE FILTRACIÓN DE AGUAS PLUVIALES ..... 76**
**5.2. MATERIAL CLAY CUMPLE CON LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD ..... 76**
**5.3. MATERIAL CLAY ES APTO PARA COBERTURA Y REVEGETACIÓN ..... 79**
**CAPÍTULO VI ..... 81**
**DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... 81**
**CAPÍTULO VII ..... 84**
**CONCLUSIONES ..... 84**
**CAPÍTULO VIII ..... 85**
**RECOMENDACIONES ..... 85**
**REFERENCIAS ..... 86**
**ANEXOS ..... 87**

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1** Ubicación de la Unidad Minera Tucari - Empresa Aruntani S.A.C. ..... 14
**Figura 2** Secuencia de Compactación del Material. ..... 16
**Figura 3** Terrenos de Instalaciones de la Empresa Aruntani S.A.C. ..... 34
**Figura 4** Terrenos con Bofedales de la Empresa Aruntani S.A.C. ..... 35
**Figura 5** Terreno con Pastos Naturales y Terrenos con Escasa Vegetación ..... 36
**Figura 6** Verificación de Espejos de Agua en Épocas de Precipitaciones Pluviales ..... 44
**Figura 7** Formación de Capas de Nieve ..... 45
**Figura 8** Ubicación de los Botaderos de Mina ..... 58
**Figura 9** Ubicación del Pad de Lixiviación ..... 59
**Figura 10** Ubicación del Área de Préstamo de Material Clay - Cantera Paco Paco ..... 61
**Figura 11** Extracción de Material Clay de la Cantera Paco Paco ..... 62
**Figura 12** Capas de Material de Cobertura ..... 63
**Figura 13** Material Clay tendido Siendo Compactado ..... 64
**Figura 14** Cono de Arena y Placa Metálica ..... 66
**Figura 15** Muestra Cavidad al Extraer al Material Compactado ..... 66
**Figura 16** Cono de Arena Invertido - Cavidad llena de Arena Calibrada ..... 67
**Figura 17** Cono de Arena con Arena Sobrante. ..... 67
**Figura 18** Clasificación del material Clay impermeable según SUCS ..... 71
**Figura 19** Variación Temporal de la Precipitación vs Evaporación ..... 75
**Figura 20** Análisis del Grado de Compactación Promedio del Material Clay ..... 79
**Figura 21** Capas de Material de Cobertura en Botaderos y Pad de Lixiviación ..... 80
**Figura 22** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 01 ..... 89
**Figura 23** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 02 ..... 90
**Figura 24** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 03 ..... 91
**Figura 25** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 04 ..... 92
**Figura 26** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 05 ..... 93
**Figura 27** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 06 ..... 94
**Figura 28** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 07 ..... 95
**Figura 29** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 08 ..... 96
**Figura 30** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 09 ..... 97
**Figura 31** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 10 ..... 98
**Figura 32** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 11 ..... 99
**Figura 33** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 12 ..... 100
**Figura 34** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 13 ..... 101

**Figura 35** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 14 ..... 102
**Figura 36** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 15 ..... 103
**Figura 37** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 16 ..... 104
**Figura 38** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 17 ..... 105
**Figura 39** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 18 ..... 106
**Figura 40** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 19 ..... 107
**Figura 41** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 20 ..... 108
**Figura 42** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 21 ..... 109
**Figura 43** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 22 ..... 110
**Figura 44** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 23 ..... 111
**Figura 45** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 24 ..... 112
**Figura 46** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 25 ..... 113
**Figura 47** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 26 ..... 114
**Figura 48** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 27 ..... 115
**Figura 49** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 28 ..... 116
**Figura 50** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 29 ..... 117
**Figura 51** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 30 ..... 118
**Figura 52** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 31 ..... 119
**Figura 53** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 32 ..... 120
**Figura 54** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 33 ..... 121
**Figura 55** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 34 ..... 122
**Figura 56** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 35 ..... 123
**Figura 57** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 36 ..... 124
**Figura 58** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 37 ..... 125
**Figura 59** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 38 ..... 126
**Figura 60** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 39 ..... 127
**Figura 61** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 40 ..... 128
**Figura 62** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 41 ..... 129
**Figura 63** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 42 ..... 130
**Figura 64** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 43 ..... 131
**Figura 65** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 44 ..... 132
**Figura 66** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 45 ..... 133
**Figura 67** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 46 ..... 134
**Figura 68** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 47 ..... 135
**Figura 69** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 48 ..... 136
**Figura 70** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 49 ..... 137
**Figura 71** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 50 ..... 138

**Figura 72** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 51 ..... 139
**Figura 73** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 52 ..... 140
**Figura 74** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 53 ..... 141
**Figura 75** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 54 ..... 142
**Figura 76** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 55 ..... 143
**Figura 77** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 56 ..... 144
**Figura 78** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 57 ..... 145
**Figura 79** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 58 ..... 146
**Figura 80** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 59 ..... 147
**Figura 81** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 60 ..... 148
**Figura 82** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 61 ..... 149
**Figura 83** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 62 ..... 150
**Figura 84** Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 63 ..... 151

# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** Accesibilidad a la Empresa Aruntani S.A.C. - Unidad Minera Tucari..... 14
**Tabla 2** Clasificación de Suelos - SUCS..... 18
**Tabla 3** Símbolos utilizados en la Clasificación - SUCS..... 18
**Tabla 4** Símbolo de Unidades Geológicas..... 22
**Tabla 5** Datos de Material Impermeable y Orgánico que se Utilizara en el Cierre de Minas ..... 61
**Tabla 6** Contenido de 63 Pruebas Realizadas para la Investigación ..... 72
**Tabla 7** Resultados de Compactación del Material Clay con Método Cono de Arena..... 77

# INTRODUCCIÓN

La empresa Aruntani S.A.C. se encuentra ubicada en el Distrito de Carumas, Provincia de Mariscal Nieto, en el Departamento de Moquegua. La Unidad Minera Tucari es un yacimiento epitermal del tipo alta sulfuración, desarrollado en el arco volcánico Cenozoico del sur del Perú. La unidad minera de tajo abierto Tucari, realizo la actividad de extracción de mineral, para la recuperación del mineral fue previsto de botaderos de material de roca estil y también Pad de lixiviación en donde se utiliza cianuro el cual permite la recuperación del mineral.

La base principal de la investigación se desarrolla en la aplicación del material Clay como recubrimiento en los botaderos y Pad de lixiviación, con la finalidad que, en tiempo de precipitación pluvial, esta no filtre en dichos depósitos y así no se pueda generar aguas acidas que son perjudiciales para la salud, flora y fauna.

En el primer capítulo se desarrolla la descripción y formulación del problema, antecedentes, objetivos, justificación e importancia e hipótesis de la investigación.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, antecedentes y bases teóricas, se describe las características geográficas donde se desarrolló el trabajo y la definición de términos que se empleara en el presente trabajo.

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología que se aplicó para el trabajo de investigación el tipo y nivel de investigación, población y muestra, instrumentos y el método estadístico.

En el cuarto capítulo se describe los resultados obtenidos, para la investigación se consideró principalmente el porcentaje promedio de compactación del material Clay para ser aplicados en el cierre de mina.

En el quinto y sexto capítulo se detalla la interpretación la discusión de resultados obtenidos con la utilización del material Clay como recubrimiento de botaderos y Pad de lixiviación.

Finalmente en el séptimo y octavo capítulo se tiene las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, plan de cierre de mina utilizando material Clay impermeable en mina Aruntani S.A.C.

# CAPÍTULO I

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

A nivel mundial los países como es Estados Unidos, Chile, Australia, etc. Que realizan actividad minera son estrictos con el proceso de cierre de minas y remediación de los pasivos ambientales para ello las empresas mineras que realizan actividades mineras en un área determinada, tiene el compromiso de remediar el área con el fin de que no haya contaminación posterior al cierre y que el área de remediación sea habitada por la fauna del lugar y la flora pueda crecer sin ningún problema.

En el Perú los antecedentes que se registran por algunas empresas en los años 70, 80, cuando quebraban estas empresas abandonaban las concesiones y no desarrollaban el cierre de mina correspondiente y la contaminación era irremediable, quedando deshabitada por la fauna del lugar y la flora. En la actualidad el estado peruano mediante sus ministerios, llevan al detalle respecto al cierre de minas, ya que los mismos tienen la potestad de sancionar a las empresas que no realicen la actividad según la presentación de su Estudio de Impacto ambiental, la misma que es presentada antes del inicio de la actividad y extracción del mineral.

En la región de Moquegua, a la fecha no se cuenta con antecedentes respecto a cierre de mina en empresas de gran y mediana minería; solo se cuenta con antecedentes de cierre de minas de canteras no metálicas en pequeña escala, la Unidad Minera Tucari, Empresa

Aruntani S.A.C., sería la primera mina que lleve a cabo el cierre de mina en la región Moquegua.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### *1.2.1. Problema General*

¿El material clay impermeable a emplear en los botaderos y Pad de lixiviación será adecuado para evitar la filtración de aguas pluviales, y así prevenir la generación de aguas acidas, para no perjudicar la flora y fauna?

### *1.2.2. Problemas Específicos*

¿El material clay impermeable a emplear en los botaderos y pad de lixiviación será eficiente para la estabilidad física y la estabilidad geoquímica en el momento del cierre de mina?

¿El material Clay Impermeable seguido de material de suelo superficial permitirá la revegetación con especies nativas en los botaderos y Pad de lixiviación?

## 1.3. OBJETIVOS

### *1.3.1. Objetivo General:*

Impedir la filtración de aguas en los botaderos y Pad de lixiviación en tiempo de precipitación pluvial, con la finalidad de evitar la generación de aguas acidas, para no perjudicar la flora y fauna.

### *1.3.2. Objetivos Específicos:*

Determinar la estabilidad física y geoquímica de los botaderos y Pad de lixiviación para evitar riesgos en la seguridad de las personas, flora y fauna en el plan de cierre de mina.

Utilizar el material Clay Impermeable seguido de material de suelo superficial para permitir la revegetación con especies nativas en los botaderos y Pad de lixiviación.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

**Justificación Teórica:** El presente Trabajo aportara al conocimiento existente sobre planes de cierre de minas, así mismo permitirá que la Empresa Aruntani S.A.C., realice el cierre de Minas para rehabilitar las áreas utilizadas o disturbadas una vez concluida las operaciones Mineras, se tiene como objetivo que las áreas utilizadas por la operación sean compatibles con un ambiente sano y adecuado para el desarrollo de la vida, conforme a lo dispuesto por la ley (28090).

**Justificación Practica:** Este trabajo se realiza por la importancia del plan de cierre de Minas para la conservación del medio ambiente una vez concluidas las operaciones mineras, en ese sentido el presente trabajo, Plan de cierre de Mina Aplicando Metodología con Clay impermeable en la Empresa Aruntani S.A.C., será de carácter práctico ya que se tendrá en cuenta las variables de estudio, con la finalidad de eliminar y controlar los efectos adversos del área utilizada o perturbada por la actividad minera.

**Justificación Metodológica:** El proceso de Cierre de Minas puede tomar años, ya que se estiman períodos de por lo menos 5 años para la observación de las áreas restauradas

después del cierre (monitoreo post cierre). En algunos casos estos periodos de observación pueden ser permanentes hasta asegurar la estabilidad física y geoquímica de estas áreas.

La metodología que se empleará en este plan de cierre será de recubrir los Pad de lixiviación y botaderos de desmonte con una capa de material Clay seguido de suelo superficial, aproximadamente con un espesor de 35 cm (20 cm de material clay compactado y 15 cm de material de suelo superficial) extraída de una cantera cercana a la mina Tucari de la empresa Aruntani S.A.C. el objetivo principal del plan de cierre de mina es lograr la estabilización, a largo plazo tanto del medio físico, biológico, además evitar los impactos negativos en el medio socioeconómico y en las áreas disturbadas por la actividad minera.

Luego de este periodo de observación (Post Cierre), se determina si el cierre tuvo éxito. Esto se da cuando las áreas restauradas o cerradas pueden mantenerse estables en el tiempo sin necesidad de acción humana alguna y si se dan las condiciones necesarias para mantener la armonía y equilibrio con el ambiente natural y social del lugar.

**Justificación Legal:** El presente Plan de Cierre de Minas Aplicando Metodología con Clay Impermeable en la Empresa Aruntani S.A.C., se ha desarrollado teniendo como marco jurídico las normas legales de protección ambiental vigentes en el país, principalmente la Ley que Regula el Cierre de Minas, donde se define el “Plan de cierre de Mina” (Ley Nº 28090), Su Reglamento (D.S. Nº 033-2005-EM) y modificatoria. Asimismo, su elaboración está basada en las Normas Técnicas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas, órgano competente en materia ambiental para este sector, así como las Normas Técnicas Aplicables y la Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas.

## 1.5. HIPÓTESIS

### *1.5.1. Hipótesis general:*

El material Clay Impermeable que se empleará en los botaderos y Pad de lixiviación, impedirá la filtración de aguas pluviales, para que no se generen aguas acidas, evitando la contaminación de flora y fauna.

### *1.5.2. Hipótesis específicas:*

Con la estabilidad física y geoquímica permitirá conocer las condiciones de estabilidad del suelo, y que las personas, animales y vehículos, no tengan problemas en circular por donde se hizo el cierre de mina.

Con la utilización de material Clay, como base impermeable y material de suelo superficial, será una buena composición para la revegetación con especies nativas en los botaderos y Pad de lixiviación.

# CAPÍTULO II

# 2. MARCO TEÓRICO

## 2.1. ANTECEDENTES

**A nivel Internacional:** según; **(**Parada, Vergara & Sánchez, 2018) **Es** conocido el efecto nocivo del Drenaje Ácido (DAM) en la minería en general y los efectos negativos en el ambiente circundante, particularmente cuando ocurre en lugares aledaños a terrenos agrícolas. De esta manera, recursos hídricos superficiales y subterráneos pueden verse afectado por este fenómeno ya* conocido en las actividades mineras. El caso chileno no es ajeno a la situación mundial y si bien es cierto, gran parte de nuestra minería se encuentra en zona desértica, hay innumerables nuevos proyectos de minería subterránea que pueden sufrir consecuencias negativas si no se toma conciencia de este fenómeno.

Entre las principales características del DAM pueden ser citados: presencia de minerales sulfurados, especialmente piritas, bajos valores de pH, elevadas concentraciones de iones sulfato e iones metálicos (Fe, Al, Zn y Mn, principalmente), presencia de agentes oxidantes (O2 y Fe3+), siendo uno de los principales desafíos la remoción del primero de estos compuestos. En la publicación - Vulnerabilidad del agua subterránea frente a la actividad minera y prevención de la generación de aguas ácidas de mina hace referencia al agua como elemento fundamental en la formación de aguas ácidas de mina, en presencia de aire y bacterias, actúa como reactivo en la oxidación de la pirita, la cual se encuentra tanto en el mineral, como en la roca encajonante.

Es muy frecuente, dice, que el material de desmonte, carente de mineral económico, esté compuesto por importantes porcentajes de sulfuros de fierro como la pirita. Este desmonte generalmente es acumulado en las bocaminas y botaderos, y es además el principal constituyente de los relaves. Para controlar la generación de aguas ácidas en las minas, es casi imposible erradicar la pirita, por lo que es preferible manejar el ingreso de agua y aire a las labores mineras, con lo cual puede reducirse drásticamente el problema. Existen técnicas preventivas basadas principalmente en el manejo del agua, las cuales están referidas a lo siguiente:

- Desvío de aguas superficiales y subterráneas.
- Sellado con arcilla, compactación del relleno e impermeabilización de la superficie de escombreras y relaves.
- Manipulación de la cobertura y colocación de lechos de caliza.
- Inhibición bacteriana mediante bacterias, detergentes aniónicos, sustancias orgánicas conservantes, e inyección alcalina.

Aunque se sabe que los elementos esenciales para la formación del agua ácida de mina son el agua, el aire, las bacterias y la pirita, no existe todavía ningún método estandarizado para reducir la producción de estos efluentes ácidos de mina.

**A nivel Nacional,** según; (Aguirre, 2017) pretende determinar que influencia tiene sobre la estabilidad física del depósito de relaves Nº 5 de la empresa Minera Titán del Perú S.R.L., los cambios realizados en el diseño de ingeniería original en cuanto al sistema de disposición de relaves y los parámetros de construcción. Sobre la base de la información geotécnica desarrollada, se ha determinado que la profundidad de fundación promedio del dique de contención y vaso del depósito de relaves N° 5 es de 2 metros, en donde se ha

podido encontrar gravas arenosas densas a muy densas, las cuales son adecuadas para usarse como fundación.

El sistema de subdrenaje ha sido diseñado para interceptar flujos de agua ante una eventualidad, permitiendo recuperar las aguas y almacenarlas temporalmente en un buzón de concreto armado y posteriormente ser conducida a una poza de almacenamiento temporal de agua recuperada, y desde esta última serán transportadas por gravedad a la planta Belén. Una función adicional del sistema de subdrenaje es la de interceptar efluentes de relave que puedan filtrar por el sistema de revestimiento del vaso del depósito de relaves N° 5.

El sistema de revestimiento consiste de una capa compactada de suelo de baja permeabilidad (soil liner) de 20 centímetros de espesor bajo una geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) lisa de 1.5 milímetros de espesor, La presa del depósito de relaves se construyó en dos etapas. La primera considera la construcción de un dique de arranque de 11 metros de altura aproximadamente, con taludes aguas abajo y aguas arriba de 1.5H y 1V, y construido en capas de 0.30 m de espesor con relleno común compactado al 95 % del próctor estándar como mínimo.

**Alvarez (2018)** El objetivo principal fue diseñar y construir el cierre final del Botadero 28 de desmonte, para el almacenamiento de material de desmonte como residuo después de la explotación de mina Tintaya. La metodología seguida fue; Se analizaron los antecedentes del Botadero 28 de desmonte, señalando todas sus características físicas, así como las fases 1 y 2, ya culminadas las cuales suman 99.76 hectáreas. Se fijaron metas en la ejecución del cierre del Botadero 28, pasando por las fases hasta su cierre final. Se analizaron las fases 3 de 30 hectáreas, fase 4 de 16 hectáreas y la fase 5 consta de 11.6 hectáreas, para lo cual se hizo en detalle el diseño y construcción del cierre de la fase 3; finalmente, se hizo una proyección del cierre del Botadero 28 en sus fases finales 4 y 5.

En los resultados del cierre del Botadero 28 de desmonte se consideraron los siguientes: Evaluación y análisis de costos, estado actual de las fases 4 y 5, cierre del Botadero 28, resultados en: estabilidad física con una compactación mayor del 95%, calidad del agua, estabilidad geoquímica de no producir drenaje acido, estabilidad biológica, uso futuro del suelo. Resultados del plan de manejo ambiental: prevención y mitigación de impactos, control de emisiones y polvo, control de la contaminación del suelo, manejo de la cobertura vegetal, recuperación del paisaje, capacitación y educación ambiental, relaciones comunitarias, contingencias, seguridad y salud ocupacional, capacitación y entrenamiento en riesgos, monitoreo y seguimiento del cierre del Botadero 28 de desmonte y rehabilitación de áreas afectadas.

**Alfaro, (2016)** Teniendo en cuenta que la provisión del cierre de minas es un gasto obligatorio, el cual se va devengando durante el proceso de explotación económica de la concesión minera y además dicha provisión es necesaria para que la unidad productiva pueda operar (las empresas tienen que presentar un plan de cierre de minas); considero que la provisión debería ser aceptada tributariamente como un gasto deducible.

Si bien es cierto el artículo 44, inciso f) de la Ley del Impuesto a la Renta tiene como fin evitar que las empresas se deduzcan gastos estimados; es necesario aclarar que la determinación del costo de remediación está ligado a estudios técnicos realizados por empresas especializadas. Los estudios técnicos que sustentan la provisión de cierre de minas esta conformados por distintos componentes que incluyen la evaluación del área del proyecto, actividades de cierre, mantenimiento y monitoreo post – cierre, cronogramas de actividades, presupuestos y garantía financiera, entre otros. Por ello, es que la provisión del cierre de minas debe ser lo más real al costo final de remediación puesto que una mal estimación podría originar que el proyecto no sea viable.

Por lo indicado, no es adecuado que la Administración Tributaría concluya que las provisiones por cierre de mina que realizan las empresas del sector minero son estimaciones enmarcadas dentro de lo que especifica el artículo 44, inciso f) de la Ley del Impuesto a la Renta; puesto que está demostrado que estas provisiones están sustentadas en informes técnicos que en base a métodos determinan el valor más exacto del costo que incurrirán las empresas en la remediación de las unidades operativas.

Las provisiones del cierre de minas se realizan con el fin de cubrir gastos que, si se hubieran incurrido en el ejercicio en curso, habrían sido deducibles. Al realizarse la deducción en el ejercicio en que dichas provisiones son registradas, se procede a adelantar el reconocimiento de un gasto que será desembolsado en el futuro. Ello permitiría rebajarse dicho gasto de la renta bruta generada durante la vida de la mina, con lo que se estaría cumpliendo en aplicación del método de lo devengado, bajo el cual está implícita la correlación de los ingresos con sus gastos. Tener presente que inicialmente el texto de la autógrafa de la Ley que regula el cierre de minas y que fuera aprobado inicialmente por el Congreso de la República en el año 2003 permitía la deducción de las provisiones de cierre de mina; sin embargo, fue observada por el poder ejecutivo.

**Coba (2018)** En su investigación “Influencia de la mezcla del romerillo con material ligante arcilloso en la estabilización del afirmado del tramo: El Porvenir y el sector Tamboyacu, distrito Elías Soplín Vargas, Rioja - San Martín, 2017”, dicha investigación es pre experimental y tuvo una duración de 9 (nueve) meses, siendo el principal objetivo determinar la influencia de la mezcla del romerillo con material ligante arcilloso en la estabilización del afirmado, con el fin de mejorar las propiedades físico- resistentes del suelo, así mismo mejorar la calidad de transitabilidad, garantizando la estabilidad y el correcto funcionamiento; para ello, se utilizó materiales de cantera que son el romerillo (material

granular) y el material ligante arcilloso (arcilla), los que fueron escogidos por encontrarse cerca de la zona del proyecto.

En laboratorio, se realizaron ensayos para determinar las características de los suelos, tanto físicas, como resistentes y con estos datos se procedió a realizar la dosificación de la mezcla, teniendo en cuenta rangos granulométricos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; en el que se obtuvo una dosificación de 85% romerillo y 15% arcilla para realizar una correcta estabilización. Según los ensayos realizados, el valor relativo de soporte para el romerillo compactado al 100% nos da como resultado un CBR = 70.05% de resistencia, y de los materiales dosificados (añadiendo arcilla) un CBR = 106.26% de resistencia, mejorando considerablemente con la mezcla. concluyendo que el proyecto de la mezcla del romerillo con material ligante arcilloso es factible.

**Orozco, (2016)** Luego de analizar el riesgo funcional de los componentes mineros destinados a cierre final en la unidad minera HOLY de la empresa minera OFIR, usando los métodos análisis de modos de fallos, efecto y criticidad - FMECA y análisis de decisiones multicriterio - MCDA (IEC 2009), se concluye:

- Los componentes en escenario final comprenden 11 bocaminas, 10 chimeneas, 2 depósitos de desmonte y 1 depósito de relave.
- El 100% de modos de fallo de labores subterráneas, 71% de modos de fallo de depósitos de desmonte y 60% de modos de fallo del depósito de relaves tienen criticidad 2.
- El 29% de modos de fallo de depósitos de desmonte y el 40% de modos de fallo de depósito de relave tienen criticidad 3.
- Los modos de fallo con criticidad 3 que requieren mayor atención son:
    - Contaminación de agua subterránea por lluvias en depósito de desmonte.

- Contaminación de agua superficial por lluvia intensa en depósito de desmonte
- Liberación de relaves por sismo en depósito de relaves con dique de material de préstamo y contaminación atmosférica por erosión eólica en depósito de relaves.

- Los resultados del análisis de riesgo forman parte del diagnóstico de línea base para la formular la programación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los componentes mineros en cierre.
- La presente metodología de análisis de riesgo funcional permite analizar los efectos y la influencia de la efectividad de las medidas de cierre sobre el medio ambiente y la comunidad.
- El análisis de riesgo funcional permite focalizar atención a componentes con mayor criticidad de los modos de fallo.
- La importancia del uso del proceso de análisis jerárquico para la toma de decisiones a partir de múltiples factores técnicos brindando una decisión final con mínima influencia de prejuicio.

**Villanueva & Sánchez, (2013)** El diseño y la construcción de sistemas de tratamiento pasivo sigue siendo una tecnología en proceso de desarrollo, es por ello que esta investigación evaluó el tratamiento pasivo para la neutralización de las aguas ácidas mediante los drenes de caliza, determinando la tasa de tratamiento de agua ácida por medio de trabajos experimentales de campo y laboratorio, teniendo en cuenta las diferentes modificaciones durante la etapa de diseño y monitoreo de variables como caudal de diseño (Q), perímetro mojado (PM), radio hidráulico (R), tirante (y), caudal por Manning (Q'),

potencial de hidrógeno (pH ), tiempo de contacto (Tc), volumen de agua tratada (Vt), pendiente (S), velocidad para finalmente determinar la tasa de Tratamiento (Ta).

Debido a que el área de operaciones de la unidad minera de Julcani se encuentra ubicada en un terreno accidentado de tipo aluvial y coluvial, se hace más propenso que durante la época de lluvias se generen mayor cantidad de aguas ácidas. La implementación de un sistema de tratamiento pasivo, sería a través de un drenaje anóxico de caliza (ALD), teniendo como base las investigaciones realizadas en el presente trabajo, pues habría un punto de partida que es la tasa de tratamiento del agua ácida que se genera en dicha zona.

**A nivel local,** se podría decir que será la primera mina a tajo abierto de gran minería aurífera que empleara un cierre de mina en la zona con responsabilidad social y ambiental el cual quedará como presente de las buenas practicas según las normativas de cierre de mina, para las próximas empresas mineras de gran escala tomen como ejemplo la importancia que pone la empresa Aruntani S.A.C. al momento de culminar sus actividades mineras.

## 2.2. BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN

### 2.2.1. *Ubicación*

La minera está ubicada en la jurisdicción del distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua, en altitudes que varían entre 4600 y 5200 m s. n. m., en la cuenca alta del río Tambo, en la cuenca del río Aruntaya, específicamente en la micro cuenca Margaritani, entre las quebradas Apostoloni y Margaritani.

**Figura 1**

*Ubicación de la Unidad Minera Tucari - Empresa Aruntani S.A.C.*




*Nota.* Tomada de Internet google.

### *2.2.2. Su accesibilidad*

El acceso desde Lima es vía aérea por la ciudad de Juliaca, posteriormente vía terrestre a la ciudad de Puno entablando la carretera binacional Puno - Laraqueri, llegando a la minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Tabla 1**

*Accesibilidad a la Empresa Aruntani S.A.C. - Unidad Minera Tucari.*

| ORIGEN-DESTINO | DISTANCIA (Km) | TIEMPO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|---|
| Puno – Laraqueri | 135 | 2.5 horas | Asfaltada |
| Laraqueri - Área de la mina | 60 | 2.5 horas | Trocha carrozable |

*Nota.* Elaboración propia.

### *2.2.3. Arcilla*

La composición de las arcillas corresponde a aluminosilicatos hidratados, las partículas de este mineral tienen diámetro menor a 2 micras, correspondiendo a suelo de textura fina, siendo muy elástico y pegajoso cuando está húmedo, y es duro cuando se seca, siendo lenta su consolidación, el humedecimiento, en algunos casos, llega hasta la saturación, siendo la causa las precipitaciones pluviales, etc. (Cornejo, 2019)

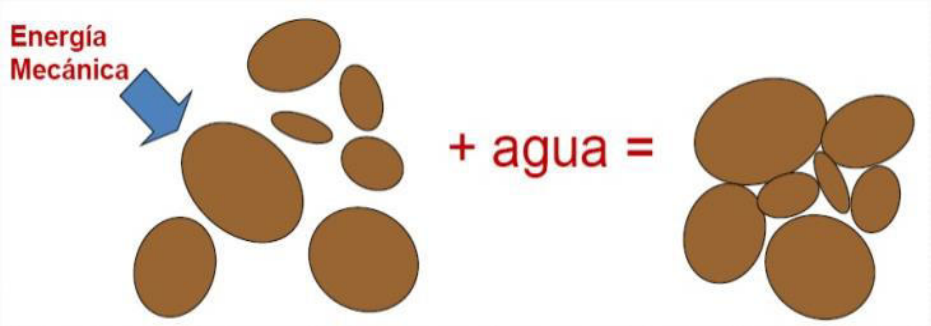
La arcilla se habría formado a partir del desgaste de las rocas, especialmente las compuestas por silicato y feldespato, sumando factores como presión tectónica, sismos, erosión, etc. Se considera físicamente como un coloide, por su composición de partículas tan pequeñas y de superficie lisa. Se puede encontrar en diversas coloraciones debido a impurezas minerales. Las arcillas tienen propiedades que las han hecho muy útiles para el uso humano desde la antigüedad, en el presente trabajo se aplica como material de cobertura en Botaderos y Pad de lixiviación, Una de sus características más importantes es su plasticidad, con la que se hace moldeable para adquirir casi cualquier forma. (Ingeniería de detalle, Mina Tucari, p.47).

### *2.2.4. Método del cono de arena*

En general, la compactación es la densificación del suelo por remoción de aire, este depende de energía mecánica denominada “energía de compactación”, también depende del contenido de agua.

**Figura 2**

*Secuencia de Compactación del Material.*




*Nota.* Tomada de Internet Google.

El ensayo del **CONO DE ARENA** se utiliza principalmente con el fin de comprobar el grado de **compactación** en materiales de rellenos compactados artificialmente, verificar los resultados obtenidos, compararlos con las especificaciones técnicas en cuanto a la **humedad, la densidad y el grado de compactación** del suelo evaluado, para así poder determinar la calidad del suelo donde se vayan o se están ejecutando proyectos de ingeniería, tales pueden ser desde terraplenes de tierra, rellenos de carretera, ferrocarriles, depósitos de suelos naturales, agregados o mezcla de otros suelos, para el caso del presente trabajo, se aplica como pruebas IN SITU en los componente del cierre de minas en botaderos y Pad de lixiviación. (Berrocal, 2019).

El **método de cono de arena** se recomienda para suelos cohesivos en condiciones no saturadas, ya que en suelos que se desmoronan fácilmente y/o el contenido de humedad es muy alto, el orificio excavado puede presentar deformaciones y llegar sufrir derrumbamientos parciales o totales. (Berrocal, 2019).

En el capítulo **MARCO METODOLÓGICO – Procedimientos**, se detalla la secuencia de procedimiento del método cono de arena, según Norma ASTM – D 1556.

### *2.2.5. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS.*

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, es un Sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo, Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado. También se le denomina clasificación modificada de Arthur Casagrande**.** (Ramón & Emilio, 2018).

- Esta clasificación divide los suelos en:

**Suelos gruesos:** Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.

**Suelos finos:** El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos **(M),** arcillas inorgánicas **(C)** y limos y arcillas orgánicas **(O)**. Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es **LI =** 50%. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra **L** (low compresibility). Si es mayor de 50 se añade la letra **H** (hight compresibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

**ML:** Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.

**OL:** Limos y arcillas orgánicas.

**CL:** Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

**CH.** Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

**MH:** Limos inorgánicos de alta compresibilidad.

**OH:** arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad.

**Suelos orgánicos**: Constituidos fundamentalmente por materia orgánica. Son inservibles como terreno para cimentación.

**Tabla 2**

*Clasificación de Suelos - SUCS.*

| Tipo de suelo | Prefijo | Subgrupo | Sufijo |
|---|---|---|---|
| Grava | G | Bien gradada | W |
| Arena | S | Pobremente gradada | P |
| Limo | M | Limoso | M |
| Arcilla | C | Arcilloso | C |
| Orgánico | O | Limite liquido alto (>50) | L |
| Turba | Pt | Limite liquido bajo (<50) | H |

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 3**

*Símbolos utilizados en la Clasificación - SUCS.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **G:** Grava | (Gravel) | **W**: Bien graduado | (Well) |
| **S**: Arena | (Sand) | **P**: Mal graduado | (Poor) |
| **M**: Limo | (Moh) | **H**: Alta plasticidad | (High) |
| **C**: Arcilla | (Clay) | **L**: Baja plasticidad | (Low) |
| | | **O:** Orgánico | (Organic) |

*Nota.* Elaboración propia.

**Suelos gruesos:**

Las gravas con 5 a 12% de finos requieren el uso de símbolos dobles:

**GW -GM** grava bien gradada con limo

**GW-GC** grava bien gradada con arcilla

**GP-GM** grava mal gradada con limo

**GP-GC** grava mal gradada con arcilla

Las arenas con 5 a 12% de finos requieren el uso de símbolos dobles:

**SW -SM** arenas bien gradada con limo

**SW -SC** arenas bien gradada con arcilla

**SP-SM** arena mal gradada con limo

**SP-SC** arena mal gradada con arcilla

### *2.2.6. Sociedad Americana para Pruebas y Materiales – ASTM*

Desde su fundación en 1898, ASTM, es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. hay Alrededor de 12,000 normas de consenso voluntario. (Carvajal & Mondragón, 2019).

Entre las normas **ASTM, la D 1556** es una que no debe ignorarse, ya que esta norma es ideal para determinar la **compactación** para el caso de los componentes del plan de cierre de minas utilizando Clay impermeable, ya que se trata del método de ensayo para obtener la densidad del suelo IN SITU, mediante el **método de cono de arena**. De manera que el ensayo ASTM D 1556 se limita por lo general a un suelo en una condición no saturada y

es utilizado en la construcción de terraplenes de tierra, también en las estructuras de rellenos artificiales y en rellenos de carretera. (Ingeniería de detalle, Mina Tucari, p.6).

## 2.3. ÁREA DEL PROYECTO Y AMBIENTE FÍSICO

### *2.3.1. Delimitación de área de influencia*

El área de influencia directa, constituye el territorio donde los impactos se originan y, además, repercuten en el entorno cercano a los componentes de la unidad minera. El área de influencia indirecta, está definida como el espacio físico en el que un factor ambiental impactado, afecta a su vez a otro u otros, no relacionados directamente con el proyecto. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.3).

#### *2.3.1.1. Área de Influencia Directa*

Se ha definido como aquella que actualmente es afectada o potencialmente sería afectada por las operaciones mineras. El área de influencia directa de la actualización del plan de cierre de mina de la minera está comprendida por el poblado Titire, perteneciente al distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua; y el Centro Poblado de Aruntaya, ubicada en el distrito de San Cristóbal, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

#### *2.3.1.2. Área de Influencia Indirecta*

El proyecto se define como los lugares donde las organizaciones de diversas índoles (económicas, institucionales, sociales) y los componentes abióticos (el agua, suelo, aire) reciben los efectos indirectos (negativos y/o positivos) producto del asentamiento de

operaciones de explotación y su cierre, ya sea en el entorno físico, biológico, socioeconómico y cultural.

Debido a que el efecto negativo de los trabajos ejecutados en la zona, es principalmente sobre el recurso hídrico y la calidad del aire; y el efecto positivo a futuro es sobre las actividades económicas además de los recursos antes mencionados. El área de influencia indirecta, comprende a los distritos de San Cristobal y Carumas de la Provincia de Mariscal Nieto en el departamento de Moquegua.

### *2.3.2. Geografía Física*

El área del proyecto se caracteriza por presentar una superficie accidentada con una pendiente moderadamente empinada, ello debido a los factores geodinámicas y procesos tectónicos intensos. La presencia del sistema montañoso de los Andes, que atraviesa el país en el sentido de los meridianos, origina una variedad de unidades fisiográficas.

La descripción de la geografía física incide en los aspectos externos, (como pendiente, magnitud de relieve, disección, rugosidad, entre otros), que suelen ser determinantes para las particularidades del proyecto o cualquier otro, por lo que se muestra la superficie que ocupan y el área de influencia del proyecto. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.4).

**Tabla 4**

*Símbolo de Unidades Geológicas.*

| Unidades Geología Física | Símbolo |
|---|---|
| Altiplanicie Intracordillerano | A-i |
| Colinas Alto andinas | Co |
| Fondo de Valle | F-v |
| Montañas Alto andinas | M |
| Meseta Alto andina | M-a |

*Nota.* Elaboración propia.

A continuación, se describe las Unidades de la Geografía Física.

### *2.3.2.1. Altiplanicie Intracordillerano*

El material que conforma esta unidad es heterogéneo, mayormente acumulaciones residuales de origen volcánico incoherente poco consolidados. De igual forma el entalle sobre rocas terciarias modela superficies predominantemente llanas a ligeramente onduladas, valles de sección abierta poco profunda. Los fenómenos geodinámicos quedan muy restringidos, localizándose solo en forma puntual y de limitada extensión debido al reducido espesor del manto detrítico y la heterometría de sus elementos, así como la resistencia que ofrece la roca base.

### *2.3.2.2. Colina Altoandina*

Son formas de relieve medianamente accidentado, con alturas menores a 300 metros entre las cimas y bases de las elevaciones. Las pendientes medias generalmente están entre 4% y 25% y la longitud de las laderas pueden pasar varios centenares de metros. En esta zona, las colinas están formadas por rocas volcánicas porfídicas, por andesitas e intrusivas

monzoníticas y en algunos casos rocas sedimentarias. Aparentemente debido a las características litológicas de la zona estratos habrían propiciado la formación de superficies disectadas, que luego al ser afectadas por la geodinámica externa (humedad, radiación solar, erosión) han formado zonas colinosas moderadamente accidentadas, de topografía bastante irregular.

#### *2.3.2.3. Fondo de Valle*

Originados por efectos consecutivos al levantamiento andino principal (tectónica de placas), posteriormente se dio un proceso de rellenado durante el periodo de desglaciación, para ser finalmente labradas en el actual levantamiento epirogénico, presentando en la actualidad una topografía predominantemente plana, terrazas, llanos anegables conformados de material fluvioglaciar principalmente y aluviales conglomerados finos a medios.

#### *2.3.2.4. Montañas Altoandinas*

Regionalmente presentan variadas direcciones, dependiendo del tipo de roca, las estructuras geológicas que las afectan y la actividad Geodinámica del sector. Estas formas topográficas han sido modificadas por los glaciares, los flujos hídricos y las lluvias, las montañas presentan de moderada a fuerte pendiente, las cumbres son agrestes, sus laderas están conformadas por depósitos morrénicos, fluvial glaciares y coluviales, intercalados en zonas por afloramientos mayormente de rocas volcánicas y sedimentarias. Gran parte de línea de conducción eléctrica, atraviesa este tipo de geomorfología.

#### *2.3.2.5. Mesetas Altoandinas*

En el área de estudio se ha identificado la formación meseta altoandina lo cual se desarrolla sobre los 3810 m s. n. m., se caracteriza por presentar superficies de terreno elevado, plana o ligeramente ondulada con inclinación en una sola dirección y entallada por valles encajonados; esta unidad se encuentra bastante disectada por la red hidrográfica.

### *2.3.3. Geología General*

El área y la región en su conjunto se encuentran en la parte central de la cordillera sur andino occidental, específicamente en la parte central de la cadena volcánica del sur, configurando un ambiente típicamente vulcanológico, cuya conformación data del Terciario caracterizada por varias etapas de efusión (básicas y ácidas), siendo la última la efusión lávica del Barroso. En el área de influencia la estructura que conforma la base del medio físico de la micro cuenca del río Margaritani, geológicamente está conformado mayormente por formaciones volcánicas y sedimentarias continentales cenozoicas, comprendidas entre los periodos Terciarios y Cuaternarios, que han sufrido diferente grado de disturbamiento y alteración. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.6).

A continuación, se describe la secuencia estratigráfica:

#### *2.3.3.1. Terciario*

Grupo Puno (Ti-pu) Es la formación rocosa más antigua reconocida dentro de los límites del área de estudio, está constituida por estratos de arenisca conglomerádicas y brechas tufáceas de colores verde violáceos a abigarrados, con intemperismo de tonos claros. Los fragmentos rocosos son mayormente de naturaleza volcánica andesítica en matriz

renatufácea feldespática, aunque no se conoce la base de la formación se estima un espesor de 700 metros, unidad de edad eocénica-oligocénica (Terciario inferior) con depositación de tipo continental, también se relaciona con la denominada Formación Pichu de las zonas aledañas, el área del estudio aflora en poca extensión en las inmediaciones de la quebrada Margaritani del lado Oeste.

**Volcánica Tacaza (Ts-vt)** Las rocas que conforman esta unidad tiene considerable distribución en el sur del país y ocurren sobre el grupo Puno y debajo de la formación maure (fuera del área de estudio) y/o de los Volcánicos Barroso, esta formación regionalmente presenta 3 miembros definidos: inferior, medio y superior. El primero consiste mayormente de sedimentos clásticos continentales; el segundo principalmente de tufos riolíticos y el tercero de coladas andesíticas y tufos brechoides. En el área pueden reconocerse los niveles medio y superior, los cuales sin embargo no han sido individualizados. La parte inferior está constituida de tufo gris blanquecinos de naturaleza riolítica y dacitas con intercalaciones menores de aglomerados, areniscas y brechas volcánicas grises; mientras que la porción superior está constituida mayormente de derrames andesíticas y piroclásticas de naturaleza andesítica y dacítica con horizontes de brechas polimetálicas que han sufrido cierta disturbación y alteración en diferentes grados. A su vez constituye las unidades de mayor distribución, esta formación regionalmente es considerada como grupo de edad Miocénica (terciario medio-superior).

**Formación Capillune (Tp-ca)** La litología consiste en una serie sedimentaria lacustre, compuesta por conglomerados, areniscas, piroclásticos, limonitas y arcillas con coloraciones grises, blanco-amarillentas y verdosas. La uniformidad litológica y textural de la formación es frecuente en extensos afloramientos. Topográficamente, conforma pequeñas lomadas de cumbres más o menos horizontales, y mamelones esparcidos en la región o

conformando tierras bajas que cubren amplias zonas. Se encuentran en posición horizontal a ligeramente inclinadas sin ofrecer mayores deformaciones estructurales. Esta unidad está constituida por una serie alternante de areniscas arcósicas de grano fino pobremente diagenizadas con colores grises a amarillentos que mayormente se presentan en capas de 30 - 40 cm; arcillas blanco-amarillentas en capas delgadas; lentes de areniscas conglomerádicas dentro de una matriz tufácea, cuyos elementos son subangulosos a subredondeados; también es frecuente la ocurrencia de limolitas de color amarillento, en capas de 20 - 25 m; rocas piroclásticas consistentes en tufos líticos, lapilli y pómez, se presentan en bancos de carácter lenticular dentro de la secuencia.

**Formación Maure (Tp-ma)** Litológicamente, la formación maure está constituida por brechas, conglomerados, areniscas, tufos, limolitas y arcillas. La brecha es de origen volcánico y de color gris verdoso, las areniscas son de grano medio, color pardo-amarillento a rosado y fácilmente disgregables. Las areniscas conglomerádicas tienen coloración grisácea y matiz tufácea. Los tufos de composición dacítica o riolítica son de naturaleza lítica y presentan una coloración amarillenta a crema, tienen poca consistencia y abundantes inclusiones de pómez y otras rocas e intercalaciones de lechos de arcillas blanquecinas. Los conglomerados tienen esencialmente clastos de cuarcitas y andesitas.

Las rocas descritas ofrecen una topografía suave, constituyendo pequeñas colinas de laderas con pendientes moderadas. Excepcionalmente, en algunos valles se han distinguido paredes casi verticales. En el área, la secuencia estudiada suprayace en discordancia angular a las formaciones cretáceas, observándose en otros lugares sobre el Volcánico Tacaza, e infrayace a los tufos Sencca con débil discordancia. Estructuralmente, ofrecen pliegues simples observándose buzamientos entre 15° - 20° al noreste.

**Volcánico Barroso (TQ-vb)** Comprende un complejo de rocas volcánicas, inicialmente descritas por Wilson y García (1962) por su exposición típica en la Cordillera del Barroso (de donde forma el nombre). En el área ocupan las porciones más elevadas o cimas de las cadenas volcánicas que limitan el área, en especial en el lado Sur y Sur Este, donde aparecen sobreyaciendo a los Volcánicos Tacaza. Están constituidos principalmente por derrames lávicas de andesitas y riolitas grisáceos, con algunos horizontes conglomerádicos débilmente disturbados y alterados. Esta formación regionalmente considerada como Grupo de edad Pliopleistocénica (Terciario superior-Cuaternario).

#### *2.3.3.2. Cuaternario*

**Morrenas y depósitos Fluvio Glaciares (Qp – mfg)** Se considera a los diferentes depósitos de origen glacial y fluvioglacial que ocurren rellenando o tapizando los fondos y laderas bajas de la micro cuenca, como consecuencia de las últimas glaciaciones pleistocénicas. Su litología es variada, aunque dominantemente de naturaleza volcánica y volcánico-clástica, con intercalaciones de areniscas, arcillas y otros detritos, dispuestos en capas gruesas de débil compactación, con tonos grises blanquecinos amarillentos (por oxidación e intemperismo). Por lo general estos depósitos se encuentran muy disectados (tipo morrenas solifluidas), razón por lo que han sido suficientemente diferenciados, incluyendo a los materiales fluvioglaciares que ocurren aún más dispersos.

**Depósitos Glaciares (Qp-eg)** Se considera a las acumulaciones rocosas sueltas y/o termoclásticas que ocurren rellenando, tapizando las laderas o flancos de los picos montañosos más elevados, producto de la gelifracción y derrubiación de los paquetes volcánicos expuestos, favorecidos por la acción glaciaria (tipo morrénica). Son depósitos más o menos similares a los anteriores, diferenciados básicamente por su especial configuración, conformando taludes de escombros nivales de relativo poco transporte y cuya formación

virtualmente continúa hasta el presente. Los materiales conformantes son variados, dominantemente de naturaleza volcánica, algunos de ellos regularmente alterados por analogía con las formaciones rocosas originarias.

**Turbera Bofedal (Qr-bo)** Se encuentran en las áreas hidromórficas de los fondos de las quebradas o valles glaciales dominantes, formadas por acumulación de materiales no consolidados fango-arcillosos, con alto contenido de materia orgánica vegetal en proceso de turberización en ambientes acuosos e hidrofíticos de alta montaña. Áreas de pequeña extensión y por lo general denotan signos de deterioro avanzado (degradación), constituyendo sin embargo ambiente de alto potencial hidrogeológico y biológico; razón por la cual no serán ocupados o intervenidos en el desarrollo de ampliación del proyecto.

**Depósito Aluviales (Qr-fa)** Completando la secuencia estratigráfica se tiene los diferentes materiales del cuaternario reciente, de origen fluvial que se presentan en pequeñas extensiones en los fondos o lechos de los riachuelos principales como el Margaritani. Están constituidos mayormente de arenas, arcillas, gravas y eventualmente de cantos rodados conformando horizontes alargados y estrechos de poco espesor, tipo terrazas aluviales disectadas.

### *2.3.4. Geología Estructural*

El rasgo estructural más importante lo constituye el alineamiento volcánico del cerro Tucarirani de la parte central Este, cuya configuración al parecer está controlada por sistemas de fallas congruentes de dirección Este-Oeste. Las otras estructuras reconocidas corresponden mayormente a alineamientos de falla de rumbo dominante SE-NO, común al alineamiento andino, conjuntamente con otros sistemas menores y transversales de rumbo N-S a NE, que recortan las estructuras rocosas con grado variable de inclinación.

Posiblemente algunas de estas estructuras guardan relación con los procesos de alteración – mineralización del área. No resultan evidentes los sistemas de plegamientos, solo se observan pequeños “combamientos” y/o paquetes débilmente buzantes, asociados a capas del Grupo Puno y a algunas coladas del Grupo Tacaza. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.12).

### *2.3.5. Mineralización*

Se puede indicar que el área muestra signos de ocurrencia de procesos de alteración – mineralización reflejada por la presencia de un lado de alteración más o menos significativo desarrollado en paquetes del volcánico Tacaza. La alteración se evidencia por la presencia de mantos de oxidación superficial de tonos amarillentos a rojizos, con desarrollo de limonitas, hematitas y otros; conjuntamente con el desarrollo de otras formas de alteración hidrotermal (silicificación, argilización y otros), propios de yacimientos mineralizados comunes a estos ambientes. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.12).

### *2.3.6. Geomorfología*

El presente estudio trata las características más relevantes del área de influencia del proyecto, describiendo las formas fisiográficas dominantes de su relieve, considerando el origen, pendiente, litología y magnitud de las elevaciones topográficas. También se examinan los procesos erosivos que en la actualidad inciden en su morfología. Las unidades geomorfológicas del área de estudio presentan geoformas suaves a moderadas, los cuales están relacionadas a los diferentes procesos geológicos (volcánicos y sedimentarios) ocurridos entre el Jurásico al Cuaternario. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.13).

A continuación, se presenta las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio:

El área del depósito de desmonte y el Tajo Tucari, se encuentra localizados dentro de la microcuenca del río Margaritani; forman parte de la Cordillera Occidental, y específicamente de la Cadena Volcánica del Sur; a una altitud comprendida entre 4 600 y 5 200 m s. n. m., dicha cadena se caracteriza por estar formada por una sucesión de picos montañosos volcánicos de gran altitud, con diferentes grados de modelamiento. Actualmente no hay casquetes glaciares, por estar en proceso de regresión avanzado.

En el ámbito de estudio se han identificado tres sistemas morfogenéticos principales: fluvial, glaciar y volcánico; y siete unidades geomorfológicas con sus respectivas sub unidades.

- **Sistema Fluvial:** Está constituido por las geoformas originadas por la escorrentía, generada mayormente por la acción pluvio-glaciar, dentro de este sistema se puede diferenciar las unidades río, fondo fluvio-aluvial y bofedales.
- **Sistema Glaciar:** Como consecuencia de los últimos periodos glaciares, la escorrentía producida por el deshielo de los casquetes glaciares, hoy extinguidos en su mayoría, han producido un profundo modelamiento de la cadena montañosa, pudiéndose identificar algunas unidades geomorfológicas típicas como: valle glaciar, superficie de excavación y acumulación glaciar y fluvioglaciar.
- **Sistema Volcánico Estructural:** La microcuenca del río Margaritani está dominada en su mayor extensión por un sistema volcánico, modelado por la acción glaciar concomitante, Se puede diferenciar seis unidades:

- **Terrazas y colinas:** que son geoformas relativamente pequeñas que ocurren en las partes bajas o fondos y laderas de la micro-cuenca, según su configuración morfogenética pueden constituir: áreas de deposición y colinas denudadas.
- **Terrazas estructurales:** representadas por unidades de deposición más o menos pequeñas y alargadas que ocurren adyacentes a los fondos aluviales del sector Oeste, ubicadas en las areniscas del grupo Puno y en algunos derrames horizontales (con talud y corte pronunciado) del volcánico Tacaza.
- **Colinas denudadas:** que resultan del desgaste acentuado del substrato rocoso, mayormente volcánico, poco disturbado estructuralmente; vienen a ser las geoformas de erosión de relieves bajos, con laderas suaves y diferente grado de disección. Son de poca extensión y por lo común están afectadas por escorrentía laminar y difusa.
- **Cadena Volcánica Glaciar:** corresponde a las unidades más elevadas del sistema montañoso, comprende tanto a las cadenas o montes volcánicos primarios, como también a los ambientes subordinados o adyacentes parcial o totalmente cubiertos de materiales de acumulación o escombros nivales.
- **Montes Volcánicos Primarios:** que son afloramientos rocosos de mayor altitud, producto de las efusiones de los volcánicos Tacaza y Barroso y que a su vez han sido profundamente modelados por la acción glaciar que sobrevino a dichos episodios. Su litología dominante corresponde a andesitas, riodacitas y brechas alteradas en diferentes grados, permaneciendo expuestas básicamente por su gran altitud y competencia.
- **Laderas de Escombros Montañosos Glaciares y Periglaciares:** son las porciones adyacentes inferiores de las geoformas anteriores,

correspondientes a los flancos o laderas de macizos montañosos más elevados, caracterizados por estar cubiertos con materiales sueltos de acumulación glaciar (tipo morrénica) y/o derrubios, producto de la gelifracción de los afloramientos rocosos volcánicos (por cambio brusco de la temperatura), favorecida por la topografía de fuerte pendiente y las condiciones climáticas imperantes.

### *2.3.7. Suelo*

El suelo es considerado como un cuerpo natural perfectamente diferenciado, es uno de los elementos ambientales de mayor sensibilidad frente a los procesos naturales y acciones antrópicas. La evolución genética del suelo, su morfología y características físicas, químicas y biológicas, están determinadas por la acción de los factores de formación y procesos edafogénicos, los cuales marcan las características actuales de los suelos, así como de su uso potencial.

La caracterización del recurso suelo del ámbito del Proyecto, se realizó sobre la base de las características morfológicas, físicas, químicas y biológicas de los diferentes horizontes que lo conforman, a nivel semidetalle. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.15).

#### *2.3.7.1. Características Edáficas*

- **Características generales de los suelos:** El ambiente agrupa suelos de rocas intrusivas, así mismo algunos suelos se han derivado a partir de materiales glaciofluviales; por tanto, se han encontrado en el área de estudio suelos del orden de los entisols, mollisols y andisols. Los suelos son medianamente ácidos, de tipo franco arenosa a arena franca, moderadamente profundos sin desarrollo genético.

- **Clasificación Natural de los Suelos:** Muestran los subgrupos de suelos identificados en el área de estudio, correspondiente al Plan de Cierre de la Unidad Minera Tucari, Empresa Aruntani S.A.C así mismo, se muestran las consociaciones (unidades cartográficas) y asociaciones con la superficie que ocupa con su respectivo porcentaje en base al área de estudio.

#### *2.3.7.2. Capacidad de Uso de la Tierra*

Este sistema de Capacidad de Uso Mayor comprende tres categorías de clasificación: grupo, clase y subclase.

El grupo es la categoría que representa la más alta abstracción agrupando los suelos de acuerdo a su máxima vocación de uso, Reúne suelos que presentan características y cualidades similares en cuanto a su aptitud natural para la producción, ya sea de cultivos en limpio o intensivos, cultivos permanentes, pastos y producción forestal, constituyendo el resto a fines de protección.

En el segundo nivel categórico reúne a unidades de suelo según su calidad agrológica dentro de cada grupo, la calidad agrologica viene a ser la síntesis de las propiedades de fertilidad, condiciones físicas, relaciones suelo agua, las características de relieve y climáticas, dominantes.

La sub clase de Capacidad de Uso Mayor constituye la tercera categoría establecida en función a factores limitantes, riesgo y condiciones especiales que restringen o define el huso de las tierras, lo importante en este nivel categórico es puntualizar la deficiencia o condiciones más relevantes como causal de la limitación de uso de las tierras.

### *2.3.7.3. Uso Actual*

El uso actual del suelo del área de influencia se basa en los lineamientos establecidos por el Sistema de Clasificación de Uso de la Tierra propuesto por la Unión Geográfica Internacional (UGI), y su representación cartográfica.

La información obtenida fue agrupada en cuatro categorías de uso de la tierra, dentro de las cuales se ha determinado siete subclases de uso actual, en las cuales se puede diferenciar la interacción de categorías para generar áreas de mixtura de pasturas con áreas improductivas de escasa vegetación o sin vegetación, de acuerdo a la predominancia de los componentes dentro de las unidades identificadas en el área de estudio.

### *2.3.7.4. Descripción del Sub Clases de Uso de Actual*

**Terrenos con actividades mineras (Tam):** Ocupa una superficie de 302 ha., equivalente al 16 % del área de estudio. En la zona de estudio se considera básicamente a las instalaciones de la empresa ARUNTANI S.A.C, tales como oficinas, almacenes, mantenimiento y maestranza.

**Figura 3**

*Terrenos de Instalaciones de la Empresa Aruntani S.A.C.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Terrenos con bofedales (Tb);** Ocupa una superficie de 41 ha., equivalente al 3 % del área de estudio, el cual corresponde a las formaciones vegetales ubicadas en suelos hidromórficos sobre la parte basal de las laderas de montañas y la planicie fluvio glacial y aluvial principalmente margen izquierda de la quebrada Apostolone (fuera del área del proyecto), desde la parte alta próximo al cerro Santo Coronado hasta la parte baja donde confluye con la quebrada Matarani.

**Figura 4**

*Terrenos con Bofedales de la Empresa Aruntani S.A.C.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Terreno con Pastos Naturales y Terrenos con Escasa Vegetación (Tsv-ve);** Ocupa una superficie de 277 ha., equivalente al 15 % del área de estudio, esta unidad de uso de la tierra se localiza en las partes altas de la zona de estudio, por encima de los 4 800 m s. n. m., aproximadamente, en las cimas y laderas de montañas, con presencia de afloramientos rocosos.

En esta unidad se observa predominancia de pastos naturales del tipo tundra y pajonal comparativamente a los terrenos sin vegetación. En las zonas con vegetación natural

los suelos son superficiales a moderadamente profundos, en algunos casos con presencia de fragmentos rocosos como gravas, de textura moderadamente gruesa y de reacción moderadamente ácida, mientras que, en las zonas con predominancia de afloramiento rocoso y tierras sin aptitud agrícola, casi no existe vegetación tipo pasturas, solo se observa vegetación esporádica muy disperso solo en pequeñas zonas donde la roca es meteorizada y colonizada por líquenes.

**Figura 5**

*Terreno con Pastos Naturales y Terrenos con Escasa Vegetación*



*Nota.* Elaboración propia.

**Terreno sin Uso y/o Improductivos;** Estas tierras están referidas a los cauces de los ríos y quebradas, tales como las quebradas Apostolote y Margaritani y al río Margaritani. Asimismo, con mayor predominancia en el área de estudio, a las laderas de montañas, especialmente en las partes más abruptas, donde aparece la roca visible, afloramientos líticos o los depósitos de derrubios de rocas que al meteorizarse se deslizan pendiente abajo.

**Terrenos sin Vegetación o Terrenos con Escasa Vegetación (Tsv);** Esta unidad corresponde a los terrenos localizados tanto en la parte alta como en la parte baja de la zona

de estudio. Ocupa una superficie de 1208 hectáreas equivalente al 66 % del área de estudio. En la parte alta la inexistencia de vegetación, se debe a la presencia de afloramientos rocosos y a depósitos de derrubios de origen coluvial o glacial, donde el poco suelo que se forma se pierde con el agua de escorrentía y efecto de la gravedad.

En las zonas cercanas a las formaciones nivales las bajas temperaturas limitan aún más el desarrollo de especies vegetales. En la parte baja debido a la escasa precipitación los terrenos carecen de vegetación, mayormente corresponden a las laderas de montañas y colinas, de material coluvio-aluvial y residual, donde las pendientes son mayores de 15%, existiendo en algunos casos afloramientos rocosos (roca viva). También se incluye a los terrenos de pequeñas quebradas con cursos de agua esporádicos, de material coluvio-aluvial, con pendientes entre 0 y 15% de pendiente. También se atribuye a esta unidad los terrenos localizados tanto en la parte alta de la zona de estudio, localizado sobre los 5000 msnm., que, constituyendo las zonas nivales, en los cuales el clima muy frío y seco y el relieve escarpado imposibilitan la proliferación de especies vegetales.

### *2.3.8. Geodinámica Interna*

La evaluación de la geodinámica interna en el área de estudio está asociada a la actividad sísmica. Para lo cual se ha considerado la evaluación de la sismicidad histórica e instrumental existentes en el área de la Unidad Minera Tucari. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.26).

#### *2.3.8.1. Sismicidad*

El área se encuentra en una zona sismo-tectónica activa, debido al cabalgamiento de la placa tectónica sudamericana sobre la placa tectónica de Nazca. Los sismos que ocurren en la región, son muy profundos, por lo que sus efectos en superficie son bajos. Sin embargo,

pueden ocurrir sismos de intensidad media, o sea, sismos de grado V a VI, en la escala de intensidad de Richter.

En la región se presentan procesos periglaciales, eventualmente flujos de lodo y caída de rocas en las laderas escarpadas, los ríos ofrecen riesgo de erosión fluvial de riveras, etc. En relación a estos procesos se puede afirmar que, de los componentes del cierre, el PAD especial y las pozas de solución presentan riesgo de caída de rocas, al igual que las instalaciones que están al pie del tajo, los demás componentes, no están afectados o no están en riesgo de ser afectados por procesos de geodinámica externa.

#### *2.3.8.2. Geodinámica Externa*

En el área de mina, la formación y desarrollo de fenómenos de geodinámica externa están condicionados a los factores que determinan su intensidad, magnitud y frecuencia.

Las causas principales que determinan el origen y ocurrencia de los fenómenos de geodinámica externa o procesos geológicos contemporáneos, son los factores morfológicos, geológicos, climáticos, sísmicos y antrópicos. Los factores litológicos están constituidos por la presencia de rocas volcánicas e intrusivas, que se encuentran cubiertas por escasa y discontinúa cobertura de depósitos cuaternarios; estas rocas en los afloramientos y cerca de la superficie, se encuentran con variados grados de dureza, alteración y fracturamiento. Los depósitos cuaternarios presentan diferentes características texturales, composición mineralógica, coeficientes de dilatación, espesores, parámetros geotécnicos; que hacen que tengan diferentes comportamientos frente a los agentes activadores de desestabilización. Los factores morfológicos, son las características del relieve de la superficie, que expresan el nivel de desarrollo alcanzado en el proceso evolutivo.

Las pendientes, amplitud, profundidad de las geoformas en el área de la mina, nos muestran el grado de equilibrio de los materiales que lo constituyen y los mecanismos de procesos morfodinámicos que se desarrollan en dichas superficies. Los factores climáticos, como los cambios de temperatura, humedad, precipitaciones y otros, según la ocurrencia; intervienen y participan de las condiciones ambientales del área donde se encuentra la mina, determinan la velocidad de meteorización de las rocas; la manifestación esporádica y estacional de las lluvias desencadenan otros procesos. Los factores antrópicos, están determinados por todas las actividades mineras, estas actividades alteran y rompen el equilibrio del medio natural, en el área de la mina la exploración y explotación de los minerales, determinará excavaciones en algunos casos con taludes no adecuados, así como la acumulación y sobrecarga de desmontes de mina en lugares no aparentes. Los principales fenómenos.

- **Caída de fragmentos de rocas:** Se manifiestan en laderas rocosas con pronunciadas pendientes o laderas escarpadas, donde las rocas afloran muy alteradas, fracturadas y meteorizadas, que se desestabilizan favorecidas por la gravedad, a consecuencia de los procesos de distensión, cambios bruscos de temperatura y durante los periodos de precipitación. Este fenómeno se ha observado principalmente en el cerro Tucarirani, debido a que los taludes son afectados por las vibraciones sísmicas o voladuras que causan la desestabilizan; como consecuencia, originando depósitos coluviales; estos mismos fenómenos se manifiestan en algunos cortes donde los taludes rocosos pronunciados.

  En cuanto a otras áreas como son los cerros Santo Coronado y Corini y el nevado Cerca, se ha observado que este fenómeno ocurre en menor escala, debiéndose en este caso a que las laderas rocosas se encuentran expuestas a agentes de interperismo que actúan causando la desestabilización de los taludes rocosos.

- **Erosión de Laderas:** Dentro del área de influencia indirecta en los cerros cercanos al área de emplazamiento de la mina, se observa huellas de erosión de laderas que afectan principalmente a la cabecera de las quebradas Apostoloni y Margaritani y Vilanerani, estos fenómenos están condicionados por la escasa cobertura vegetal, pendientes pronunciadas, alto grado de fracturamiento y notoria meteorización de las rocas ígneas que se hallan en estos lugares; la erosión comienza con la desintegración y caída por gravedad de los materiales, siguiendo el talud de las quebradas; como consecuencia de este fenómeno al final o pie de las quebradas se encuentran pequeños depósitos en forma de conos deyectivos.
- **Acumulación de Nieve:** En toda el área de estudio (área de influencia directa) no se ha registrado la presencia de glaciares, sin embargo, estacionalmente ocurre la precipitación sólida originando la acumulación de nieve. Lo cual ocurre en los cerros aledaños como el Tucarirani, Apostolone, Santo Coronado y el Nevado Cerca. La acumulación de nieve favorece el fenómeno de ablación que actúa como agente erosivo.
- **Pequeñas inundaciones:** En el área de influencia directa se ha determinado que no hay probabilidad de ocurrencia de áreas inundables que podrían amenazar con el desbordamiento por efecto de sobre acumulación de aguas pluviales o por efecto de sismos. Sin embargo, se ha identificado que en el área de influencia indirecta en la quebrada Vilanerani, aguas arriba de las lagunas Vilanerani y Chamapajta existe una planicie considerada como depósitos palustres. La cual en época de lluvias suele inundarse debido a la sobre saturación del medio, dando lugar a la formación de un medio fino fangoso.

### *2.3.9. Clima y Meteorología*

Los principales parámetros climáticos que definen o caracterizan el clima de la zona de estudio son la precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad de viento. La descripción climatológica es producto del análisis de la información meteorológica registrada en las estaciones cercanas al proyecto y que guardan relación con la altitud, latitud y tipo de desarrollo vegetativo. La Unidad Minera Tucari hidrográficamente se ubica en la cuenca alta del río Tambo, en la subcuenca del río Aruntaya, específicamente en la microcuenca Margaritani, entre las quebradas Apostoloni y Margaritani. La caracterización climática del área de estudio presenta influencia altiplánica, aproximadamente el 75% del total anual de las precipitaciones son producidas durante los meses de diciembre a marzo.

En general, la precipitación anual es superior a 600 mm en el rango de altitudes que comprende la zona de influencia del proyecto. La Temperatura, registra variaciones con una tendencia decreciente de forma directamente proporcional a la altitud y proximidad al Lago Titicaca, como ocurre en la zona donde se encuentra ubicada Unidad Minera Tucari. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.31).

### *2.3.10. Temperatura*

La temperatura media mensual registrada en la estación Tucari durante los meses de verano oscila entre 3.60 ºC y 4.70 ºC, mientras que en invierno los meses más fríos fueron junio y julio con temperaturas de 1 ºC. La temperatura máxima media mensual en la estación Tucari se registró en el mes de Noviembre (10 ºC).

### *2.3.11. Precipitación*

La precipitación muestra regímenes de variabilidad bastante acentuados en la zona del estudio, aumentando con la altitud. Esta se origina de las masas de aire tropical con alto contenido de humedad, provenientes de la cuenca amazónica, las cuales son elevadas por los vientos del noreste sobre la cordillera de los Andes traspasando el macizo andino para finalmente dar origen a las precipitaciones pluviales. La zona del proyecto, por encontrarse en la altiplánica este del país, tiene un régimen de precipitaciones muy variable, en el que se esperan meses secos (época de estiaje) y meses con abundante precipitación (época de avenidas).

## 2.4. ÁREA DEL PROYECTO Y AMBIENTES BIOLOGÍCOS

### *2.4.1. Regiones Ecológicas y Hábitat*

#### *2.4.1.1. Ecología*

El área de estudio es fundamental en la determinación de las interrelaciones entre los componentes que conforman los ecosistemas y hábitats presentes en zonas aledañas para realizar mediciones comparativas con las áreas en donde se han desarrollado las actividades mineras. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.62).

#### *2.4.1.2. Zonas de Vida*

De acuerdo a las características de temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial, además, las comunidades vegetales y animales contribuyen en la identificación de las formaciones naturales. De acuerdo al mapa de las zonas de vida o formaciones

ecológicas, efectuado mediante el sistema elaborado por Leslie R. Holdridge, el mismo que se basa fundamentalmente en dos elementos de clima: precipitación pluvial y temperatura, complementados con observaciones en el campo considerando elementos fisiográficos, vegetación natural, cultivos agrícolas, entre otros, se ha podido identificar dentro de la zona de influencia del proyecto una Zona de Vida Natural de acuerdo al Mapa Ecológico del Perú (Inrena 1994).

#### *2.4.1.3. Flora*

La flora en el Área de Concesión, las características abióticas (topografía, suelos, altitud sobre el nivel del mar, temperatura, vientos, precipitación, entre otras) presentes en la zona de estudio permiten el desarrollo de una vegetación característica que permite realizar una diferenciación de los ambientes que ocupan.

#### *2.4.1.4. Bofedales*

Se constituyen el 4% de la zona de estudio el cual se desarrollan en las partes bajas de las laderas y en el fondo del pequeño valle, los suelos son de tipo hidromórfico, y sobre el mismo se desarrolla una vegetación compacta conformada de juncaceas y gramíneas de tallo bajo, predominando las especies “champa” Distichia muscoides y "uma sutu" Luzula peruviana, L.racemosa, Liliaeopsis andina, asimismo se puede encontrar al “crespillo” Calamagrostis vicunarum, “cuncush cuncush” Werneria pygmaea, “pupa” Cardionema ramosisima, “taksana” Pycnophyllum molle, “grama salada” Disthiclis humilis que crecen y se desarrollan en substrato orgánico formado con el transcurrir del tiempo por las especies anteriormente indicadas.

En las depresiones del terreno se forman unos pequeños espejos de agua en las cuales predominan especies fito y zooplanctonicas, organismos importantes en la formación de la cadena trófica.

**Figura 6**

*Verificación de Espejos de Agua en Épocas de Precipitaciones Pluviales*



*Nota.* Elaboración propia.

### *2.4.1.5. Tierras Alto andinas Sin Vegetación*

Representa el 26 % de la zona de estudio, abarcando las cumbres de los cerros y las fuertes pendientes, en las cuales la acción del intemperismo y los procesos de deglaciación que se vienen dando, se encuentran desnudas de vegetación, los suelos están conformados por piroclastos finos, los que en conjunción asociados al proceso de glaciación provocan un suelo inestable que no permite el desarrollo de vegetación, pues éste no retiene humedad. No existe ninguna especie vegetal presente en estas áreas. Su potencial está dado por ser reservas naturales de recurso hídrico almacenado en forma de hielo y nieve temporal.

**Figura 7**

*Formación de Capas de Nieve*



*Nota.* Elaboración propia.

### *2.4.1.6. Fauna*

La zona alta andina muestra varias adaptaciones a las condiciones peculiares de altura, la más importante es protegerse de las extremas temperaturas, para ello algunas especies cavan sus madrigueras o buscan su comida dentro del suelo. La poca profundidad y pedregosidad del suelo son limitantes para la fauna endógena, algunas especies hibernan y otras prefieren migrar hacia lugares menos fríos, las grandes extensiones del altiplano han determinado, además de las adaptaciones al frío, la especialización de animales corredores, como ejemplo se tiene a los camélidos sudamericanos como la llama (Lama glama) y el Guanaco (Lama Guanicoe) y entre las aves corredoras se tiene a las perdices Nothoprocta spp.

### *2.4.1.7. Recursos Hidrobiológicos*

En gran parte de la Zona Altoandina (centro y sur del país), las bofedales se forman por el flujo hídrico permanente proveniente de los deshielos, lagunas y afloramientos subterráneos, así como por las precipitaciones estacionales que ocurren directamente sobre dichos ámbitos. Estas condiciones permiten que en estos ámbitos se desarrollen cierto tipo de vegetación propia de estas condiciones hídricas.

Las bofedales y otro cuerpo permiten el desarrollo de organismos unicelulares y pluricelulares que conforman la base de la cadena trófica de la vida que se desarrolla en estos ambientes, estos organismos presentan determinadas adaptaciones a los diferentes ambientes acuáticos. En la zona de estudio las bofedales de las quebradas Margaritani y Apostoloni, presentan pequeños afloramientos que permiten la conformación de cuerpos de agua en donde el desarrollo de la vida acuática es más intenso. La presencia y abundancia de determinadas especies permiten identificar la calidad del agua, así como la calidad del ambiente acuático. Por las condiciones químicas del agua, con fuerte presencia de metales que le dan características particulares, el fito y zooplancton son escasos, debido justamente a estas características químicas del agua, por el pequeño caudal de agua que discurren por las quebradas del área de estudio y los lechos pedregosos no se puede muestrear los fondos del lecho de las aguas.

## 2.5. AMBIENTE SOCIO-ECONÓMICO Y CULTURAL

El estudio de los componentes del medio socioeconómico y cultural es de gran importancia ya que es una herramienta para poder determinar los diversos componentes de este medio, entre los que destacan las características socioeconómicas de la población basándose en indicadores y variables demográficos, sociales, económicos y culturales como

son población total, distribución de la población, servicios básicos, logro educativo, tasa de natalidad, población económicamente activa, entre otros, obtenidos de fuentes primarias (Diagnósticos Sociales Participativos, Entrevistas a los líderes de las comunidades, Gobierno Local, administradores de programas de apoyo social) y fuentes secundarias (Censos de Población y Vivienda 2007 y publicaciones especializadas).demografía, servicios básicos, principales actividades económicas, entre otras.(Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.75).

### *2.5.1. Demografía*

#### *2.5.1.1. Comunidades*

El área de influencia socioeconómica directa del Plan de Cierre de la Unidad Minera Tucari de la empresa Aruntani S.A.C. está comprendida en el departamento de Moquegua. Se encuentra en el área de influencia de la unidad minera el centro poblado Titire (distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua) y el centro poblado Aruntaya (ubicada en el distrito de San Cristóbal, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua), población que en su mayoría se dedican a la ganadería y últimamente están iniciando con éxito la crianza de truchas. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.77).

#### *2.5.1.2. Origen étnico, identidad y asentamiento*

Sobre el origen étnico, la población de las comunidades afectadas por el cierre de la Unidad Minera Tucari son en su mayoría descendientes de los antiguos “Aymaras” que dominaron el sur del actual departamento de Cusco y el Norte de Bolivia. En cuanto a la identidad, la población del área de influencia del cierre de la Unidad Minera Tucari se encuentran identificados con su lugar de residencia en vista que reproducen su acervo

cultural (música, danzas, platos típicos y sobretodo la lengua Aymara que une a todos los pueblos de esta región del país. En lo referente al asentamiento, la mayoría de las localidades son predominantemente rurales y sus viviendas se encuentran medianamente concentradas en los centros del pueblo. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.78).

### *2.5.2. Población y Densidad*

#### *2.5.2.1. Población*

Se concluye que en el área de influencia en términos relativos se aprecia una tendencia a la disminución de la población, debido a la acelerada migración del campo a la ciudad y la disminución de la Tasa Global de Fecundidad. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.78).

#### *2.5.2.2. Acceso y Uso de Recursos*

Las tierras en su mayoría de las propias comunidades cercanas al área de influencia del Plan de Cierre de la Unidad Minera Tucari. Estas aún no se han dividido (parcelado) las tierras entre los comuneros como ocurre en otras zonas del país (sobre todo agrícolas). Esta situación se debe principalmente porque la actividad principal es la ganadería que necesita grandes espacios geográficos para que los animales puedan comer sus pastos. Por eso prevalece la propiedad comunal de las tierras, aunque las propiedades de las tierras no están saneadas legalmente ni registradas en los registros públicos. (Geoservice Ingenieria, PCM Aruntani, cap. III, p.86).

## 2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Actividad económica:** Es la creación de valor agregado mediante la producción de bienes y servicios en la que intervienen la tierra, el capital, el trabajo y los insumos intermedios. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.6).

**Actividades auxiliares:** Son actividades que facilitan las actividades principales o secundarias y generan productos destinados siempre al consumo intermedio de la propia entidad, en consecuencia, no se registran de manera independiente. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.6).

**Agua de drenaje de mina:** Aguas que se bombean de los frentes de trabajo de minería, bien sea a cielo abierto o subterráneas. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.7).

**Análisis técnico:** Análisis que trata de prever el movimiento futuro de los precios de los instrumentos financieros con base en series históricas de precios y volúmenes de negociación. Trata de identificar tendencias a partir de la representación de la evolución histórica en gráficos, para así determinar el momento indicado para invertir. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.13).

**Berma:** Cara superior de un escalón (banco) de una explotación a cielo abierto construido para ser utilizado como vía de acceso, como barrera para detener rocas o material suelto desprendido o para mejorar la estabilidad del talud. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.21).

**Campamento:** En minería, Una colonia de mineros asentados temporalmente cerca de una mina o a un distrito minero. Instalaciones donde pernocta el personal que labora en una mina. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.25).

**Cierre de Minas**: Es la cuarta y última etapa del ciclo minero y es cuando una mina termina sus operaciones. Los minerales son recursos no renovables, esto quiere decir que en algún momento se van a acabar. Por eso, todas las operaciones mineras tienen un tiempo de vida, que termina con la etapa de cierre de minas. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.31).

El cierre de una mina puede durar varios años. Se debe planificar con anticipación, desde que comienzan las actividades mineras para evitar que queden sitios contaminados o pasivos ambientales.

Durante la operación minera, también se realizan cierres parciales o progresivos cada vez que un área de trabajo deja de ser utilizada. Cuando se cierra una mina la empresa minera debe realizar las acciones necesarias para que quede un ambiente saludable, seguro y apropiado para la vida de las comunidades. Este proceso se llama rehabilitación.

**Control de polvos:** Conjunto de medidas adecuadas para mantener las emanaciones de polvo respirable, dentro de la norma vigente, tanto dentro del área de trabajo del tajo abierto o cantera, como en el ambiente circundante. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.40).

**Estabilidad del talud:** Es la resistencia de cualquier superficie inclinada, como las paredes de una mina a cielo abierto o los cortes de taludes, a fallar. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.61).

**Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.):** Documento técnico que debe presentar el titular del proyecto del cual se efectuará la declaración de impacto ambiental, que es recopilado antes de iniciar un proyecto; este estudio examina los efectos que tendrán las actividades del proyecto sobre las áreas circundantes naturales de un terreno. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.64).

**Evaluación de impacto ambiental:** Estudio técnico de carácter multidisciplinario, encaminado a predecir, identificar, valorar y corregir los efectos o impactos ambientales que sobre el medio producen determinadas obras, instalaciones y actividades. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.65).

**Fauna:** Conjunto de los animales de un país o región. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.71).

**Flora:** Conjunto de especies vegetales que pueblan determinados territorios o ambientes. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.71).

**Infraestructura civil de una mina:** Hace referencia a los espacios locativos con que cuenta la mina y que sirve de apoyo para desarrollar las labores mineras. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.85).

**Infraestructura minera:** Conjunto de bienes, instalaciones y servicios establecidos (agua, pozos sépticos, acueducto, energía, otros), básicos para el normal desarrollo de una operación minera. La infraestructura minera, como un todo, constituye un gran sistema compuesto por subsistemas, que deben considerarse desde diferentes puntos de vista y no exclusivamente desde el económico. Un subsistema importante es, por ejemplo, el transporte, que está compuesto por caminos, carreteras, vías férreas, aeropuertos, puertos, entre otros, e incluye vehículos, instalaciones y otros muchos bienes más y, desde luego, organizaciones que incluyen a las personas que las manejan. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.85).

**Medida de seguridad:** Se entiende toda disposición, condición o procedimiento destinado a garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.99).

**Método de explotación por tajo abierto:** Sistema de explotación caracterizado por el uso de bancos o cortes escalonados y que es propicio para las vetas cercanas a la superficie y de gran magnitud, que tienen una capa de material estéril de mediana importancia. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.104).

**Minería a cielo abierto:** Actividades y operaciones mineras desarrolladas en superficie. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.109).

**Minería legal:** Es la minería amparada por un título minero, que es el acto administrativo escrito mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo mineros de propiedad nacional, según el Código de Minas. El título minero deberá estar inscrito en el Registro Minero Nacional. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.109).

**Monitoreo ambiental:** Evaluaciones que se efectúan sobre determinadas variables del medio ambiente donde se desarrolla un proyecto o una obra, a través de indicadores específicos, por medio de los cuales se pueden identificar los cambios que está generando el proyecto o la obra. El monitoreo ambiental facilita datos que permiten conocer y controlar las posibles afectaciones que el proyecto pueda estar causando en el medio ambiente. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.112).

**Plan de Cierra de Minas:** Es el documento que contiene las acciones ambientales, sociales y legales que la empresa minera realizará para cerrar la mina de manera correcta. Para poder realizar actividades mineras es obligatorio presentar un Plan de Cierre. El Plan es aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y por el Ministerio de Energía y Minas. (Cierre de minas 4, p.3).

El Plan de Cierre debe incluir medidas para:

- El cierre progresivo de las instalaciones o zonas que se van dejando de trabajar durante la operación de la mina.
- El cierre temporal en caso sea necesario detener las actividades por algún motivo no previsto.
- El cierre total o definitivo cuando ya no se explotará más la mina.

**Plan de desmantelamiento y clausura de la mina:** Plan que se pone en marcha tras finalizar la vida productiva de las explotaciones mineras, el cual incluye el desmantelamiento y la demolición de las instalaciones que no cumplen ninguna función, el acondicionamiento de las bocaminas y los tambores de ventilación, y la restauración de los depósitos de estériles, con miras a eliminar posibles fuentes de contaminación de las aguas, riesgos de accidentes, erosión de los terrenos, entre otros. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.122).

**Plan de Manejo Ambiental (PMA):** El Plan de Manejo Ambiental es un instrumento de gestión eminentemente práctico, en el que de manera detallada se establecen las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo de un proyecto, una obra o una actividad; incluye también los planes de seguimiento, evaluación y monitoreo, y los de contingencia. Se diferencia de los estudios de EIA en que éstos son estudios prospectivos que se elaboran para acciones proyectadas, mientras que el PMA tiene como base un escenario real, intervenido, sobre el cual están ocurriendo impactos perfectamente identificables, en la mayoría de los casos. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.126).

**Plan de rehabilitación ambiental:** Conjunto de acciones y técnicas con el objetivo de restaurar condiciones ambientales originales o mejoradas sustancialmente en sitios

contaminados o degradados como consecuencia de actividades humanas. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.126).

**Proceso Merrill – Crowe:** Proceso de recuperación del oro que se encuentra disuelto en la solución rica. El proceso comprende tres etapas: la primera, una etapa de clarificación para eliminar cualquier partícula sólida que se encuentre suspendida en la solución. La segunda etapa consiste en desoxigenación de la solución mediante el uso de bombas de vacío. Finalmente, la tercera etapa consiste en la precipitación del oro con polvo de cinc metálico en donde el cinc reemplaza al oro que se encuentra en solución. El proceso finaliza con el filtrado de la solución para la obtención de un concentrado rico en oro. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.131).

**Reforestación:** Plantación de bosques en tierras donde históricamente habían existido, pero que sufrieron un cambio en su uso. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.137).

**Rehabilitación:** Acciones destinadas a devolver a los terrenos degradados la posibilidad de soportar uno o más usos del suelo, sin perjuicio del medio ambiente. (Glosario Técnico, Colombia,2015, p.138).

# CAPÍTULO III

# 3. MARCO METODOLÓGICO

## 3.1. TIPO Y DISEÑO

La presente investigación tiene una finalidad **Aplicada**, el diseño de investigación según el método de manipulación de datos es **Cuantitativo**.

El diseño de la presente investigación, es del tipo **no experimental**, el tipo de diseño a utilizarse es **Transversal Descriptivo,** ya que se recolectarán datos de compactación realizados con método cono de arena en un momento determinado, con el propósito de analizar y determinar la factibilidad del material **clay.**

Método de la investigación: La metodología que se emplea para la presente tesis es la de **Hernández Sampieri, (2014)** la presente investigación cuenta con variables numéricas como la media aritmética para la obtención de resultados de compactación promedio del material Clay.

## 3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

### *3.2.1. Descriptivo*

El nivel de investigación para el siguiente estudio es **Descriptivo**, puesto que el propósito de los objetivos planteados es que la compañía minera pueda ver las características del material Clay, para determinar la estabilidad física y geoquímica que permita garantizar

que, en los años siguientes después del cierre de mina, no haya problemas ambientales en la zona afectada por la actividad minera.

## 3.3. AMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL

### *3.3.1. Ámbito Temporal*

La presente investigación es un tema de mucha importancia en la actualidad, el desarrollo de la presente investigación fue llevado a cabo desde el mes de Junio del año 2019; se han recogido datos de pruebas de campo para la investigación, principalmente entre el periodo comprendido de agosto a octubre 2017, pudiendo extenderse a referencias que comprendan fechas ajenas a estas temporalidades lo que no significa una extensión en el ámbito temporal, los datos recogidos son específicamente del área afectada de concesión de la mina Aruntani S.A.C.

### *3.3.2. Ámbito Espacial*

La investigación se enfoca en un plan de cierre de minas, aplicando un material Clay impermeable en botaderos y Pad de lixiviación de la Unidad Minera Tucari, empresa Aruntani S.A.C., que se ubicada en la jurisdicción de Carumas, Provincia Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua, en altitudes que varían entre 4600 y 5200 m s. n. m., una de las inquietudes era realizar la delimitación espacial, y fijar el área en la que se hizo la presente investigación, esto se realizó en función a la adquisición de información de interés, este plan de cierre de minas está destinado a adoptar las medidas necesarias durante el plan de cierre de mina, con la finalidad de mitigar los efectos adversos del área perturbada por la actividad minera.

## 3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

### *3.4.1. Variable Independiente*

Aplicación de material Clay Impermeable en los botaderos y Pad de lixiviación de la concesión minera de la mina Aruntani S.A.C.

**Indicador:**

Tipo de suelo según SUCS

### *3.4.2. Variable Dependiente*

Determinar la Estabilización Física, Estabilidad Geoquímica y Restablecimiento de la forma del terreno en los botaderos y Pad de lixiviación de la concesión minera de la mina Aruntani S.A.C.

**Indicador:**

Grado de compactación del material Clay

## 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

### *3.5.1. Población*

El presente trabajo de investigación tiene como unidad de análisis poblacional toda la zona de interés de la concesión minera de la Mina Aruntani S.A.C., representado un total de 500 hectáreas lo cual se constituye en nuestra población.

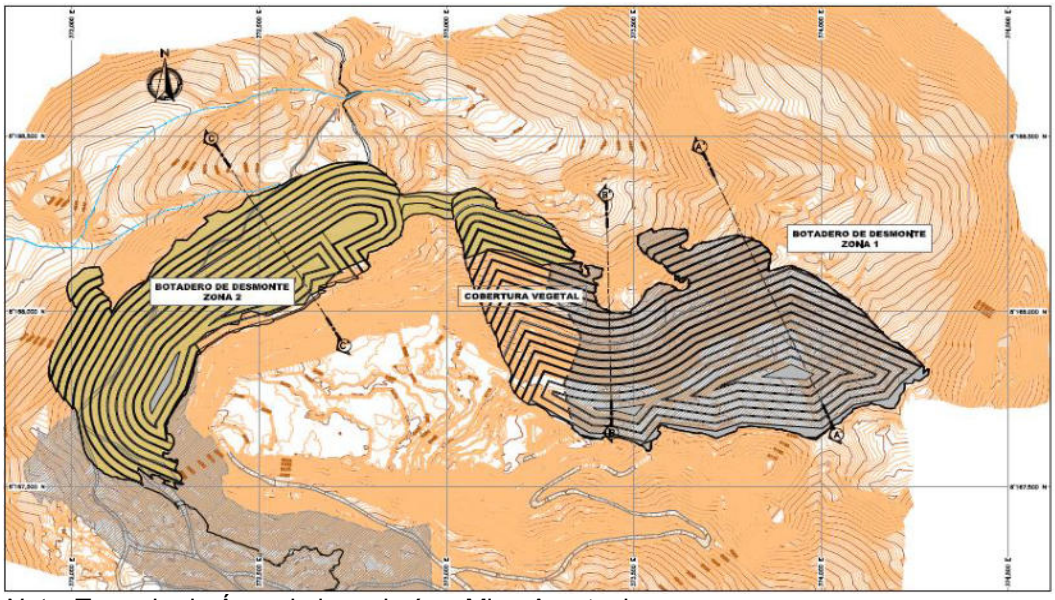
### 3.5.2. Muestra

La muestra de estudio es el botadero y pad de lixiviación, en los que se tomó pruebas de Densidad de campo con método cono de Arena para obtener el grado de compactación.

**Tipo de Muestreo:** Probabilístico aleatoria simple

**Figura 8**

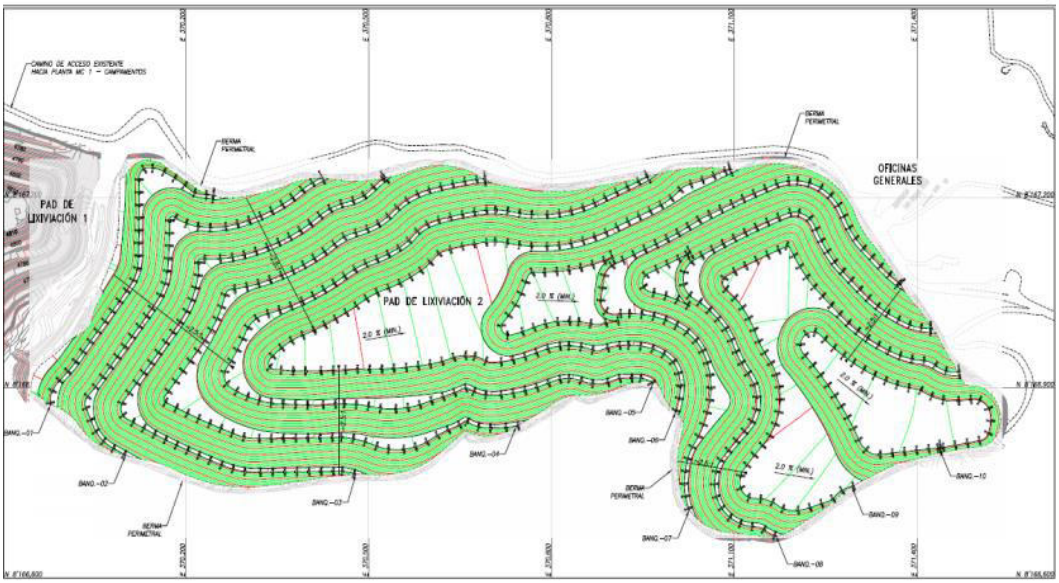
*Ubicación de los Botaderos de Mina*




*Nota.* Tomada de Área de ingeniería – Mina Aruntani.

**Figura 9**

*Ubicación del Pad de Lixiviación*




*Nota.* Tomada de Área de ingeniería – Mina Aruntani.

Para la muestra se tuvo que determinar el tamaño de la muestra y se la explicara a continuación:

$$n = \frac{Z^2.P.q.N}{S^2(N-1) + Z^2.P.q}$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra

N = Población (500)

Z = Nivel de confianza (1.96%)

P = Probabilidad de éxito (95)

q = Probabilidad en contra (5)

S = Error de estimación (5%)

Reemplazando:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.95)(0.05)(500)}{(0.05)^2(500-1)+(1.96)^2(0.95)(0.05)}$$

$$\mathrm{n} = 63$$

## 3.6. INSTRUMENTOS

La técnica empleada para la presente investigación es la de recolección de los registros de datos. El principal instrumento utilizado será los registros las pruebas de Densidad de campo con cono de Arena, que cumplen con las normas ASTM, A través de él es posible determinar la compactación un terreno, teniendo en cuenta la relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada. (Hernández Sampieri, 2014, p.203).

## 3.7. PROCEDIMIENTO

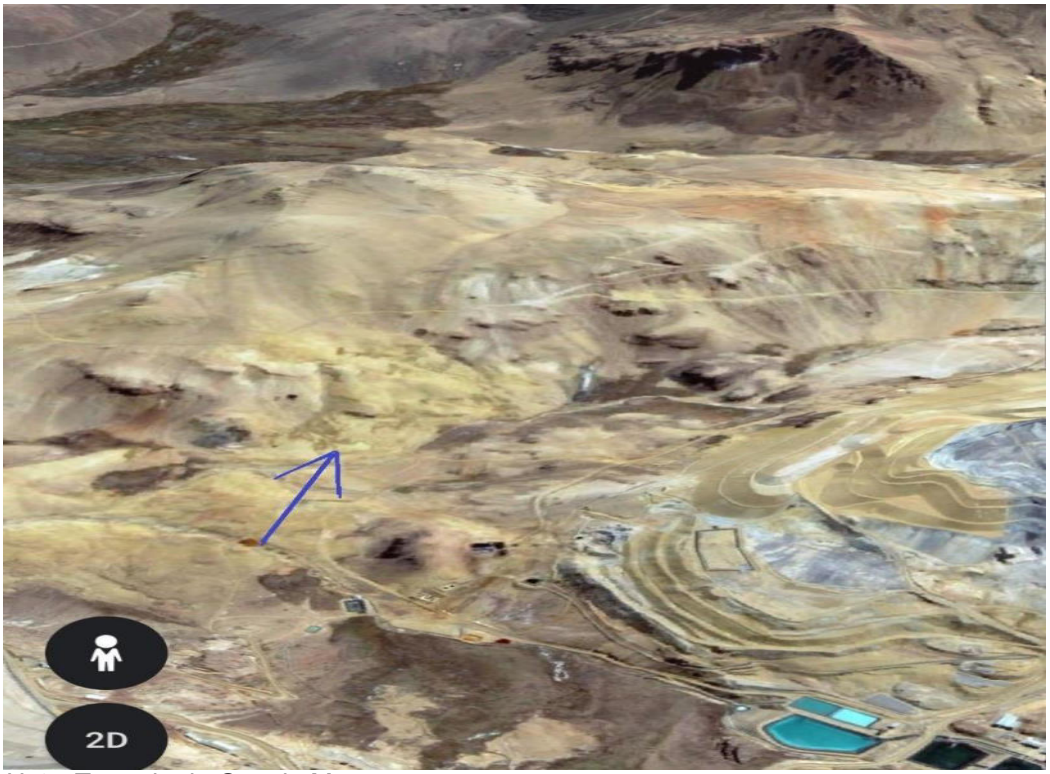
### *3.7.1. Área de Préstamo*

El material que se precisa para la cobertura de botaderos y Pad de lixiviación se obtiene del área de préstamo de la unidad minera Tucari, La cantera Paco Paco del material Clay, se localiza en el margen derecho de la Quebrada Margaritani, en las coordenadas UTM 371 727 E y 8 168 640 N, a una distancia de 3 km del área donde se aplicará dicho material.

La disponibilidad de la cantera Paco Paco cuenta con un área de 11.16 hectáreas y una potencia promedio de 3.5 m, obteniéndose un volumen aproximado de 390 600 $m^3$.

**Figura 10**

*Ubicación del Área de Préstamo de Material Clay - Cantera Paco Paco*




*Nota.* Tomada de Google Maps.

**Tabla 5**

*Datos de Material Impermeable y Orgánico que se Utilizara en el Cierre de Minas*

| Tipo de material | Coordenadas UTM Este | Coordenadas UTM Norte | Área (ha) | Potencia (m) |
|---|---|---|---|---|
| Material Impermeable | 371 727 | 8 168 640 | 11.16 | 3.50 |
| Material Orgánico | 372 454 | 8 167 486 | 15.52 | 1.20 |

*Nota.* Elaboración propia.

### *3.7.2. Obtención de Material Clay Impermeable*

Se extraerá material Clay del área de préstamo, cantera (Paco Paco) cercana a la mina Tucari de la Empresa Aruntani S.A.C., para procesar, colocar y compactar, se recubrirá con una capa de 30 cm de espesor (antes de ser compactada).

**Figura 11**

*Extracción de Material Clay de la Cantera Paco Paco*

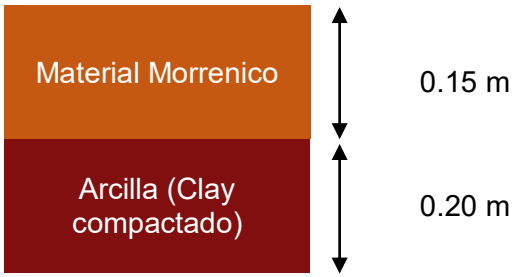



*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Mina Aruntani.

El material de cobertura que se empleara en botaderos y Pad de lixiviación, en su diseño de aplicación incluye una capa de material arcilloso Clay impermeable de 20 cm de espesor (después de compactada), seguido de una capa de material superficial morrenico de 15 cm, según se muestra en los diseños. Ver Figura 12., La empresa deberá utilizar materiales que cumplan las especificaciones y este aprobado por su laboratorio de mecánica de suelos.

**Figura 12**

*Capas de Material de Cobertura*




*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Mina Aruntani.

### *3.7.3. Recubrimiento con Material Clay Impermeable*

El material de cobertura Clay para botaderos y Pad de lixiviación, No se deberá colocar o compactar a temperaturas inferiores a 0ºC ni sobre terreno congelado.

Durante el proceso de tendido del material Clay, se realizará con Motoniveladora de 190 HP y Tractor sobre orugas D8, se deberá remover (ya sea con rastrillo, a mano o de cualquier otra forma) todas las rocas mayores a 75 mm en su máxima dimensión, Para luego ser compactado pasando Rodillo de 10 Tn. ver figura 13.

**Figura 13**

*Material Clay tendido Siendo Compactado*



*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Mina Aruntani.

El material Clay impermeable deberá ser tendido y compactado en una capa uniforme, la cual deberá como mínimo ser compactada al 85% de la densidad seca máxima, según indica sus especificaciones de aplicación, con un contenido de humedad en un rango entre -2% y +4% como valor óptimo determinada por la norma ASTM D-1556 (Ensayo con Método de cono de Arena).

### *3.7.4. Prueba de campo con Cono De Arena*

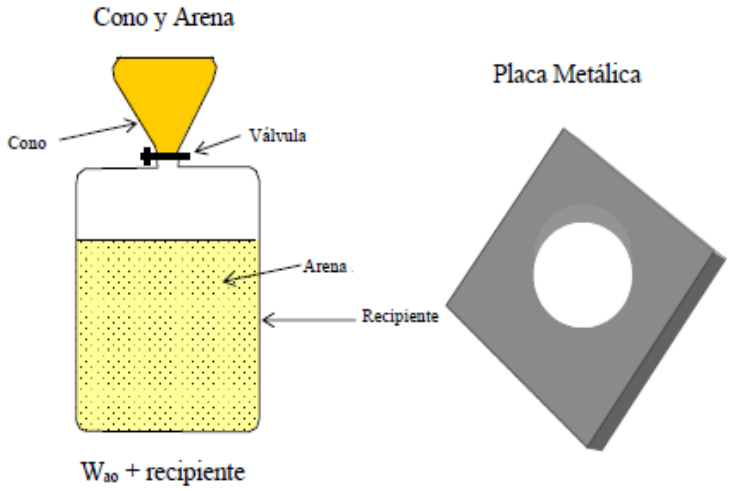
**Método de cono de arena** se utiliza principalmente con el fin de comprobar el grado de compactación en materiales de rellenos compactados artificialmente, en los que existan especificación en cuanto a humedad y densidad.

**Procedimiento con cono de arena:**

- Se selecciona el lugar y se alisa la superficie del terreno, de ser necesario, para la posterior colocación de la placa metálica. Ver Figura 14.
- Se procede a pesar el cono con la arena en su interior como peso inicial.
- Se coloca la placa metálica base de 6″ de diámetro en el suelo.
- Luego se debe iniciar la excavación con el cincel dentro del círculo de la plantilla de la placa base hasta alcanzar un aproximado de 15 cm de profundidad sobre el círculo de la plantilla. Ver Figura 15.
- Se coloca todo el material extraído en una bolsa, y se pesa en una balanza.
- Una vez que se ha sacado la muestra de suelo, se procede a colocar de manera invertida el cono con la arena calibrada y se abre la llave hasta que se llene de arena la cavidad hecha. Ver Figura 16.
- Se procede a pesar el cono de arena con el resto de arena que quedo como peso final. Ver Figura 17.
- Del material excavado en campo se le determina el contenido de humedad y se halla la densidad seca del suelo.

**Figura 14**

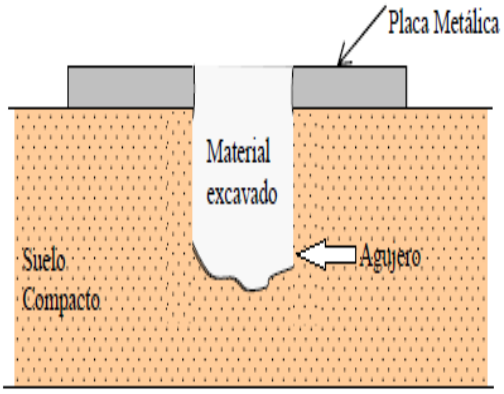
*Cono de Arena y Placa Metálica*




*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 15**

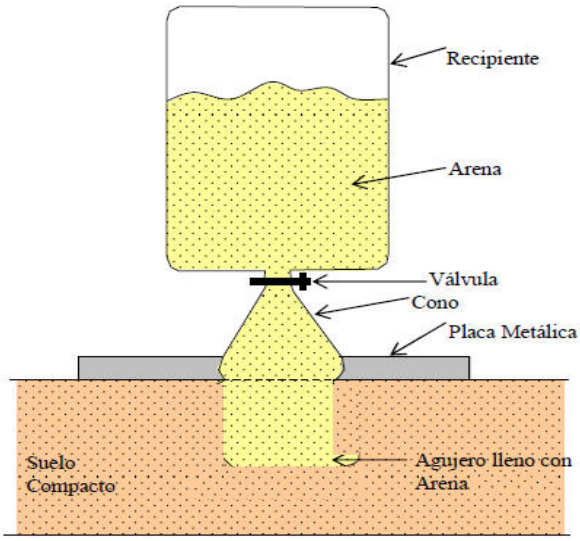
*Muestra Cavidad al Extraer al Material Compactado*




*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 16**

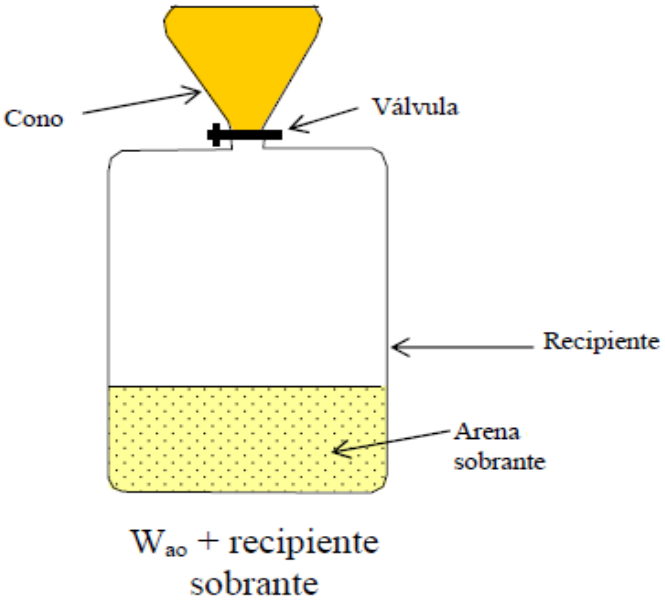
*Cono de Arena Invertido - Cavidad llena de Arena Calibrada*




*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 17**

*Cono de Arena con Arena Sobrante.*




*Nota.* Elaboración propia.

## 3.8. ANÁLISIS DE DATOS

### *3.8.1. Observación Directa*

Se observará los datos brindados por el laboratorio de mecánica de suelos, de las pruebas de densidad de campo con método cono de arena, esto con la finalidad de verificar si el material Clay impermeable puede cumplir con el grado de compactación requerido en los botaderos y Pad de lixiviación.

### *3.8.2. Análisis Estadístico*

Se determinará el grado de compactación de varias pruebas con método cono de arena, con hoja de cálculo Excel debidamente estandarizado por la empresa para determinar la compactación % promedio de ellas. Considerando el Criterio de Ramírez (2010), emplearemos el siguiente método estadístico: Se trabaja con las medidas de tendencia central como media aritmética.

$$\check{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} xi = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$$

Dónde:

Ẋ = media aritmética

n = suma de valores de la variable

x1 + x2 + …. + xn = conjunto de observaciones

### *3.8.3. Análisis Descriptivo*

Se realizará un análisis sobre el efecto que tendrá el grado de compactación del material Clay impermeable en botaderos y Pad de lixiviación de la empresa Aruntani S.A.C Unidad Minera Tucari, para lo cual se utilizará datos de pruebas de compactación realizado con método cono de arena.

### *3.8.4. Presentación*

Se recolectará y utilizara datos específicos, para realizar un análisis detallado y finalmente se mostrarán en forma de gráficos estadísticos y cuadros resumen que consientan el entendimiento de la presente investigación.

# CAPÍTULO IV

# 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 4.1. PRESENTACION DE RESULTADOS

### *4.1.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL CLAY IMPERMEABLE*

Se seleccionó el material Clay de acuerdo a **SUCS** (sistema unificado de clasificación de suelos), material extraído de cantera Paco Paco; el departamento de control de calidad – laboratorio de mecánica de suelos clasifico el material Clay impermeable según SUCS, como material del grupo **GC** (Grava arcillosa) material con cantidad apreciable de finos plásticos, Limite Liquido = 40.19, Limite Plástico = 24.23, Índice pastico = 15.96, grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz nº 200 como se aprecia en la figura 18.

**Figura 18**

*Clasificación del material Clay impermeable según SUCS*

| SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 200: | 47.30 | Cu: | --- | | | | |
| N 4: | 62.45 | Cc : | --- | *CLASIFICACION SUCS* | | GC | |
| L.L.: | 40.19 | | | | | | |
| I.P.: | 15.96 | | | | | | |

| DIVISIONES MAYORES | | | SIMBOLO DE GRUPO | NOMBRES TIPICOS | CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200 | Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4) | Gravas Limpias (poco o ningun fino) | GW | Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningun fino. | Cu > 4<br>1 < Cc < 3 | |
| | | | GP | Gravas pobremente gradadas,`mezclas grava-arena, pocos o ningun fino. | No cumple todos los requisitos de gradadcion para GW | |
| | | Gravas con finos (cantidad apre-ciable de finos) | GM | Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo. | Límites de Atteberg por debajo de la linea A o lp < 4 | A los materiales sobre la linea A con 4 < lp < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo |
| | | | GC | Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosas. | Límites de Atteberg por encima de la línea A ó lp > 7 | |
| | Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4) | Arenas Limpias (poco o ningun fino) | SW | Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino. | Cu > 6<br>1 < Cc < 3 | |
| | | | SP | Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino. | No cumple todos los requisitos de gradadcion para SW | |
| | | Arenas con finos (cantidad apre-ciable de finos) | SM | Arenas limosas mezcla de arena-limo. | Límites de Atteberg por debajo de la linea A ó lp < 4 | Si el material está en la zona sombreada con 4 < lp < 7 se considera de frontera y se les |
| | | | SC | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla. | Límites de Atteberg por encima de la linea A ó lp > 7 | |
| Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200 | limos y arcillas (Límite líquido wl<50 | | ML | Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad. | 1, Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulometrica.<br>2, Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue:<br>Menos del 5% - GW, GP, SW, SP<br>Mas del 12 % - GM, GC, SM, SC<br>De 5 a 12 % - casos frontera que requieren doble símbolo | |
| | | | CL | Arcillas inorganicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras. | | |
| | | | OL | Limos organicos, arcillas limosas orgánicas. | | |
| | limos y arcillas (Límite líquido wl>50 | | MH | Limos inorganicos, suelos limosos o arenosos finos micaceos o diatomaceos, suelos elasticos. | | |
| | | | CH | Arcillas organicas de alta plasticidad, arcillas grasas. | | |
| | | | OH | Arcillas organicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos. | | |
| | Suelos Altamen-te orgá-nicos | | Pt | Turba o otros suelos altamente organicos. | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Mina Aruntani.

### *4.1.2. ESTABILIDAD DEL MATERIAL CLAY IMPERMEABLE*

Para obtener el grado de compactación promedio del material Clay impermeable y ver la eficiencia en su aplicación en botaderos y Pad de lixiviación, se efectuó 63 pruebas durante los meses agosto a octubre 2017, realizando las pruebas con el método cono de arena y contrastando sus resultados en los datos obtenidos en las hojas de cálculo Excel propiamente estandarizados por el laboratorio de mecánica de suelos de la Empresa Aruntani S.A.C., A continuación, se detalla las 63 pruebas.

**Tabla 6**

*Contenido de 63 Pruebas Realizadas para la Investigación*

| N° de Prueba | N° de Certificado | Fecha | % de Compactación | Ubicación Botadero |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 253 | 12/10/2017 | 92.2 | FASE II |
| **2** | 254 | 12/10/2017 | 87.9 | FASE II |
| **3** | 255 | 12/10/2017 | 89.2 | FASE II |
| **4** | 256 | 12/10/2017 | 91.1 | FASE II |
| **5** | 257 | 12/10/2017 | 88.7 | FASE II |
| **6** | 258 | 13/10/2017 | 87.6 | FASE II |
| **7** | 259 | 13/10/2017 | 89.1 | FASE II |
| **8** | 260 | 13/10/2017 | 89.1 | FASE II |
| **9** | 261 | 13/10/2017 | 91.8 | FASE II |
| **10** | 262 | 13/10/2017 | 86.6 | FASE II |
| **11** | 263 | 13/10/2017 | 90 | FASE II |
| **12** | 264 | 14/10/2017 | 89 | FASE II |
| **13** | 265 | 14/10/2017 | 86.7 | FASE II |
| **14** | 266 | 15/10/2017 | 96 | FASE II |
| **15** | 267 | 15/10/2017 | 91.6 | FASE II |
| **16** | 268 | 15/10/2017 | 93.3 | FASE II |
| **17** | 269 | 15/10/2017 | 94.5 | FASE II |
| **18** | 270 | 15/10/2017 | 94.1 | FASE II |
| **19** | 271 | 15/10/2017 | 93.8 | FASE II |
| **20** | 272 | 15/10/2017 | 91.2 | FASE II |
| **21** | 273 | 16/10/2017 | 89.2 | FASE II |

| N° de Prueba | N° de Certificado | Fecha | % de Compactación | Ubicación Botadero |
|---|---|---|---|---|
| **22** | 274 | 16/10/2017 | 85.2 | FASE II |
| **23** | 275 | 16/10/2017 | 86.7 | FASE II |
| **24** | 276 | 16/10/2017 | 89.2 | FASE II |
| **25** | 277 | 17/10/2017 | 95.8 | FASE II |
| **26** | 278 | 17/10/2017 | 90.5 | FASE II |
| **27** | 279 | 17/10/2017 | 90 | FASE II |
| **28** | 280 | 17/10/2017 | 87.5 | FASE II |
| **29** | 281 | 17/10/2017 | 85.9 | FASE II |
| **30** | 282 | 17/10/2017 | 87.8 | FASE II |
| **31** | 283 | 17/10/2017 | 90.7 | FASE II |
| **32** | 284 | 17/10/2017 | 94.4 | FASE II |
| **33** | 285 | 18/10/2017 | 95 | FASE II |
| **34** | 286 | 18/10/2017 | 94 | FASE II |
| **35** | 287 | 18/10/2017 | 88.5 | FASE II |
| **36** | 288 | 18/10/2017 | 98.2 | FASE II |
| **37** | 289 | 18/10/2017 | 87.8 | FASE II |
| **38** | 290 | 19/10/2017 | 94.5 | FASE II |
| **39** | 291 | 19/10/2017 | 90.3 | FASE II |
| **40** | 292 | 19/10/2017 | 90.4 | FASE II |
| **41** | 293 | 19/10/2017 | 89.7 | FASE II |
| **42** | 294 | 19/10/2017 | 98 | FASE II |
| **43** | 295 | 20/10/2017 | 94.7 | FASE II |
| **44** | 296 | 20/10/2017 | 96.3 | FASE II |
| **45** | 297 | 20/10/2017 | 91.5 | FASE II |
| **46** | 298 | 20/10/2017 | 87.1 | FASE II |
| **47** | 299 | 20/10/2017 | 85.6 | FASE II |
| **48** | 300 | 21/10/2017 | 89.4 | FASE II |
| **49** | 301 | 21/10/2017 | 96 | FASE II |
| **50** | 302 | 21/10/2017 | 85.7 | FASE II |
| **51** | 303 | 21/10/2017 | 87 | FASE II |
| **52** | 304 | 24/10/2017 | 86.4 | FASE II |
| **53** | 305 | 24/10/2017 | 87.1 | FASE II |
| **54** | 306 | 24/10/2017 | 85.6 | FASE II |
| **55** | 307 | 24/10/2017 | 87.7 | FASE II |
| **56** | 308 | 24/10/2017 | 86.1 | FASE II |
| **57** | 309 | 24/10/2017 | 86.5 | FASE II |
| **58** | 310 | 24/10/2017 | 85.8 | FASE II |
| **59** | 311 | 24/10/2017 | 86.3 | FASE II |
| **60** | 312 | 24/10/2017 | 88.5 | FASE II |
| **61** | 313 | 24/10/2017 | 90.6 | FASE II |

| N° de Prueba | N° de Certificado | Fecha | % de Compactación | Ubicación Botadero |
|---|---|---|---|---|
| **62** | 314 | 24/10/2017 | 87.4 | FASE II |
| **63** | 315 | 24/10/2017 | 87.8 | FASE II |

*Nota.* Elaboración propia.

De las 63 pruebas que se hicieron se llegó a la siguiente conclusión aplicando la media aritmética al grado de compactación:

$$\check{X} = \frac{92.2 + 87.9 + 89.2 + \cdots + 90.6 + 87.4 + 87.8}{63}$$

$$\check{X} = 90\ \%$$

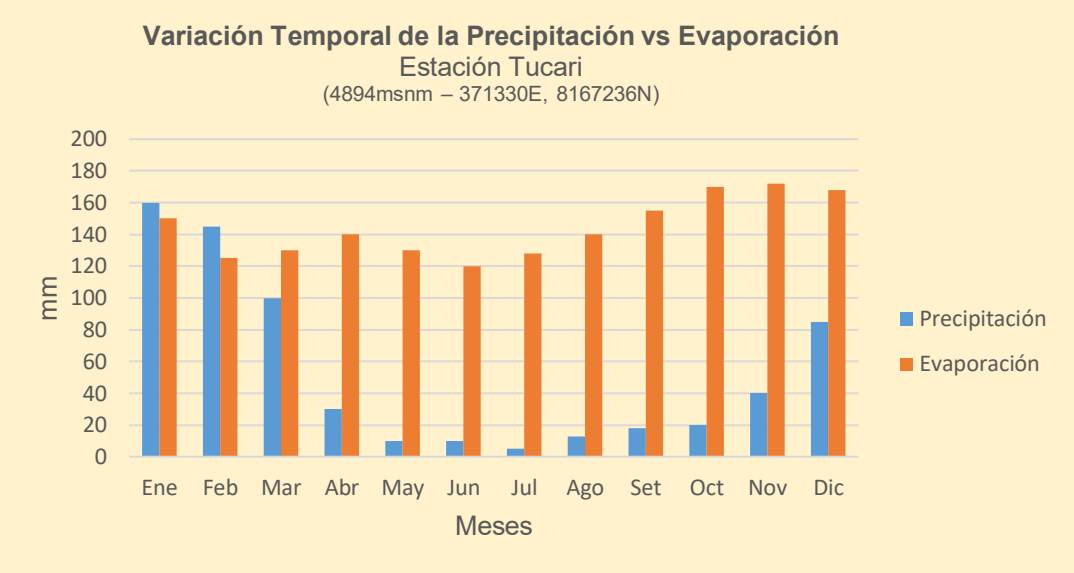
El porcentaje de compactación aplicando la media aritmética es de 90 %.

### *4.1.3. COBERTURA DEL MATERIAL CLAY IMPERMEABLE*

Se realizó un estudio de acuerdo con las características hidrológicas, la unidad minera Tucari se ubica a una altitud entre 4600 y 5200 m s. n. m., posee una temperatura media anual de 2.4 ºC, precipitación total anual de 617.9 mm y una evaporación total anual de 1731.4 mm, Además de tomar en cuenta la distribución de la variación temporal de la precipitación y la evaporación, predomina déficit hídrico la mayor parte del año (figura 19) lo cual asociado al presente plan de cierre, con material Clay impermeable, seguido de material morrenico (figura 12) han permitido considerar una cobertura con poca revegetación, para el caso de los componentes.

**Figura 19**

*Variación Temporal de la Precipitación vs Evaporación*




*Nota.* Tomada de Estación Tucari - Mina Aruntani.

# CAPÍTULO V

# 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

## 5.1. MATERIAL CLAY IMPIDE FILTRACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

Como ya se mencionó anteriormente se seleccionó el material Clay de acuerdo a SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos), el laboratorio de mecánica de suelos clasifico el material Clay impermeable como material del grupo GC (Grava arcillosa) correspondiendo a suelo de textura fina, siendo muy elástico y pegajoso cuando está húmedo, y es duro cuando se seca siendo lenta su consolidación.

Efectivamente la hipótesis es correcta, el material Clay impermeable para el caso de los componentes del plan de cierre, cumplen con hacer como drenante e impedir la infiltración, reducido la acumulación de aguas y la presión intersticial.

## 5.2. MATERIAL CLAY CUMPLE CON LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD

Para determinar las condiciones de estabilidad del material Clay impermeable y ver la eficiencia en su aplicación en botaderos y Pad de lixiviación, se realizaron 63 pruebas con método de cono de arena para determinar la compactación del material Clay, obteniendo una variedad de resultados, ver tabla 7.

**Tabla 7**

*Resultados de Compactación del Material Clay con Método Cono de Arena*

| Prueba | N° Certificado de Prueba | Fecha | Maximo Densidad Seco (g/cm3) | Densidad Seco (kg/m3) | Compactación (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Prueba 01 | CN-253 | 12/10/2017 | 1.806 | 1.665 | **92.2** |
| Prueba 02 | CN-254 | 12/10/2017 | 1.806 | 1.588 | **87.9** |
| Prueba 03 | CN-255 | 12/10/2017 | 1.806 | 1.61 | **89.2** |
| Prueba 04 | CN-256 | 12/10/2017 | 1.806 | 1.646 | **91.1** |
| Prueba 05 | CN-257 | 12/10/2017 | 1.806 | 1.602 | **88.7** |
| Prueba 06 | CN-258 | 13/10/2017 | 1.806 | 1.581 | **87.6** |
| Prueba 07 | CN-259 | 13/10/2017 | 1.806 | 1.609 | **89.1** |
| Prueba 08 | CN-260 | 13/10/2017 | 1.806 | 1.609 | **89.1** |
| Prueba 09 | CN-261 | 13/10/2017 | 1.806 | 1.659 | **91.8** |
| Prueba 10 | CN-262 | 13/10/2017 | 1.806 | 1.564 | **86.6** |
| Prueba 11 | CN-263 | 13/10/2017 | 1.806 | 1.625 | **90** |
| Prueba 12 | CN-264 | 14/10/2017 | 1.806 | 1.607 | **89** |
| Prueba 13 | CN-265 | 14/10/2017 | 1.806 | 1.565 | **86.7** |
| Prueba 14 | CN-266 | 15/10/2017 | 1.806 | 1.733 | **96** |
| Prueba 15 | CN-267 | 15/10/2017 | 1.806 | 1.655 | **91.6** |
| Prueba 16 | CN-268 | 15/10/2017 | 1.806 | 1.684 | **93.3** |
| Prueba 17 | CN-269 | 15/10/2017 | 1.806 | 1.706 | **94.5** |
| Prueba 18 | CN-270 | 15/10/2017 | 1.806 | 1.699 | **94.1** |
| Prueba 19 | CN-271 | 15/10/2017 | 1.806 | 1.693 | **93.8** |
| Prueba 20 | CN-272 | 15/10/2017 | 1.806 | 1.647 | **91.2** |
| Prueba 21 | CN-273 | 16/10/2017 | 1.806 | 1.61 | **89.2** |
| Prueba 22 | CN-274 | 16/10/2017 | 1.806 | 1.539 | **85.2** |
| Prueba 23 | CN-275 | 16/10/2017 | 1.806 | 1.565 | **86.7** |
| Prueba 24 | CN-276 | 16/10/2017 | 1.806 | 1.61 | **89.2** |
| Prueba 25 | CN-277 | 17/10/2017 | 1.806 | 1.73 | **95.8** |
| Prueba 26 | CN-278 | 17/10/2017 | 1.806 | 1.634 | **90.5** |
| Prueba 27 | CN-279 | 17/10/2017 | 1.806 | 1.625 | **90** |
| Prueba 28 | CN-280 | 17/10/2017 | 1.806 | 1.581 | **87.5** |
| Prueba 29 | CN-281 | 17/10/2017 | 1.806 | 1.552 | **85.9** |
| Prueba 30 | CN-282 | 17/10/2017 | 1.806 | 1.585 | **87.8** |
| Prueba 31 | CN-283 | 17/10/2017 | 1.806 | 1.637 | **90.7** |
| Prueba 32 | CN-284 | 17/10/2017 | 1.806 | 1.705 | **94.4** |
| Prueba 33 | CN-285 | 18/10/2017 | 1.806 | 1.715 | **95** |
| Prueba 34 | CN-286 | 18/10/2017 | 1.806 | 1.698 | **94.4** |
| Prueba 35 | CN-287 | 18/10/2017 | 1.806 | 1.598 | **88.5** |
| Prueba 36 | CN-288 | 18/10/2017 | 1.806 | 1.773 | **98.2** |
| Prueba 37 | CN-289 | 18/10/2017 | 1.806 | 1.586 | **87.8** |
| Prueba 38 | CN-290 | 19/10/2017 | 1.806 | 1.706 | **94.5** |
| Prueba 40 | CN-292 | 19/10/2017 | 1.806 | 1.633 | **90.4** |
| Prueba 41 | CN-293 | 19/10/2017 | 1.806 | 1.619 | **89.7** |
| Prueba 42 | CN-294 | 19/10/2017 | 1.806 | 1.77 | **98** |
| Prueba 43 | CN-295 | 20/10/2017 | 1.806 | 1.711 | **94.7** |

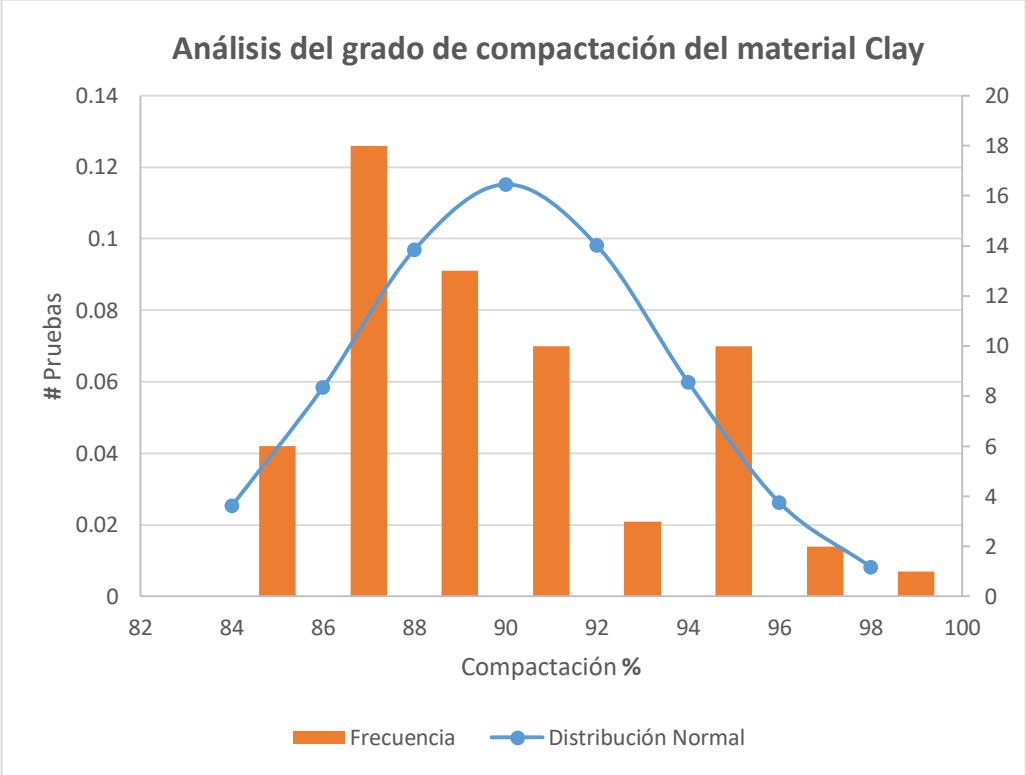
| Prueba | N° Certificado de Prueba | Fecha | Maximo Densidad Seco (g/cm3) | Densidad Seco (kg/m3) | Compactación (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Prueba 44 | CN-296 | 20/10/2017 | 1.806 | 1.739 | **96.3** |
| Prueba 45 | CN-297 | 20/10/2017 | 1.806 | 1.653 | **91.5** |
| Prueba 46 | CN-298 | 20/10/2017 | 1.806 | 1.572 | **87.1** |
| Prueba 47 | CN-299 | 20/10/2017 | 1.806 | 1.546 | **85.6** |
| Prueba 48 | CN-300 | 21/10/2017 | 1.806 | 1.615 | **89.4** |
| Prueba 49 | CN-301 | 21/10/2017 | 1.806 | 1.733 | **96** |
| Prueba 50 | CN-302 | 21/10/2017 | 1.806 | 1.547 | **85.7** |
| Prueba 51 | CN-303 | 21/10/2017 | 1.806 | 1.572 | **87** |
| Prueba 54 | CN-306 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.546 | **85.6** |
| Prueba 55 | CN-307 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.585 | **87.7** |
| Prueba 56 | CN-308 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.554 | **86.1** |
| Prueba 57 | CN-309 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.562 | **86.5** |
| Prueba 58 | CN-310 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.549 | **85.8** |
| Prueba 59 | CN-311 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.558 | **86.3** |
| Prueba 60 | CN-312 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.598 | **88.5** |
| Prueba 61 | CN-313 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.636 | **90.6** |
| Prueba 62 | CN-314 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.579 | **87.4** |
| Prueba 63 | CN-315 | 24/10/2017 | 1.806 | 1.58 | **87.8** |

*Nota.* Elaboración propia.

Evaluando los datos obtenidos de las pruebas realizadas se contrasta que la hipótesis es correcta, la cobertura con material Clay impermeable ofrece un grado de 90 % de compactación en promedio, ya que según las normas ASTM D-1556 y las especificaciones del laboratorio de mecánica de suelos de la mina Aruntani, considera material apto para cobertura a partir de 85 % de compactación, lo cual garantiza la estabilidad física y geoquímica, ver figura 20.

**Figura 20**

*Análisis del Grado de Compactación Promedio del Material Clay*




*Nota.* Elaboración propia.

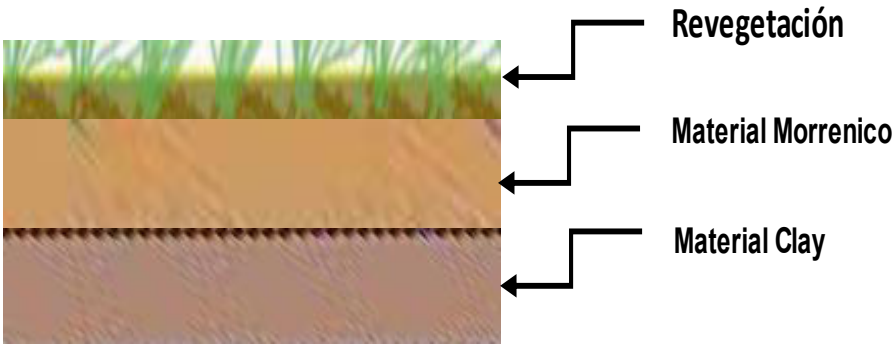
## 5.3. MATERIAL CLAY ES APTO PARA COBERTURA Y REVEGETACIÓN

La hipótesis planteada menciona que con la utilización de material Clay Impermeable y material de suelo superficial se puede revegetar la zona del botadero y Pad de lixiviación.

Como se muestra en la Figura 20 y en la tabla 7 resultados de prueba de compactación, efectivamente el material Clay impermeable, seguido de material morrenico permite una cobertura con **poca revegetación** esto asociado a características Geomorfológicas, ambientales e hidrológicas de la unidad minera Tucari, ver Figura 21.

**Figura 21**

*Capas de Material de Cobertura en Botaderos y Pad de Lixiviación*




*Nota.* Elaboración propia.

# CAPÍTULO VI

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos del presente estudio de investigación en la selección y aplicación del material arcilla (Clay), resulta ser aceptable en el recubrimiento del botadero y Pad de lixiviación con material Clay impermeable, lográndose una compactación promedio de 90%, el cual es superior al 85% de sus especificaciones de aplicación; entonces, es favorable para la estabilidad en el cierre de minas en la empresa minera Aruntani S.A.C.

Este resultado guarda relación con lo que sostiene; Aguirre, (2017) en su investigación de análisis de la estabilidad física de depósito de relaves de la empresa Minera Titán del Perú S.R.L., cuyo sistema de revestimiento consiste de una capa compactada de suelo de baja permeabilidad (soil liner) de 20 centímetros de espesor bajo una geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) lisa de 1.5 milímetros de espesor con relleno común compactado al 95 % del próctor estándar como mínimo. Mientras**;** Alvarez (2018) Plan de cierre del botadero de desmonte para la remediación de pasivos ambientales, quien en su resultado argumenta con material arcilloso ha logrado un grado de compactación de 95%, siendo adecuado para la estabilización. Asimismo; Coba (2018) en su investigación de influencia de la mezcla del romerillo con material ligante arcilloso para estabilización del afirmado del tramo ‘’El Porvenir y el sector Tamboyacu, distrito Elías Soplín Vargas, Rioja - San Martín, 2017”, obtuvo de materiales dosificados (añadiendo arcilla) según los ensayos realizados, el valor relativo de soporte para el romerillo compactado al 100% como resultado un CBR = 70.05% de resistencia, y de los materiales dosificados (añadiendo arcilla) un CBR = 106.26% de resistencia, demostrando que el proyecto de la mezcla del romerillo con material ligante arcilloso es factible. Por lo tanto, estos resultados aunados al presente estudio de

investigación corroboran claramente, que el material arcilloso (Clay) con resultados de grado de compactación 90% es factible su aplicación en la empresa minera Aruntani S.A.C. y otras empresas mineras de la región y del país.

Sin embargo; Villanueva y Sánchez, (2013) con la utilización de CaCO3 de 69.42%, menciona que en el diseño y la construcción de sistemas de tratamiento pasivo como una tecnología en desarrollo, en su investigación evaluó el tratamiento pasivo para la neutralización de las aguas ácidas mediante los drenes de caliza, determinando la tasa de tratamiento de agua ácida por medio de trabajos experimentales de campo y laboratorio con la implementación de un sistema de tratamiento pasivo a través de un drenaje anóxico de caliza (ALD). Además; Orozco, (2016) luego de analizar el riesgo funcional de los componentes mineros destinados a cierre final en la unidad minera HOLY de la empresa minera OFIR, usando los métodos analíticos de modos de fallos, efecto y criticidad - FMECA y análisis de decisiones multicriterio - MCDA (IEC 2009), obtuvo como resultado un 100% de modos de fallo de labores subterráneas, 71% de modos de fallo de depósitos de desmonte y 60% de modos de fallo del depósito de relaves mineros en cierre de minas. Asimismo; Alfaro, (2016) sustenta en sus estudios técnicos, la provisión de cierre de minas está conformado por distintos componentes como la evaluación del área del proyecto, actividades de cierre, mantenimiento y monitoreo post – cierre, cronogramas de actividades, presupuestos y garantía financiera. Entonces; la provisión del cierre de minas debe ser lo más real al costo final de remediación, por ende, el proyecto sea viable. Finalmente; con toda propiedad, estos trabajos de investigación han motivado en la realización del presente estudio de investigación.

En conclusión; los resultados obtenidos en el presente estudio de investigación del material arcilla (Clay), se asume el recubrimiento del botadero y Pad de lixiviación con

material Clay impermeable, con una compactación promedio de 90% el cual es superior al 85% de sus especificaciones de aplicación, por lo que es favorable para la estabilidad física y geoquímica en el cierre de minas en la empresa minera Aruntani S.A.C. y otras empresas mineras de la región y del país, por ser una metodología aceptable y amigable socio-ambientalmente.

# CAPÍTULO VII

# CONCLUSIONES

Con la elaboración del presente plan de cierre de minas usando metodología con Clay impermeable, se obtiene un material del grupo GC (Grava arcillosa) adecuado para estabilidad y recubrimiento que impide la infiltración de agua producto de las precipitaciones y características hidrológicas de la unidad minera Tucari. Para la selección y clasificación del material Clay extraído de la fuente de préstamo se usó el **SUCS** que avala un material adecuado para el cierre de mina.

De las pruebas realizadas al material Clay con densidad de campo método cono de arena, al hacer un análisis de las compactaciones obtenidas en un rango de 85.2% a 98.2%, se concluye que la compactación promedio es de 90%, superando el 85 % de sus especificaciones de aplicación y las normas internacionales **ASTM D - 1556**, esto sumado al diseño de cierre de mina garantiza una eficiente estabilidad del suelo en la Empresa Aruntani S.A.C.

Del estudio realizado en el presente plan de cierre de mina, con la utilización de material Clay Impermeable y suelo superficial se obtiene una cobertura con **poca revegetación** esto debido a la naturaleza geomorfológica, mineralógica y las condiciones ambientales de la unidad minera Tucari de la empresa Aruntani S.A.C. cabe resaltar que predomina un déficit hídrico la mayor parte del año.

# CAPÍTULO VIII

## RECOMENDACIONES

Es necesaria una correcta clasificación de material mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ya que esto asegura un material adecuado para la prevención de erosión y la infiltración de agua que genere drenaje acido. A si como también que, al momento de extraer el material del área de préstamo, la muestra no deba disgregar, debe conservar sus características iniciales de humedad y densidad.

El material utilizado está relacionado directamente a las coberturas de los componentes del cierre, por lo que se precisa una correcta estabilización sobre superficies expuestas a erosiones. Las áreas que contengan suelos blandos deben ser preparados nuevamente para ser aprobados por el laboratorio de mecánica de suelos para así evitar problemas posteriores al cierre de minas. Después de ser colocado la capa de cobertura de material Clay se recomienda realizar un levantamiento topográfico sobre la superficie de la capa para verificar un espesor uniforme en su aplicación, para cumplir con las especificaciones en el cierre.

Las zonas de vida identificadas en el proyecto se caracterizan por presentar escasa vegetación, las especies encontradas pueden eventualmente proporcionar especies de cobertura para revegetar. Tener en consideración y seguir estrictamente el MARCO LEGAL, Ley Nº 28090 que regula el cierre de minas, también cumplir el Decreto Supremo Nº 033-2005-EM que establece la obligación de los titulares mineros y, realizar monitorios Post Cierre (monitoreo de estabilidad física, geoquímica, ambientales).

## REFERENCIAS


Alfaro Esparza, A. A. (2016). *Implicancias fiscales en la provisión del Cierre de Minas*. Universidad de Lima.

Aguirre Ramos, R. E. (2017). *Análisis de la estabilidad física del depósito de relaves Nº 5 de la concesión de beneficio Belén de Minera Titán del Perú* SRL.

Alvarez Pumatanca, J. D. (2018). *Plan de cierre del botadero 28 de desmonte para la remediación de pasivos ambientales*-Unidad Minera Tintaya.

Berrocal Espinal, C. N. (2019). *Comparación del control de grado de compactación In Situ, utilizando el deflectometro de peso liviano (LWD) comparado a los resultados del método nuclear y método del cono de arena para un tramo del proyecto Tocache-Juanjuí*, Región San Martín.

Carvajal Atehortua, M. O., & Mondragón Rodríguez, D. M. (2019). *Desarrollo de una metodología para el análisis y gestión de activos eléctricos de los operadores de red (OR) del STR y SDL* (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).

Coba Malca, S. B. (2018). *Influencia de la mezcla del romerillo con material ligante arcilloso en la estabilización del afirmado del tramo: El Porvenir y el sector Tamboyacu, distrito Elías Soplín Vargas*, Rioja-San Martín, 2017.

Cornejo Cueva, A. (2019). *Evaluación comparativa de las características físico–mecánicas de unidades de ladrillo tipo king kong de 18 huecos elaboradas en la ladrillera latesan con arcillas y arenas de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo*-Cusco.

El cierre de minas 4 - *Ministerio de Energía y Minas*

Geoservice Ingenieria SAC. (2013), *Actualizacion del plan de cierre de Minas de la Unidad Minera Florencia (Tucari).*

Ingeniería de Detalle para la Ampliación del Pad 3 – *Mina Tucari* - ARUNTANI S.A.C.

Hernández Sampieri, R. (2014), *Metodología de la Investigación 6ta Edicion.*

Ministerio de Minas y Energia (2015), *Glosario Técnico Minero. Repúlica de Colombia.*

Orozco Victorio, R. G. (2016). *Análisis de riesgo de componentes en Cierre Final basado en Técnicas FMECA y MCDA*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Parada, F., Vergara, F., & Sánchez, M. (2018). *Alternativas para el manejo de la polución de aguas ácidas subterráneas en la minería del cobre*.

Ramón, P., & Emilio, D. (2018). *Análisis de la tipología del suelo del distribuidor de tráfico bella india aplicando el sistema unificado de clasificación de suelos*.

Ramírez González, A. (2010). *Metodología de la investigación científica*. Pontificia Universidad Javeriana.

Villanueva Alvarez, R. C., & Sánchez Pinto, F. R. (2013). *Diseño de tratamiento pasivo después del Plan de Cierre de Mina*. Universidad Nacional de Ingeniería.

# ANEXOS

# MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLE | METODOLOGÍA |
|---|---|---|---|---|
| **GENERAL**<br><br>¿El material clay impermeable a emplear en los botaderos y Pad de lixiviación será adecuado para evitar la filtración de aguas pluviales, y así prevenir la generación de aguas acidas, para no perjudicar la flora y fauna?<br><br>**ESPECIFICOS:**<br><br>a. ¿El material clay impermeable a emplear en los botaderos y pad de lixiviación será eficiente para la estabilidad física y la estabilidad geoquímica en el momento del cierre de mina?<br><br>b. ¿El material Clay Impermeable seguido de material de suelo superficial permitirá la revegetación con especies nativas en los botaderos y Pad de lixiviación? | **GENERAL**<br><br>Impedir la filtración de aguas en los botaderos y Pad de lixiviación en tiempo de precipitación pluvial, con la finalidad de evitar la generación de aguas acidas, para no perjudicar la flora y fauna.<br><br>**ESPECIFICOS:**<br><br>a. Determinar la estabilidad física y geoquímica de los botaderos y Pad de lixiviación para evitar riesgos en la seguridad de las personas, flora y fauna en el plan de cierre de mina.<br><br>b. Utilizar el material Clay Impermeable seguido de material de suelo superficial para permitir la revegetación con especies nativas en los botaderos y Pad de lixiviación. | **GENERAL**<br><br>El material Clay Impermeable que se empleará en los botaderos y Pad de lixiviación, impedirá la filtración de aguas pluviales, para que no se generen aguas acidas, evitando la contaminación de flora y fauna.<br><br>**ESPECÍFICAS:**<br><br>a. Con la estabilidad física y geoquímica permitirá conocer las condiciones de estabilidad del suelo, y que las personas, animales y vehículos, no tengan problemas en circular por donde se hizo el cierre de mina.<br><br>b. Con la utilización de material Clay, como base impermeable y material de suelo superficial, será una buena composición para la revegetación con especies nativas en los botaderos y Pad de lixiviación. | **VARIABLE INDEPENDIENTE**<br><br>Aplicación de material Clay Impermeable en los botaderos y Pad de lixiviación de la concesión minera de la mina Aruntani S.A.C.<br><br>**Indicador:**<br><br>Tipo de suelo según SUCS<br><br>**VARIABLE DEPENDIENTE**<br><br>Determinar la Estabilización Física, Estabilidad Geoquímica y Restablecimiento de la forma del terreno en los botaderos y Pad de lixiviación de la concesión minera de la mina Aruntani S.A.C.<br><br>**Indicador:**<br><br>Grado de compactación del material Clay | **Tipo de Investigación:**<br><br>Investigación Aplicada<br><br>**Método:** Según la manipulación de datos es Cuantitativo<br><br>**Nivel de investigación:**<br><br>Descriptivo<br><br>**Diseño de la Investigación:**<br><br>No experimental, Transversal Descriptivo<br><br>**Población:** La población de esta investigación es toda la zona de la concesión minera de la Mina Aruntani S.A.C.<br>N = 500 hectáreas<br><br>**Muestra:** La muestra de estudio es el botadero y pad de lixiviación, en los que se tomó pruebas de Densidad de campo con método cono de Arena para obtener el grado de compactación, tipo de Muestreo: Probabilístico aleatoria simple n = 63<br><br>**Técnicas de recolección Datos:** Registro y recolección de datos - Pruebas de densidad de campo |

**Figura 22**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 01*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 253 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 12/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-253** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168526.227 | | | | | |
| **E** | 374250.077 | | | | | |
| **C** | 5108.532 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4820.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4760.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7470.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2905.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4565.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3240.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.870 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 5 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 510.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 465.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 45.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 365.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.3 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.665 | | | | | |
| Compactación (%) | **92.2** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-3.4** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos" – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 23**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 02*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 254 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 12/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-254** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168542.684 | | | | | |
| **E** | 374276.585 | | | | | |
| **C** | 5108.592 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4725.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4665.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7440.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2790.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4650.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3325.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.786 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 8 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 505.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 460.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 45.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 360.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.5 | | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.588 | | | | | |
| Compactación (%) | 87.9 | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | -3.2 | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 24**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 03*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 255 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 12/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-255** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168552.144 | | | | | |
| **E** | 374302.920 | | | | | |
| **C** | 5111.111 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4915.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4855.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7390.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2755.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4635.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3310.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.867 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 500.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 445.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 345.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.9 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.610 | | | | | |
| Compactación (%) | **89.2** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **0.2** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 25**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 04*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 256 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 12/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-256** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168572.171 | | | | | |
| **E** | 374328.918 | | | | | |
| **C** | 5110.830 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4735.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4675.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7410.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2910.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4500.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3175.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.874 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 7 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 510.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 460.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 50.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 360.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 13.9 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.646 | | | | | |
| Compactación (%) | **91.1** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.8** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 26**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 05*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 257 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 12/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-257** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168591.502 | | | | | |
| **E** | 374373.579 | | | | | |
| **C** | 5115.506 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4820.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4760.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7445.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2785.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4660.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3335.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.817 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 4 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 565.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 510.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 410.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 13.4 | | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.602 | | | | | |
| Compactación (%) | **88.7** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.3** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 27**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 06*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 258 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 13/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-258** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168607.557 | | | | | |
| **E** | 374400.688 | | | | | |
| **C** | 5116.073 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5105.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5045.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7520.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2565.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4955.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3630.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.769 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 665.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 605.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 60.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 505.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 11.9 | | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.581 | | | | | |
| Compactación (%) | **87.6** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-3.8** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 28**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 07*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 259 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 13/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-259** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168630.701 | | | | | |
| **E** | 374431.730 | | | | | |
| **C** | 5117.113 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5220.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5160.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7540.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2590.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4950.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3625.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.812 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 4 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 590.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 535.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 435.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.6 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.609 | | | | | |
| Compactación (%) | **89.1** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-3.1** | | | | | |
| Notas | **TALUD** | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 29**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 08*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 260 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 13/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-260** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168647.865 | | | | | |
| **E** | 374456.541 | | | | | |
| **C** | 5119.075 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5190.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5130.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7550.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2560.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4990.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3665.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.782 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 9 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 95.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 610.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 560.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 50.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 465.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 10.8 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.609 | | | | | |
| Compactación (%) | **89.1** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-4.9** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 30**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 09*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 261 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 13/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***N° Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-261** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168673.086 | | | | | |
| **E** | 374485.697 | | | | | |
| **C** | 5120.146 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4820.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4760.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7555.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2975.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4580.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3255.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.862 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 8 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 650.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 590.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 60.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 490.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.2 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.659 | | | | | |
| Compactación (%) | **91.8** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-3.5** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 31**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 10*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 262 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 13/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-262** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168692.863 | | | | | |
| **E** | 374507.449 | | | | | |
| **C** | 5121.018 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4925.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4865.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7525.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2680.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4845.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3520.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.759 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 7 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 685.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 620.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 520.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.5 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.564 | | | | | |
| Compactación (%) | **86.6** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-3.2** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 32**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 11*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 263 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 13/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-263** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168710.305 | | | | | |
| **E** | 374529.626 | | | | | |
| **C** | 5122.234 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4740.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4680.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7560.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2985.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4575.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3250.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.833 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 5 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 585.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 530.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 430.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.8 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.625 | | | | | |
| Compactación (%) | **90.0** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.9** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 33**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 12*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 264 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 14/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-264** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168305.574 | | | | | |
| **E** | 373859.801 | | | | | |
| **C** | 5109.626 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5115.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5055.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7390.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2510.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4880.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3555.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.810 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 590.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 535.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 435.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.6 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.607 | | | | | |
| Compactación (%) | **89.0** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-3.1** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 34**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 13*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 265 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 14/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-265** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168299.198 | | | | | |
| **E** | 373828.854 | | | | | |
| **C** | 5110.502 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 4985.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4925.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7495.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2580.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4915.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3590.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.746 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 5 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 630.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 575.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 475.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 11.6 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.565 | | | | | |
| Compactación (%) | **86.7** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-4.1** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 35**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 14*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 266 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 15/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-266** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168446.369 | | | | | |
| **E** | 374067.946 | | | | | |
| **C** | 5093.825 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6130.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6070.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7505.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2290.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5215.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3890.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.986 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 8 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 610.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 545.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 445.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.6 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.733 | | | | | |
| Compactación (%) | **96.0** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.1** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 36**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 15*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 267 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 15/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-267** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168425.253 | | | | |
| **E** | 374035.313 | | | | |
| **C** | 5092.561 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5900.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5840.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7480.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2310.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 5170.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3845.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.934 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 5 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 620.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 545.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 75.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 445.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 16.9 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.655 | | | | |
| Compactación (%) | **91.6** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **1.2** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 37**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 16*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 268 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 15/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-268** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168405.784 | | | | | |
| **E** | 374001.179 | | | | | |
| **C** | 5091.707 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5595.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5535.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7395.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2360.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5035.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3710.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.899 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 7 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 630.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 570.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 60.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 470.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.8 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.684 | | | | | |
| Compactación (%) | **93.3** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.9** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 38**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 17*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 269 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 15/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-269** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168388.306 | | | | | |
| **E** | 373961.841 | | | | | |
| **C** | 5090.796 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6405.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6345.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7475.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 1995.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5480.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4155.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.944 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 4 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 590.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 530.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 60.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 430.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.0 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.706 | | | | | |
| Compactación (%) | **94.5** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.7** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 39**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 18*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 270 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 15/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-270** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168375.921 | | | | |
| **E** | 373924.713 | | | | |
| **C** | 5089.915 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6400.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6340.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7500.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 1975.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 5525.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4200.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.922 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 660.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 595.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 495.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 13.1 | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.699 | | | | |
| Compactación (%) | **94.1** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.6** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 40**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 19*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 271 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 15/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-271** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168371.424 | | | | |
| **E** | 373887.700 | | | | |
| **C** | 5089.220 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6075.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6015.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7515.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2250.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 5265.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3940.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.943 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 9 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 95.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 600.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 535.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 440.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.8 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.693 | | | | |
| Compactación (%) | **93.8** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.9** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 41**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 20*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 272 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 15/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-272** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba | **N** 8168280.953 | | | | | |
| | **E** 373615.122 | | | | | |
| | **C** 5093.883 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6015.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5955.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7460.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2005.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5455.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4130.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.836 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 2 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 690.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 630.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 60.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 525.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 11.4 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.647 | | | | | |
| Compactación (%) | **91.2** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-4.3** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 42**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 21*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 273 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 16/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-273** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168252.800 | | | | | |
| **E** | 373800.620 | | | | | |
| **C** | 5117.940 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6045.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5985.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7470.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 1945.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5525.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4200.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.814 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 590.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 535.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 435.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.6 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.610 | | | | | |
| Compactación (%) | **89.2** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-3.1** | | | | | |
| Notas | **TALUD** | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 43**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 22*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 274 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 16/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-274** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168248.750 | | | | |
| **E** | 373763.280 | | | | |
| **C** | 5116.840 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5985.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5925.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7520.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 1960.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 5560.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4235.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.781 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 8 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 615.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 545.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 445.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.7 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.539 | | | | |
| Compactación (%) | **85.2** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **0.0** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 44**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 23*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 275 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 16/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-275** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168241.430 | | | | | |
| **E** | 373724.190 | | | | | |
| **C** | 5114.880 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5490.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5430.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7465.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2255.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5210.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3885.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.779 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 4 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 640.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 575.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 475.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 13.7 | | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.565 | | | | | |
| Compactación (%) | **86.7** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.0** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 45**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 24*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 276 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 16/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-276** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168227.610 | | | | | |
| **E** | 373690.350 | | | | | |
| **C** | 5115.700 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5315.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5255.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7525.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2600.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4925.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3600.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.858 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 3 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 625.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 555.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 455.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.4 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.610 | | | | | |
| Compactación (%) | **89.2** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.3** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 46**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 25*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 277 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 17/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-277** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168371.100 | | | | | |
| **E** | 373851.260 | | | | | |
| **C** | 5087.260 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5825.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5765.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7335.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2420.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4915.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3590.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 2.044 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 8 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 555.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 485.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 385.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 18.2 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.730 | | | | | |
| Compactación (%) | **95.8** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **2.5** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 47**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 26*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 278 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 17/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-278** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168371.680 | | | | | |
| **E** | 373816.760 | | | | | |
| **C** | 5083.360 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5410.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5350.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7410.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2595.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4815.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3490.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.951 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 5 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 530.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 460.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 360.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 19.4 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.634 | | | | | |
| Compactación (%) | **90.5** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **3.7** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 48**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 27*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 279 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 17/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-279** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168364.520 | | | | |
| **E** | 373783.450 | | | | |
| **C** | 5084.100 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6020.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5960.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7430.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 1990.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 5440.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4115.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.844 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 3 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 605.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 545.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 60.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 445.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 13.5 | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.625 | | | | |
| Compactación (%) | **90.0** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.2** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 49**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 28*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 280 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 17/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-280** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168359.150 | | | | | |
| **E** | 373749.490 | | | | | |
| **C** | 5083.540 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5905.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5845.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7415.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2010.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5405.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4080.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.824 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 4 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 625.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 555.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 455.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.4 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.581 | | | | | |
| Compactación (%) | **87.5** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.3** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 50**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 29*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 281 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 17/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-281** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168350.270 | | | | | |
| **E** | 373715.260 | | | | | |
| **C** | 5081.980 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5125.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5065.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7510.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2445.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5065.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3740.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.724 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 7 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 600.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 550.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 50.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 450.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 11.1 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.552 | | | | | |
| Compactación (%) | **85.9** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-4.6** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 51**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 30*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 282 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 17/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-282** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168342.690 | | | | |
| **E** | 373687.420 | | | | |
| **C** | 5081.080 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5200.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5140.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7490.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2580.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 4910.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3585.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.825 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 595.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 530.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 430.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.1 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.585 | | | | |
| Compactación (%) | 87.8 | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.6** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 52**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 31*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 283 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 17/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-283** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168467.130 | | | | | |
| **E** | 374094.730 | | | | | |
| **C** | 5095.070 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5345.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5285.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7480.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2610.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4870.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3545.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.898 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 1 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 615.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 545.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 440.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.9 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.637 | | | | | |
| Compactación (%) | **90.7** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **0.2** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 53**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 32*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 284 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 17/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-284** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168501.250 | | | | | |
| **E** | 374128.110 | | | | | |
| **C** | 5094.180 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5565.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5505.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7475.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2605.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4870.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3545.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.977 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 2 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 650.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 575.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 75.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 470.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 16.0 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.705 | | | | | |
| Compactación (%) | **94.4** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **0.3** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 54**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 33*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 285 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 18/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-285** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168336.560 | | | | | |
| **E** | 373664.040 | | | | | |
| **C** | 5080.000 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6125.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6065.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7500.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2265.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5235.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3910.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.975 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 7 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 595.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 530.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 430.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.1 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.715 | | | | | |
| Compactación (%) | **95.0** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.6** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 55**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 34*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 286 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 18/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-286** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168327.150 | | | | | |
| **E** | 373639.580 | | | | | |
| **C** | 5079.200 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6120.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6060.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7535.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2240.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5295.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3970.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.943 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 5 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 615.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 550.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 450.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.4 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.698 | | | | | |
| Compactación (%) | **94.0** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.3** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 56**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 35*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 287 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 18/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-287** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168246.050 | | | | | |
| **E** | 373614.800 | | | | | |
| **C** | 5101.130 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5540.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5480.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7470.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2390.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5080.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3755.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.858 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 4 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 600.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 530.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 430.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 16.3 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.598 | | | | | |
| Compactación (%) | **88.5** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **0.6** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 57**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 36*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 288 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 18/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-288** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168320.400 | | | | |
| **E** | 373618.140 | | | | |
| **C** | 5077.890 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6675.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6615.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7565.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2205.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 5360.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4035.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 2.087 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 565.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 495.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 395.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 17.7 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.773 | | | | |
| Compactación (%) | **98.2** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **2.0** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 58**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 37*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 289 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 18/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-289** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168315.480 | | | | | |
| **E** | 373600.230 | | | | | |
| **C** | 5078.270 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6130.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6070.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7690.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 1995.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5695.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4370.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.768 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 2 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 640.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 585.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 480.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 11.5 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.586 | | | | | |
| Compactación (%) | 87.8 | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | -4.2 | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 59**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 38*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 290 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 19/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-290** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168316.300 | | | | | |
| **E** | 373572.690 | | | | | |
| **C** | 5077.770 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6415.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6355.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7685.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2240.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5445.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4120.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.964 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 3 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 520.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 465.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 365.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.1 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.706 | | | | | |
| Compactación (%) | **94.5** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.6** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 60**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 39*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 291 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 19/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-291** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168320.700 | | | | |
| **E** | 373546.060 | | | | |
| **C** | 5077.470 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5970.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5910.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7530.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2230.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 5300.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3975.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.893 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 8 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 535.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 475.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 60.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 375.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 16.0 | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.632 | | | | |
| Compactación (%) | **90.3** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **0.3** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 61**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 40*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 292 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 19/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | | **CN-292** | | | | |
| Profundidad de Capa | | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba | **N** | 8168326.230 | | | | |
| | **E** | 373521.130 | | | | |
| | **C** | 5077.350 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | | 6195.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | | 6135.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | | 7590.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | | 2210.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | | 5380.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | | 4055.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | | 1.926 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | | 5 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | | 495.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | | 435.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | | 60.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | | 335.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | | 17.9 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | | 1.633 | | | | |
| Compactación (%) | | **90.4** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | | **2.2** | | | | |
| Notas | | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 62**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 41*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 293 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 19/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-293** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168332.770 | | | | | |
| **E** | 373495.070 | | | | | |
| **C** | 5076.680 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6015.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5955.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7400.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2015.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5385.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4060.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.867 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 7 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 590.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 525.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 425.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.3 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.619 | | | | | |
| Compactación (%) | **89.7** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.4** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 63**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 42*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 294 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 19/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-294** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168338.960 | | | | | |
| **E** | 373468.370 | | | | | |
| **C** | 5076.370 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 7010.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6950.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7405.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 1825.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5580.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 4255.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 2.079 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 1 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 610.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 535.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 75.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 430.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 17.4 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.770 | | | | | |
| Compactación (%) | **98.0** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **1.7** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 64**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 43*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 295 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 20/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-295** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168337.037 | | | | | |
| **E** | 373455.154 | | | | | |
| **C** | 5077.903 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6150.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6090.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7520.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2220.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5300.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3975.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.950 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 8 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 630.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 565.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 465.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.0 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.711 | | | | | |
| Compactación (%) | **94.7** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.7** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 65**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 44*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 296 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 20/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-296** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168341.955 | | | | | |
| **E** | 373419.610 | | | | | |
| **C** | 5076.501 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 6235.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 6175.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7485.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2215.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5270.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3945.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.993 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 7 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 610.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 545.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 445.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.6 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.739 | | | | | |
| Compactación (%) | **96.3** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.1** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 66**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 45*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 297 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 20/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-297** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168243.949 | | | | | |
| **E** | 373596.560 | | | | | |
| **C** | 5100.220 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5895.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5835.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7510.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2235.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5275.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3950.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.880 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 595.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 535.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 60.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 435.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 13.8 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.653 | | | | | |
| Compactación (%) | **91.5** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.9** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 67**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 46*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 298 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 20/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-298** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168238.342 | | | | | |
| **E** | 373578.468 | | | | | |
| **C** | 5101.394 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5320.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5260.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7495.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2410.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5085.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3760.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.781 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 5 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 570.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 515.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 415.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 13.3 | | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.572 | | | | | |
| Compactación (%) | 87.1 | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.4** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 68**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 47*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 299 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 20/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de Prueba | **CN-299** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168235.059 | | | | |
| **E** | 373551.902 | | | | |
| **C** | 5101.493 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco ($g/cm^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena ($g/cm^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5525.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5465.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7500.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2355.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 5145.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3820.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.821 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 1 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 535.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 470.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 365.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 17.8 | | | | |
| Densidad Seco ($kg/m^3$): | 1.546 | | | | |
| Compactación (%) | **85.6** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **2.1** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 69**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 48*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 300 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 21/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | | **CN-300** | | | | |
| Profundidad de Capa | | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba | **N** | 8168255.851 | | | | |
| | **E** | 373547.885 | | | | |
| | **C** | 5094.428 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | | 5455.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | | 5395.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | | 7450.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | | 2480.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | | 4970.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | | 3645.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | | 1.884 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | | 4 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | | 590.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | | 520.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | | 70.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | | 420.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | | 16.7 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | | 1.615 | | | | |
| Compactación (%) | | **89.4** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | | **1.0** | | | | |
| Notas | | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 70**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 49*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 301 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 21/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-301** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168141.810 | | | | | |
| **E** | 373631.843 | | | | | |
| **C** | 5128.458 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5785.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5725.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7470.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2495.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4975.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3650.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.997 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 6 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 630.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 560.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 460.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.2 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.733 | | | | | |
| Compactación (%) | **96.0** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.5** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 71**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 50*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 302 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 21/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-302** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168162.819 | | | | | |
| **E** | 373542.949 | | | | | |
| **C** | 5122.459 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5010.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 4950.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7485.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2525.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4960.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3635.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.734 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 2 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 570.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 520.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 50.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 415.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.0 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.547 | | | | | |
| Compactación (%) | **85.7** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-3.7** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 72**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 51*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 303 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 21/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | | **CN-303** | | | | |
| Profundidad de Capa | | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba | **N** | 8168185.590 | | | | |
| | **E** | 373529.379 | | | | |
| | **C** | 5117.517 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | | 5235.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | | 5175.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | | 7490.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | | 2455.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | | 5035.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | | 3710.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | | 1.776 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | | 9 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | | 535.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | | 485.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | | 50.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | | 385.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | | 13.0 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | | 1.572 | | | | |
| Compactación (%) | | **87.0** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | | **-2.7** | | | | |
| Notas | | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 73**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 52*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 304 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | | **CN-304** | | | | |
| Profundidad de Capa | | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba | **N** | 8168456.273 | | | | |
| | **E** | 374011.773 | | | | |
| | **C** | 5075.206 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | | 5230.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | | 5170.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | | 7600.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | | 2590.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | | 5010.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | | 3685.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | | 1.786 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | | 2 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | | 105.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | | 740.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | | 660.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | | 80.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | | 555.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | | 14.4 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | | 1.561 | | | | |
| Compactación (%) | | **86.4** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | | **-1.3** | | | | |
| Notas | | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 74**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 53*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 305 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-305** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168465.322 | | | | | |
| **E** | 373986.621 | | | | | |
| **C** | 5065.268 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5220.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5160.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7585.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2630.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 4955.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3630.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.810 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 3 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 710.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 630.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 80.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 530.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.1 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.572 | | | | | |
| Compactación (%) | 87.1 | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.6** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 75**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 54*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 306 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-306** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168432.596 | | | | | |
| **E** | 373955.627 | | | | | |
| **C** | 5072.612 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5390.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5330.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7550.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2340.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5210.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3885.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.746 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 4 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 580.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 525.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 55.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 425.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 12.9 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.546 | | | | | |
| Compactación (%) | **85.6** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.8** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 76**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 55*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 307 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-307** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168438.356 | | | | | |
| **E** | 373901.875 | | | | | |
| **C** | 5062.158 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5670.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5610.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7600.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2405.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5195.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3870.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.845 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 5 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 560.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 495.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 65.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 395.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 16.5 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.585 | | | | | |
| Compactación (%) | 87.7 | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **0.8** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 77**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 56*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 308 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-308** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168412.944 | | | | | |
| **E** | 373866.715 | | | | | |
| **C** | 5072.045 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5565.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5505.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7600.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2330.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5270.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3945.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.776 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 8 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 660.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 590.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 70.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 490.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.3 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.554 | | | | | |
| Compactación (%) | **86.1** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.4** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 78**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 57*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 309 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | | **CN-309** | | | | |
| Profundidad de Capa | | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba | **N** | 8168522.466 | | | | |
| | **E** | 373935.137 | | | | |
| | **C** | 5035.377 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | | 5345.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | | 5285.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | | 7500.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | | 2390.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | | 5110.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | | 3785.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | | 1.777 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | | 6 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | | 720.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | | 645.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | | 75.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | | 545.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | | 13.8 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | | 1.562 | | | | |
| Compactación (%) | | **86.5** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | | **-1.9** | | | | |
| Notas | | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 79**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 58*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 310 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-310** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168503.141 | | | | | |
| **E** | 373980.056 | | | | | |
| **C** | 5051.574 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5280.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5220.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7600.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2525.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5075.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3750.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.772 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 7 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 695.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 620.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 75.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 520.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.4 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.549 | | | | | |
| Compactación (%) | **85.8** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-1.3** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 80**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 59*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 311 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-311** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168470.847 | | | | | |
| **E** | 373909.814 | | | | | |
| **C** | 5052.753 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5310.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5250.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7545.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2485.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5060.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3735.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.789 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 1 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 725.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 645.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 80.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 540.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 14.8 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.558 | | | | | |
| Compactación (%) | **86.3** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-0.9** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 81**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 60*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 312 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-312** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168462.273 | | | | | |
| **E** | 373936.720 | | | | | |
| **C** | 5054.022 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5225.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5165.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7705.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2695.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5010.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3685.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.784 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 1 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 105.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 535.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 490.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 45.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 385.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 11.7 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.598 | | | | | |
| Compactación (%) | **88.5** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-4.0** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 82**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 61*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 313 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | **CN-313** | | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168484.974 | | | | | |
| **E** | 373956.301 | | | | | |
| **C** | 5045.520 | | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5430.0 | | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5370.0 | | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7460.0 | | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2455.0 | | | | | |
| Arena Usado (g) | 5005.0 | | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3680.0 | | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.858 | | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | 3 | | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 520.0 | | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 470.0 | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 50.0 | | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 370.0 | | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 13.5 | | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.636 | | | | | |
| Compactación (%) | **90.6** | | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **-2.2** | | | | | |
| Notas | TALUD | | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 83**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 62*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 314 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | |
| N° de Prueba | **CN-314** | | | | |
| Profundidad de Capa | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba **N** | 8168498.909 | | | | |
| **E** | 373917.433 | | | | |
| **C** | 5034.963 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | 5190.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | 5130.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | 7575.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | 2680.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | 4895.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | 3570.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | 1.829 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | |
| N° de Recipiente | 4 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | 685.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | 605.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | 80.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | 505.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | 15.8 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | 1.579 | | | | |
| Compactación (%) | 87.4 | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | **0.1** | | | | |
| Notas | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.

**Figura 84**

*Compactación del Material Clay con el Método Cono de Arena – Prueba 63*

AJANI
INGENIERIA CONSTRUCCION MINERIA

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**
**CONTROL DE CALIDAD**
**DENSIDAD CAMPO METODO CONO DE ARENA**

**ASTM D-1556**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CLIENTE:** | ARUNTANI | **N° CERTIFICADO:** | N° 315 |
| **UNIDAD MINERA:** | TUCARI | **PROCEDENCIA MATERIAL:** | PACO PACO |
| **PROCESO:** | ESTABILIDAD GEOQUIMICA | **TIPO DE MATERIAL:** | CLAY |
| **UBICACIÓN:** | BOTADERO FASE II | **REALIZADO POR:** | P.F.CH. |
| **FECHA:** | 24/10/2017 | **REVISADO POR:** | M.R.C. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Proyecto:*** **CIERRE DE MINA PROYECTO TUKARI** | | | | ***Nº Proyecto:*** | | |
| N° de Prueba | | **CN-315** | | | | |
| Profundidad de Capa | | 15 cm | | | | |
| Ubicación de Prueba | **N** | 8168515.835 | | | | |
| | **E** | 373937.566 | | | | |
| | **C** | 5034.963 | | | | |
| Tipo de Suelo o N° de Curva | | CL-160520 | | | | |
| Maximo Densidad Seco (g/cm$^3$) | | 1.806 | | | | |
| Humedad Optimo (%) | | 15.7 | | | | |
| Densidad Arena (g/cm$^3$) *** | | 1.273 | | | | |
| Peso de Arena en el Cono*** | | 1325 | | | | |
| ***DENSIDAD*** | | | | | | |
| Peso de Recipiente (g) | | 60.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g) | | 5191.0 | | | | |
| Peso Suelo Humedo (g): | | 5131.0 | | | | |
| Cono + Arena Inicial (g) | | 7574.0 | | | | |
| Cono + Arena Final (g) | | 2680.0 | | | | |
| Arena Usado (g) | | 4894.0 | | | | |
| Arena Usado (Neto) (g)* | | 3569.0 | | | | |
| Densidad Humeda** | | 1.830 | | | | |
| ***CONTENIDO DE AGUA*** | | | | | | |
| N° de Recipiente | | 4 | | | | |
| Peso de Recipiente (g): | | 100.0 | | | | |
| Recip + Suelo Humedo (g): | | 685.0 | | | | |
| Tare + suelo seco (g): | | 607.0 | | | | |
| Peso del Agua (g) | | 78.0 | | | | |
| Peso del Suelo Seco (g): | | 507.0 | | | | |
| Contenido de Humedad (%): | | 15.4 | | | | |
| Densidad Seco (kg/m$^3$): | | 1.586 | | | | |
| Compactación (%) | | **87.8** | | | | |
| Diferencia de Humedad (%) | | **-0.3** | | | | |
| Notas | | TALUD | | | | |

*Nota.* Tomada de Laboratorio de mecánica de suelos – Empresa Minera Aruntani – Unidad Minera Tucari.